



POLITÉCNICA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

GRADO EN INGENIERÍA Y CIENCIA AGRONÓMICA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRARIA

***Plantación de 22 ha. de olivar en seto con riego por goteo
en el municipio de Caravaca de la Cruz (Murcia)***

TRABAJO FIN DE GRADO

Autor: Sánchez García, Paula

Tutor: Gómez del Campo, María.

Julio de 2021

DOCUMENTO I. MEMORIA Y ANEJOS

Anejo I. Estudio climatológico y edafológico.

Anejo II. Análisis del agua de riego.

Anejo III. Estudio del sector del olivo.

Anejo IV. Establecimiento de la plantación.

Anejo V. Riego.

Anejo VI. Prácticas culturales.

Anejo VII. Maquinaria.

Anejo VIII. Viabilidad económica del proyecto.

DOCUMENTO II. PLANOS

DOCUMENTO III. PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO IV. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

DOCUMENTO I. MEMORIA Y ANEJOS

ÍNDICE

1. OBJETO DEL PROYECTO.....	- 4 -
1.1. SITUACIÓN.....	- 4 -
1.2. AGENTES.....	- 4 -
1.3. SUPERFICIE DE LA PARCELA.....	- 4 -
1.4. NATURALEZA DEL PROYECTO.....	- 5 -
2. MOVITACIÓN Y DIRECTRICES	- 5 -
2.1. MOTIVACIÓN DEL PROYECTO	- 5 -
2.2. FINALIDAD DEL PROYECTO.....	- 5 -
2.3. CONDICIONANTES IMPUESTOS POR EL PROMOTOR DEL PROYECTO.....	- 6 -
3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA.	- 6 -
3.1. ANTECEDENTES	- 6 -
3.2. ÁREA DEL PROYECTO: CONDICIONANTES.....	- 6 -
3.2.1. Medio físico.....	- 6 -
3.2.1.1. Climatología.....	- 6 -
3.2.1.2. Edafología.....	- 8 -
3.2.1.3. Agua de riego	- 9 -
3.2.2. Medio socioeconómico.....	- 10 -
3.2.2.1. Infraestructuras.....	- 10 -
3.2.2.2. Mano de obra.....	- 10 -
3.2.2.3. Comercialización.....	- 10 -
3.2.2.4. Sector del olivar.....	- 10 -
3.3. SITUACIÓN ACTUAL.....	- 11 -
4. ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN.	- 11 -
4.1. ELECCIÓN DE LA VARIEDAD.....	- 11 -
4.2. SELECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL.....	- 12 -
4.3. DENSIDAD Y MARCO DE PLANTACIÓN.....	- 13 -
4.4. PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	- 13 -
4.5. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.....	- 14 -
4.6. ÉPOCA DE PLANTACIÓN.....	- 14 -
4.7. REALIZACIÓN DE LA PLANTACIÓN.....	- 14 -
4.8. RIEGO DE IMPLANTACIÓN.....	- 15 -
5. TÉCNICAS DE CULTIVO.	- 15 -
5.1. MANEJO DEL SUELO.....	- 15 -
5.1.1. Manejo de suelo en la línea.....	- 15 -
5.1.2. Manejo de suelo en la calle.....	- 15 -
5.1.3. Herbicidas.....	- 16 -
5.2. PODA.....	- 16 -
5.2.1. Poda de formación.....	- 16 -
5.2.2. Poda de producción o mantenimiento.....	- 17 -
5.2.3. Poda de renovación.....	- 17 -
5.3. TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS.....	- 18 -
5.4. FERTILIZACIÓN.....	- 18 -
5.4.1. Fertirrigación.....	- 19 -
5.5. RECOLECCIÓN.....	- 21 -
5.6. CALENDARIO DE LABORES.....	- 21 -

6.	RIEGO.....	- 22 -
6.1.	DISEÑO AGRONÓMICO.....	- 22 -
6.2.	DISEÑO HIDRÁULICO.....	- 25 -
6.2.1.	<i>Tuberías.</i>	- 25 -
6.2.2.	<i>Equipo de bombeo.</i>	- 26 -
6.2.3.	<i>Otros componentes de la instalación de riego.</i>	- 26 -
6.2.3.1.	Sistema de filtrado.	- 26 -
6.2.3.2.	Contador general.	- 26 -
6.2.3.3.	Programador.....	- 26 -
6.2.3.4.	Electroválvulas.	- 26 -
6.2.3.5.	Sistema de fertirrigación.	- 27 -
6.2.3.6.	Desagües.	- 27 -
7.	MAQUINARIA.....	- 27 -
8.	PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA.	- 28 -
9.	RENTABILIDAD DEL PROYECTO.....	- 28 -

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.	- 8 -
TABLA 2.	PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.	- 9 -
TABLA 3.	APORTE NECESARIO ANUAL PARA UN RENDIMIENTO DE 12 T/HA.	- 20 -
TABLA 4.	APORTACIONES DEL AGUA DE RIEGO.	- 20 -
TABLA 5.	CALENDARIO DE LABORES.	- 21 -
TABLA 6.	BALANCE HÍDRICO.	- 23 -
TABLA 7.	NECESIDADES BRUTAS DE RIEGO.....	- 24 -
TABLA 8.	TIEMPO DE RIEGO.	- 24 -
TABLA 9.	LONGITUD DE LOS RAMALES.....	- 25 -
TABLA 10.	DIÁMETRO DE LOS RAMALES Y PORTA-RAMALES.....	- 25 -
TABLA 11.	TAREAS MECANIZADAS DEL OLIVAR EN SETO.	- 27 -
TABLA 12.	CALENDARIO DE EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PROYECTO.....	- 28 -
TABLA 13.	INGRESOS POR PRODUCCIÓN.....	- 29 -
TABLA 14.	INGRESOS TOTALES.....	- 29 -
TABLA 15.	FLUJOS DE CAJA PARA UN PRECIO DEL ACEITE DE OLIVA DE 2,7€/KG.....	- 30 -
TABLA 16.	RENTABILIDAD SEGÚN EL PRECIO DEL ACEITE.	- 30 -

1. OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto del presente proyecto es la descripción de los trabajos necesarios para la ejecución y funcionamiento, en condiciones óptimas, de un olivar para la producción de aceite de oliva en una parcela del Término Municipal de Caravaca de la Cruz (Murcia) que suma una superficie total de 22 hectáreas en propiedad. La explotación se encargará de la producción de olivas para su posterior venta en la almazara. Se pretende valorar la rentabilidad de dichas actuaciones.

1.1. Situación.

El terreno del proyecto se divide en dos parcelas que suman un total 22 ha cuyas referencias catastrales son: 30015A16800002 y 30015A16800029¹.

Sus coordenadas UTM son las siguientes (Datum WGS84 y huso 30):

- X: 582476,6
- Y: 4206724,5

Sus coordenadas geográficas son:

- Latitud: 38° 0'16.60" N
- Longitud: 2° 3'38.51" O

Se sitúa en Caravaca de la Cruz a una altitud de 940 m y la entrada a la parcela se encuentra en la carretera comarcal C-18 dirección Los Royos junto a salida a la misma de la carretera regional RM-730. El acceso se realiza mediante un camino agrícola.

1.2. Agentes.

El promotor del proyecto "Plantación de 22 ha. de olivar en seto con riego por goteo en municipio de Caravaca de la Cruz (Murcia)" es la empresa propiedad de la finca Pamaran S.L. y la proyectista que redacta el proyecto es Paula Sánchez García. El promotor lo encarga con el objetivo de realizar una nueva plantación de olivar súper intensivo en regadío.

1.3. Superficie de la parcela.

La parcela en la que se pone en marcha el proyecto redactado tiene una superficie de 22 ha. La superficie íntegra se destina a la plantación del olivar súper

¹ Datos obtenidos en la Sede Electrónica del Catastro.

intensivo. Además, cuenta con una caseta de aperos con un área reservada a albergar el sistema de la red de riego.

1.4. Naturaleza del proyecto.

La naturaleza de este proyecto es describir las actuaciones necesarias para la puesta en marcha del riego y plantación de 22 hectáreas, así como describir los trabajos necesarios para llevar dicha plantación a su máxima producción a los 6-7 años.

Se pretende valorar económicamente dichas actuaciones, junto con la compra de maquinaria para tratamientos fitosanitarios, poda, recolección y manejo del suelo. Con estos datos y el previsible precio de venta del aceite de oliva se valorará la rentabilidad del presente proyecto.

2. MOVITACIÓN Y DIRECTRICES

2.1. Motivación del proyecto

La zona de plantación no es una zona tradicionalmente olivarera. Sin embargo, la presencia del olivo es muy notable en toda la comarca. Se trata de un árbol utilizado para delimitar las fincas agrícolas y gran parte de la población cosecha las aceitunas para producir aceite de oliva de uso doméstico. Durante los últimos años con la expansión del regadío, son varias las fincas que se han transformado en olivares súper intensivos con la variedad Arbequina. Se trata de una actividad en desarrollo.

2.2. Finalidad del proyecto

El promotor encarga el proyecto ya que lo entiende como una oportunidad de desarrollo económico. Su objetivo es poner en marcha una plantación en la que se pueda producir aceite de oliva con el mínimo coste y el mayor rendimiento posible. En este sentido, la mecanización es un paso fundamental. El cultivo del olivo tiene una dependencia de la mano de obra sobretodo en las labores como la poda y la recolección. El mayor rendimiento se alcanzará, por tanto, maximizando la mecanización y optimizando el manejo del suelo, el agua, el clima y la luz solar. Es importante realizar un estudio previo de la zona de plantación que permita identificar posibles factores limitantes.

2.3. Condicionantes impuestos por el promotor del proyecto

El promotor indica una serie de criterios que se incluyen dentro del estudio del proyecto. Los condicionantes impuestos son:

- Variedad de la plantación: Arbequina y/o Arbosana.
- La planta debe ser certificada.
- Plantación destinada a una mecanización óptima.
- Instalación de una red de riego por goteo con materiales de calidad.
- Aprovechar de manera eficaz y sostenible el medio y sus recursos (máxima mecanización y respeto al medio ambiente).
- El presupuesto del proyecto es 250.000 €.

3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA.

3.1. Antecedentes

Para la realización del proyecto es necesario hacer un inventario de datos e información existente acerca de la legislación vigente, políticas y programas públicos, estudios monográficos y sectoriales. También sobre la consulta de cartografía y mapas, datos climatológicos y edafológicos, censos y anuarios.

El objetivo es recoger toda la información posible para estudiar los condicionantes climáticos, edafológicos y topográficos, así como los datos necesarios para analizar la situación del sector del olivar.

3.2. Área del proyecto: condicionantes.

A continuación, se estudian los condicionantes del terreno que afectan al proyecto.

3.2.1. Medio físico.

3.2.1.1. Climatología.

Los condicionantes climáticos que presenta la zona de estudio son dos: el régimen hídrico y las altas temperaturas durante el verano. Aunque el olivo presente una buena adaptación a la sequía, la productividad aumenta si se producen aportaciones de agua (riego) para cubrir sus necesidades. En la zona de estudio, la precipitación (414 mm) no compensa las necesidades y, por lo tanto, la plantación se realizará en regadío con el fin de optimizar la producción.

Por otra parte, a lo largo de los meses de verano, se pueden alcanzar temperaturas máximas absolutas superiores a los 35°C, lo que puede paralizar, en determinadas ocasiones, la fotosíntesis y producir la pérdida germinativa del polen. En consecuencia, disminuir el rendimiento. El riesgo por heladas tempranas o tardías es muy bajo.

A lo largo de la serie de años, la temperatura media anual es 14,8 °C. Las condiciones térmicas son óptimas para su cultivo. Las temperaturas máximas absolutas alcanzadas durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre son superiores a 35 °C, lo que puede paralizar, en determinadas ocasiones, la fotosíntesis y producir la pérdida germinativa del polen.

Las temperaturas mínimas absolutas durante el reposo son inferiores a 0 °C y se pueden producir heridas en brotes y ramas de poca edad, así como la muerte de yemas y hojas. Sin embargo, en ningún caso son inferiores a -10°C, lo que no se producirá la muerte de ramas de gran tamaño o del árbol. Durante la floración, así como en el período de crecimiento y maduración del fruto, no se producen temperaturas inferiores a 0 °C, por lo tanto, no presentará problemas.

Las heladas que más puede dañar al olivo son las posteriores a marzo y las anteriores a noviembre. En este caso, la probabilidad de que exista una helada durante esos períodos es muy baja, por lo tanto, se puede considerar que el riesgo por heladas en nuestra zona de cultivo es mínimo.

La integral térmica acumulada durante todo el año es 5412,8 °C superior a 5300 °C. Según las necesidades de calor de cada fase del ciclo, la brotación (marzo-abril) está entre 752,5 y 1133,6 °C, la floración (mayo-junio) está entre 1646,3 y 229,21 °C, la maduración se producirá en octubre-noviembre entre 4872,1 y 5177,2 °C. Por lo tanto, la zona cubre las necesidades de calor del olivo.

El olivo necesita un total de 400 horas con temperaturas inferiores a 7°C. Por lo tanto, según el método de horas frío de Mota, en nuestra parcela se cumple sobradamente con las necesidades de frío al tener un total de 1013 horas de frío.

Respecto a la pluviometría, hay dos estaciones ligeramente marcadas de precipitaciones que corresponden con la primavera (meses de marzo, abril y mayo) y el otoño (meses de septiembre, octubre y noviembre). Se tiene una pluviometría anual de 414 mm, el mes de mayor precipitación es septiembre con 53 mm y el de menos precipitación es julio con 6 mm. La zona de estudio no cumple con los requisitos mínimos de precipitación necesarios para el olivar (500 mm) y, por ello, para cubrir sus necesidades hídrica, será necesario la instalación de riego artificial.

Los meses de mayor demanda hídrica son junio, julio y agosto, correspondientes a los meses de verano con una ETO respectivamente de 185, 201 y 180. La demanda anual es 1302 mm.

La zona de estudio presenta una humedad relativa óptima y sin grandes variaciones a lo largo de año (gráfica 10) excepto durante los meses de verano en los que hay una cierta disminución. Por lo tanto, será un factor que no causará problemas en la plantación.

El viento es constante a lo largo del año en la zona de estudio y no producirá problemas en la plantación. En ninguna estación se alcanzan vientos de alta intensidad.

Se trata de un clima Bsk.

3.2.1.2. Edafología.

Para el análisis del suelo se realiza un análisis de cada horizonte mediante una calicata representativa de la finca. La parcela presenta una inclinación del 5%. Los resultados obtenidos indican que el suelo es apto para la futura puesta en marcha de la plantación de olivar. Sin embargo, ciertas condiciones pueden limitar el crecimiento del árbol. En primer lugar, respecto a las propiedades físicas, se trata de un suelo con textura franco arcillo arenosa, cabe destacar la presencia del horizonte Bt con alto contenido en arcillas que puede provocar una mala aireación para las raíces más profundas. Sin embargo, la parte superficial (0-40 cm) permitirá la retención del agua y nutrientes (20-30% de arcilla) sin presentar problemas.

Con el objetivo de mantener una buena estructura y evitar que el horizonte Bt suponga un grave problema para el desarrollo del cultivo, será necesario realizar enmiendas de materia orgánica. Sin embargo, el suelo parece bien drenado y aparentemente no presenta problemas de encharcamiento. Además, los datos de densidad aparente ($1,5 \text{ g/cm}^3$) indican que las raíces van a poder desarrollarse en todos los horizontes.

Textura	Franco arcillo arenosa
Capacidad de campo	0,323 cm^3/cm^3
Punto de marchitez	0,207 cm^3/cm^3
Agua útil	87 mm
Densidad aparente	1,5 g/cm^3

Tabla 1. Propiedades físicas del suelo. Fuente: elaboración propia.

Respecto a las propiedades químicas, es necesario destacar el bajo contenido de materia orgánica (< 2%), el pH básico (7,75) que limitará la absorción de ciertos nutrientes como el magnesio, el boro, el cobre y el cinc. Será necesario realizar aportaciones de fertilizantes óptimas para que no se produzcan pérdidas ni toxicidades. Al tratarse de un suelo calcáreo (40-60% de contenido en carbonato cálcico), el nitrógeno se puede perder mediante la volatilización del amoníaco. Será necesario también vigilar una posible clorosis férrica derivada de la falta de hierro y magnesio.

pH	7,75	Medianamente básico
Salinidad (dS/m)	0,883	No salino
Nitrógeno (%)	0,12	Bajo
Fósforo (ppm)	11,69	Medio
Potasio (ppm)	97,5	Medio-Bajo
Calcio (ppm)	6076,13	Muy alto
Magnesio (ppm)	181,9	Medio-Bajo
Materia orgánica (%)	1,43	Baja

Tabla 2. Propiedades químicas del suelo. Fuente: elaboración propia.

3.2.1.3. Agua de riego.

Según los datos obtenidos del análisis del agua de riego, se trata de un agua apta para riego. Es necesario destacar su contaminación por exceso de nitratos. El pH es correcto, la CE no supera en ningún caso el umbral de peligrosidad y tanto el contenido total de sales como el riesgo de sodificación es bajo. La permeabilidad no se verá reducida, sin embargo, debido al alto contenido en arcillas del horizonte Bt será necesario vigilar y hacer controles periódicos sobre el drenaje del suelo respecto a la CE y el RAS del agua.

Según las normas Riverside, el riesgo de salinidad es alto y el de sodificación bajo. La precipitación de la zona de estudio es baja (414 mm). Lo que indica que habrá años en los que las precipitaciones no serán suficientes para lavar las sales del suelo, aunque no sean excesivamente elevadas. El problema de salinidad de irá acentuando a medida que vayan pasando los años. El olivo es medianamente tolerante a la salinidad. Sin embargo, hay ciertas variedades que son más tolerantes (Arbequina, Picual y Lechín de Sevilla) que otras. La productividad del olivo parece verse reducida en un 10% cuando la CE extracto saturado se encuentra entre 4 y 6 dS/m, siendo el primer valor para variedades menos tolerantes y el segundo para variedades más tolerantes. Se cuantifica en una reducción relativa del rendimiento entre 7,7 y 5,5 % por cada unidad dS/m de aumento de CE del extracto saturado.

Se trata de un agua dura, por lo que es recomendable vigilar la precipitación de sales en los goteros. El carbonato sódico residual no supondrá un problema, no hay toxicidades derivadas por los iones cloruro, sulfato y sodio, y la relación de Calcio es óptima.

3.2.2. Medio socioeconómico.

3.2.2.1. Infraestructuras.

La entrada a la parcela se encuentra en la carretera comarcal C-18 dirección Los Royos junto a la carretera regional RM-730 en el km 20. El acceso se realiza mediante un camino agrícola de 5 metros de anchura que permite la circulación de todo tipo de vehículo, incluso tras fuertes precipitaciones. Se encuentra a 24 km del núcleo urbano de Caravaca de la Cruz y a 10 km de Barranda (la pedanía más cercana).

La parcela cuenta con una nave de aperos en la que se instala también el equipo de riego: bomba, elementos del sistema de fertirrigación, contador general, etc. y con una balsa distribuidora del agua.

3.2.2.2. Mano de obra.

Caravaca de la Cruz y sus pedanías cuentan con una población de 25.760 habitantes. Se trata de un pueblo con una agricultura frutícola y hortícola muy desarrollada. Tiene alto porcentaje de población dedicada a las labores agrícolas y adaptadas a las distintas campañas. La mano de obra no es un condicionante para el presente proyecto puesto en el cultivo del olivo en súper intensivo la mano de obra es necesaria durante la época de poda y en un número muy reducido (1 o 2 peones).

3.2.2.3. Comercialización.

La cosecha recogida en cada campaña se pretende llevar a molturar a la almazara más próxima situada a 18 km. Hay cuatro almazaras relativamente cerca a la plantación. El objetivo es disminuir los costes de transporte que se hacen por medios propios, tractor y remolque, por ello, se elige la más cercana.

3.2.2.4. Sector del olivar.

España es el mayor productor de aceite de oliva del mundo, representa el 60% de la producción de la Unión Europea y el 40% de la producción mundial. El olivar supone un 14% de la SAU. Se trata de un sector marcado por una demanda creciente principalmente de los países no productores y no asociados tradicionalmente al olivo. La brecha entre los países productores y no productores será cada vez menor sobretodo en los países con niveles adquisitivos

altos preocupados con la salud, que asocian la dieta mediterránea con el aceite de oliva. Además, el incremento de la producción viene ligado a la mejora de las técnicas de cultivo como el incremento de riegos eficientes y la mecanización de la recogida. Se trata de un sector rentable, de rápida capitalización, mecanizado, con precios al alza y una creciente demanda.

Los precios de venta de la aceituna de los últimos cinco años se sitúan entre 0,4 y 0,7€/kg. Se tienen previsiones alcistas sobre los precios.

3.3. Situación actual.

En la actualidad, las 22 hectáreas de la parcela se destinan a cultivar cebada en secano. Esta plantación presenta una productividad muy baja 1.800 kg/ha. Por ello, el promotor ha decidido dar cabida a otro cultivo más próspero que produzca más rentas como el olivo. En este sentido, se aprovechan las infraestructuras presentes, así como cierto tipo de maquinaria.

4. ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN.

El objetivo principal que debe buscar una plantación comercial de olivar es la rentabilidad económica sin olvidar la sostenibilidad de las explotaciones (optimización de los recursos). La rentabilidad será mayor cuanto más alta sea la diferencia entre el valor de la cosecha y los gastos de cultivo realizados. Ambos están condicionados por el medio de cultivo en el que se sitúa el olivar, por la forma en la que se ejecuta la plantación y por las técnicas de cultivo empleadas (poda, abonado, riego y manejo del suelo). A continuación, se expone el sistema de plantación elegido, se define el marco y la densidad, así como la variedad. La selección hecha tiene en cuenta los condicionantes establecidos.

4.1. Elección de la variedad.

Es necesario conocer las características de cada una de las variedades a emplear para seleccionar aquellas que se adecúen mejor a los objetivos de mercado, la rentabilidad de la plantación y los condicionantes del terreno. Existe una gran diversidad de variedades de olivo en España destinadas a almazara. La elección se realizará sobre las que previamente se han considerado más productivas y adaptadas al territorio, y en función del marco de plantación. El destino de la aceituna cosechada es la almazara, por ello, es necesario escoger una variedad cuyo aceite sea de buena calidad y cuya productividad sea alta.

Por otra parte, al tratarse de un olivar en seto (súper intensivo), lo ideal sería elegir una variedad cuya entrada en la producción sea precoz para recuperar lo antes posible la inversión y un vigor reducido. Una producción constante es

también muy importante en el olivar en seto, por ello, es importante descartar las variedades veceras como Hojiblanca, Lechín de Granada o Cornicabra. Por otra parte, también se va a descartar la Picual al tener un vigor medio.

Se opta por combinar dos variedades: **Arbosana y Arbequina**. La segunda se cosecha tres semanas después que la primera, por lo que es una opción ideal combinar las dos en la misma parcela. Arbosana es una variedad nueva en la mayoría de los mercados, está en una fase muy buena y es la más productiva. Presenta un vigor medio-bajo ideal para el terreno y ramifica bien. Es muy productiva y regular temporada tras temporada. Presenta una floración más tardía. Aguanta bien el repilo y el verticilium, además de la mosca del olivo. Es susceptible a tuberculosis. Cuenta con una alta capacidad de enraizamiento y expansión. La maduración es tardía. El rendimiento graso es medio pudiendo alcanzar el 19%. La recolección es difícil pero mecanizada, posee una alta dificultad de desprendimiento. El tiempo de empleo de vendimiadoras aumenta un 25% comparado con el de otras variedades de olivo. El aceite de oliva que produce es afrutado, resistente a la oxidación y contiene un 74% de ácido oleico. Presenta un alto contenido en polifenoles. El aceite extra virgen es excelente para su consumo en crudo.

Arbequina es una variedad que da mucha confianza y está muy difundida en el olivar en seto. Tiene una elevada productividad (se trata de la tercera con mejor rendimiento). No presenta apenas vecería. Es resistente al frío y susceptible a clorosis férrica en terrenos muy calizos. Su entrada en producción es precoz. Su fruto es pequeño. El aceite de oliva que produce tiene buen rendimiento graso (20,5%) y es de excelente calidad, aunque es de baja estabilidad. Tiene cierta tolerancia a reptilo y verticilosis.

La plantación polivarietal garantizará un suficiente cuajado de los frutos bajo la incidencia de ciertas condiciones limitantes. Hay una creciente evidencia sobre los efectos positivos de la polinización cruzada el olivo. La asociación de bloques de más de una variedad que garantice un buen cuajado sólo supone ventajas. La recolección mecanizada se ve facilitada si se establece un número de filas pares por bloque. Además, la época de maduración de las variedades no es coincidente. Arbosana se cosecha tres semanas después que Arbequina. Por último, la época de floración es coincidente. La plantación polivarietal también diversifica la plantación.

4.2. Selección del material vegetal.

La plantación es a un solo pie. Se ha escogido una planta certificada para evitar recibir material infectado procedente de nebulización con el objetivo de mantener vivas las estaquillas hasta que enraízan. La planta de vivero deber ser pequeña

(6-8 meses), formada por un solo eje, con un buen sistema radical (raíces de color blanquecino) y en buen estado.

4.3. Densidad y marco de plantación.

La plantación de olivar en este caso se va a realizar en **seto** (superintensivo). El objetivo es mecanizar la poda y la recolección para disminuir así los costes de mano de obra. La recolección se realizará con vendimiadora. En este caso se ha optado por un marco de **4,5 x 1,5 metros** en ambas variedades. La densidad sería, por tanto, de 1481 olivos/ha. La altura del seto será de 2,5 metros. Por otra parte, atendiendo al criterio de 40 m necesarios para una exitosa polinización cruzada, la plantación de las variedades se realiza por bloques de 8 filas cada uno. La zona de plantación no tiene limitación por frío, encharcamiento, viento o radiación por lo tanto, la orientación de las filas se basa en la facilidad de movimiento de la maquinaria y sería NE-SO.

La plantación es de 22 ha. Si sembramos en un marco de 4,5 x 1,5, son 1481 olivos/ha. En total, se necesitan 32.482 plantones. Se calcula un porcentaje de reposición del 5% con lo cual el total de plantones que se tienen que adquirir en el vivero son 34.110 unidades, es decir, 17.055 de cada variedad.

4.4. Preparación del terreno.

La preparación del terreno previa a la plantación es fundamental porque de ella depende el correcto desarrollo de los olivos y su productividad. El propósito es conseguir que el suelo tenga las características físicas y químicas adecuadas. Al final del verano previo a la plantación (finales de agosto-septiembre), con el terreno seco, se realiza un subsolado. De esta manera se romperá el suelo hasta la profundidad que alcancen las raíces del olivo (60 cm). Este primer laboreo tiene como objetivos disminuir la evaporación, eliminar la costra superficial, favorecer el enraizamiento profundo (resistencia a déficits de agua) y la aireación del suelo.

Por otra parte, es fundamental realizar una enmienda orgánica del terreno. Se opta por aplicar 109 toneladas de estiércol entre uno y dos meses después del subsolado. Además, se acompañará con el pase de un cultivador a una profundidad de 20 cm. A continuación, se llevarán a cabo las labores necesarias para dejar el terreno lo más nivelado posible. En el momento de la plantación, no es necesario el replanteo, solo es preciso marcar el inicio y el fin de las líneas, la máquina de plantación avanza a lo largo de la recta orientada colocando la planta a la distancia fijada.

4.5. Instalación del sistema de riego.

Es fundamental instalar las tuberías primarias y secundarias de riego previamente a la plantación. Con una retroexcavadora, se abre en el terreno una zanja de 100 cm de profundidad y 40 cm de ancho en la que se coloca las tuberías. Las tuberías son de PVC y se instalarán desde la toma general del agua hasta los distintos sectores en los que se divide la parcela. La tubería queda totalmente encerrada.

Por otra parte, se vierten dos capas de arena fina de unos 25 cm de espesor, una para asentar la tubería y otra por encima para proteger. Se llenarán los huecos restantes con arena y gravilla. La instalación de la tubería portagoteros la realiza la máquina de plantación en ese mismo momento.

4.6. Época de plantación.

Para una mayor garantía de éxito, la plantación se puede llevar a cabo en dos épocas del año. Si hay heladas, la primavera es la mejor opción. Si no se producen, es preferible realizarla en otoño ya que se necesitará menos agua. Los plantones son muy sensibles al frío, dado que el riesgo de heladas no es nulo durante el invierno, es preferible realizar la plantación durante la segunda quincena de febrero.

4.7. Realización de la plantación.

Los plantones se plantan a partir de una máquina de plantación. La máquina, guiada por GPS, avanza orientada según las líneas marcadas. La máquina realiza las siguientes tareas:

- 1) Coloca la planta en el suelo.
- 2) Compacta alrededor del cepellón para evitar bolsas de aire y lograr un contacto eficaz entre el terreno de asiento y el cepellón de la planta de vivero.
- 3) Introduce los tutores. El correcto alineado de los troncos verticales de los olivos en la línea reducirá los daños de las máquinas en los árboles.
- 4) Extiende los ramales de riego.

La formación en eje central requiere de la colocación de un tutor de 2 m de longitud. El tutor que se va a emplear es el de caña de bambú de 20 mm de diámetro. Es el más económico y persiste durante los años que se necesita hasta que el árbol adquiera el grosor suficiente. El tutorado lo realiza la máquina de plantación. La caña de bambú debe estar lo suficientemente clavada en el terreno. Se utilizarán alfileres de PVC elásticos para la fijación de la planta al tutor. Es

necesario la vigilancia frecuente de las ataduras para corregir posiciones defectuosas.

Las protecciones son elementos cilíndricos de plástico que se colocan alrededor del tronco (envolviendo el plantón y separado de sí mismo) que protegen a la planta de roedores, especialmente durante los primeros años. La altura de protección es 50 cm.

4.8. Riego de implantación.

Es fundamental dar un primer riego a los plantones recién colocados para que el cepellón de la planta quede bien compacto y unido al terreno. Además, se debe evitar que la planta consuma toda el agua del cepellón y sufra sequía. Se debe aportar 50 l/pie.

5. TÉCNICAS DE CULTIVO.

5.1. Manejo del suelo.

El manejo del suelo tiene como objetivo conseguir una buena capacidad productiva del olivar. El sistema de manejo idóneo en el olivar depende de las características propias de la plantación. Se debe elegir la solución más adecuada en cada situación para obtener productividad y al mismo tiempo conservar el medio ambiente.

El uso de cubiertas vegetales es el manejo de suelo que más ventajas presenta. En este caso concreto, es importante algunos aspectos como la mejora de la infiltración, la aireación o el contenido de materia orgánica. Sin embargo, la competencia hídrica es también un aspecto importante. Por ello, se ha decidido desarrollar un sistema de manejo mixto. Se ha optado por diversificar los sistemas de control.

5.1.1. Manejo de suelo en la línea.

El sistema de manejo del suelo elegido en la línea de árboles consiste en aplicar un tratamiento de herbicidas. Los herbicidas que se apliquen serán distintos para las plantas jóvenes o adultas.

5.1.2. Manejo de suelo en la calle.

Consiste en dejar una cubierta vegetal en las calles centrales durante los meses de otoño e invierno. El control de la mala hierba durante los meses de primavera y verano se realiza mediante una combinación de siega mecánica y de siega química. El uso reiterado de herbicidas favorece la aparición de especie

resistentes y de difícil control. En cambio, el uso reiterado de siega mecánica hace que proliferen especies rastreras y perennes. Una vez cada tres años se realiza el control con la aplicación de herbicidas y el resto de los años mediante una picadora desbrozadora.

5.1.3. Herbicidas.

En la calle, la aplicación de herbicidas se realiza en primavera con la emergencia de las malas hierbas (marzo/abril). Durante los primeros tres años, se utiliza el herbicida **Oxifluorfen** y a partir del tercer año **Glifosfato**. En la línea, hay dos aplicaciones anuales: una a comienzos del otoño (octubre) y otra en primavera (marzo/abril). Deben disolverse en agua siguiendo las instrucciones de cada producto. Su eficacia depende del seguimiento de las indicaciones. Se aplican por pulverización.

5.2. Poda.

La poda es un conjunto de operaciones que se realizan sobre los árboles con el objetivo de modificar la forma natural de la vegetación, vigorizando o restringiendo el desarrollo de las ramas con el fin de darle forma y conseguir la máxima productividad posible. Las diferentes podas que necesitar el olivo son: poda de formación, poda de producción y poda de renovación. La mejor época para realizar la poda es durante la parada invernal y justo después de la recolección.

La poda tiene un papel clave en los olivares en seto. Se debe mantener el tamaño del seto dentro de los márgenes exigidos por la cosechadora. La poda también va a tener importancia sobre el control del vigor. La formación escogida es en monocono. Se emplean podadoras mecánicas tanto en altura como en lateral, combinadas con cortes de motosierra manuales.

5.2.1. Poda de formación.

El sistema de formación escogido para esta plantación es el de un eje en forma de cono. Es el más adaptado a los objetivos buscados, formar un seto de 1 metro de ancho y una altura de 2,5 m. Este sistema requiere de un entutorado hasta una altura de 2 metros, hay que ir atacando la guía de la planta según va creciendo 20 cm aproximadamente. El tutor empleado es el de la caña de bambú al tener una rigidez suficiente, ser el más económico y fácil de retirar. Durante los primeros 3-4 años, hasta alcanzar la altura de 2,5 metros, la única poda a realizar es la eliminación de brotaciones (poda bajera) que salgan debajo de los 50-60 cm para el correcto funcionamiento de la cosechadora durante el verano. El resto de las brotaciones irán formando un cono sobre el eje central.

5.2.2. Poda de producción o mantenimiento.

Una vez alcanzado el tamaño de seto deseado, pasados los 3-4 años, acorde con las dimensiones que permite la cosechadora, es necesario realizar un mantenimiento del mismo mediante podas periódicas que eviten un aumento del tamaño que dificulten la recolección y provoquen sombreamientos en la superficie foliar del seto. Se realiza una poda mecánica anual para controlar la altura y anchura, y de manera esporádica podas manuales para rejuvenecer al olivo y eliminar las ramas que se desarrollan hacia el interior de la calle. De esta manera, se evita producir daños en la siguiente cosecha con la máquina recolectora.

La limitación de la altura del seto se realiza mecánicamente con podadoras de discos. Lo más indicado es realizarla, la primera vez que sea necesaria (pasados los primeros 3-4 años), en invierno y en verano. Posteriormente, se realiza exclusivamente cuando sea precisa y en invierno, los estudios consultados demuestran que ejecutar la poda en invierno produce más aceite que hacerlo en verano, contrariamente a lo que se recomienda y ejecuta como practica habitual.

Por otra parte, es necesario eliminar las ramas rígidas que crezcan hacia la calle con el objetivo de facilitar paso de la máquina y evitar la rotura de ramas y el arranque de árboles. La limitación de la anchura del seto se realiza de forma semimecánica. Está formada por dos intervenciones. Una con la podadora de discos verticales o inclinados y un repaso posterior con motosierra en el que se cortan, desde su punto de inserción, todas las ramas de un grosor superior de 4-5 cm dirigidas hacia el centro de la calle. De esta manera, se consigue una renovación indirecta y paulatina de la estructura productiva que disminuye la frecuencia de los rebajes mecánicos y, por tanto, alarga la vida productiva del seto. El sistema de poda semimecánico supone un ahorro del 65% de los costes económicos derivados de la poda.

El realce de las ramas más bajas (a los 50-60 cm) que requiere la cosechadora se puede hacer mecánicamente mediante una podadora de cuchillas (menor grosor). Esta poda en verde se realiza durante el verano.

5.2.3. Poda de renovación.

Las podas de renovación se enfocan al eje central y se llevan a cabo cuando la frecuencia de los rebajes laterales sea mayor de lo deseado. Consiste en un rebaje del tronco, con el objetivo de dejar crecer un solo brote vertical que lo sustituya. Es aconsejable aprovechar los brotes ya existentes en la rama a renovar, el rebaje se hace unos centímetros por encima de la posición que ocupe una rama vertical con buen desarrollo, el caso de que la haya. El rebaje debe hacerse lo más bajo

posible para conseguir una mayor durabilidad productiva del nuevo eje renovado.

5.3. Tratamientos fitosanitarios.

Los distintos tratamientos que se deben aplicar a la plantación a lo largo de los años serán en función de las distintas plagas o enfermedades que en ese momento pueden atacar a las distintas partes de la planta. Las principales plagas que afectan al olivar son: mosca del olivo, prays, barrenillo del olivo y cochinilla de la tizne.

Respecto a las enfermedades, las más comunes son el repilo, verticilosis, tuberculosis y negrilla. Los medios de lucha se definen y comentan en este proyecto.

La mayoría de los tratamientos no deberán ser sistémicos, sino que se basarán en recomendaciones hechas por los diferentes organismos de seguimiento, control y aviso de plagas y enfermedades, además de las observaciones y la experiencia del agricultor. En cambio, se realizarán tratamientos sistémicos en los casos de plagas o enfermedades que afecten todos los años de forma regular al cultivo.

5.4. Fertilización.

El objetivo de la fertilización es satisfacer las necesidades nutritivas de la planta cuando los nutrientes necesarios para su crecimiento no son aportados en cantidades suficientes por el suelo. El abonado del olivar, en función de sus características, requiere en cada momento un tratamiento diferente. La clave del diseño de una buena fertilización es el uso de métodos de diagnóstico. El objetivo de este apartado es diseñar la fertilización de la plantación con el objetivo de alcanzar máximas cotas de productividad y de calidad del producto mediante un uso racional y responsable de los fertilizantes.

Un buen abonado debe aportar sólo los elementos nutritivos que requieran los árboles en un momento determinado. La predicción de la cantidad de fertilizantes requerida anualmente para alcanzar la productividad óptima se determina mediante análisis del suelo y foliares.

Realizar un análisis de suelo con cierta periodicidad puede ser muy útil para conocer variaciones producidas del contenido de ciertos nutrientes, así como el diagnóstico de toxicidades causadas por exceso de sales (sodio, cloro y boro).

El análisis foliar es el mejor método para el diagnóstico del estado nutritivo de una plantación. Refleja la interacción de todos los factores que determinan la composición mineral: estado de desarrollo, condiciones climáticas,

disponibilidad de nutrientes, distribución y actividad de las raíces, cosecha y condiciones de humedad del suelo. Los niveles críticos de cada nutriente están establecidos, por lo tanto, basta comprobar los resultados analíticos de una muestra con esos valores para determinar la deficiencia, adecuación o exceso de un elemento y tomar medidas para su corrección. Los niveles críticos en hoja son independientes del clima y tipo de suelo donde se desarrolla el cultivo.

Las hojas que se muestrean deben estar totalmente expandidas, procedentes de brotes sin frutos y de una edad comprendida entre los 3 y 5 meses. El muestreo se realiza en el mes de julio. Deben tomarse hojas de brotes del año en posición media a basal que contengan el peciolo. De cada variedad debe tomarse una muestra de hojas, cada muestra debe contener entre 100 y 200 hojas de varios árboles distribuidos por la parcela. Las hojas deben introducirse en bolsas de papel y conservadas en una nevera para enviarlas lo más pronto posible a laboratorio para su análisis. Conocidos los niveles del elemento, queda comprobarlos para determinar si se encuentra en un nivel deficiente, adecuado o en exceso para tomar medidas para su posible corrección.

Un programa de fertilización evalúa el estado nutritivo actual y anticipa las necesidades de la campaña siguiente. El objetivo de planificar un programa de fertilización es mantener los elementos minerales dentro del nivel adecuado.

El nitrógeno es el elemento nutritivo que se requiere en mayores cantidades por las plantas, es la base de la fertilización del olivar. En terrenos calizos, como este caso, el mayor problema nutritivo lo constituye la deficiencia de K, Fe y posiblemente B.

La fertilización de esta plantación se va a realizar mediante fertirrigación.

5.4.1. Fertirrigación.

Consiste en aplicar a la planta los abonos disueltos en el agua de riego localizado. De esta manera, se consigue localizar los nutrientes directamente en las zonas en las que existe mayor densidad y actividad radical, se mejora la absorción de nutrientes por la planta. Con un buen manejo de la fertirrigación, puede conseguirse que la presencia de agua, nutrientes y oxígeno en el bulbo sea óptima para el desarrollo de la planta de manera constante. Hay que ajustar la fertirrigación al agua de riego y tipo de suelo de la plantación

En este caso, la fertilización nitrogenada se realiza con urea (46%), la fuente de fósforo es el ácido fosfórico (54%) y el de potasio con nitrato potásico (13-0-46). Se considera una cosecha media de 12.000 kg de aceituna/ha. En primer lugar, se calcula la dosis de abonado necesaria para alcanzar dicho rendimiento. Hay que

tener en cuenta que la aportación varía año tras año dependiendo del análisis foliar. La aportación de nitrógeno y potasio depende de la cantidad de arcilla del suelo, y la de fósforo de la cantidad de carbonato cálcico. El aporte necesario para dicho rendimiento queda reflejado en la tabla 3.

Nutriente	Aporte necesario (kg/ha)
N	168
P ₂ O ₅	72
K ₂ O	210
MgO	36

Tabla 3. Aporte necesario anual para un rendimiento de 12 t/ha. Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, es necesario restar a esas aportaciones las realizadas por el agua de riego.

Nutriente	Volumen de riego (m ³ /ha)	[Nutriente]	Ctr	Ef	Aportación agua de riego (kg/ha)
NO ₃	3000	18,2	22,6	0,9	11,1
K ₂ O	3000	0,33	166,6	0,9	1,48
MgO	3000	34,7	182	0,9	170,5

Tabla 4. Aportaciones del agua de riego. Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, la aplicación de los fertilizantes se divide mensualmente a lo largo del ciclo de riego. Las aportaciones no deben ser homogéneas porque dependen de las necesidades del ciclo vegetativo del olivo. El reparto se hace de la siguiente forma:

	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
Abril	30	0	15
Mayo	30	5	15
Junio	20	5	15
Julio	15	10	15
Agosto	5	20	15
Septiembre	0	30	15
Octubre	0	30	10

Tabla 4. Reparto de la fertilización. Fuente: elaboración propia.

Hay que considerar que los productos que se utilizan para corregir las deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio tienen porcentajes de micronutrientes que compensan sus deficiencias. En general, no es necesario aplicar una fertilización específica. Sin embargo, es necesario ir controlando las carencias de Fe y B debido a las deficiencias que se pueden producir como consecuencia de la caliza del suelo.

5.5. Recolección.

La recolección influye notablemente en las características del aceite. Hay dos factores que son clave respecto a la cosecha: la época en que debe realizarse y el sistema a emplear. La aceituna debe ser recogida cuando alcance la madurez total y antes de caerse del olivo. El estado de madurez de la aceituna se reconoce por el cambio de coloración de verde a negro. Antes del inicio de la recolección, es conveniente realizar análisis periódicos sobre estado de la aceituna, medir el grado de acidez, la grasa húmeda y el rendimiento (cantidad de aceite que tiene la aceituna). De esta manera, se asegura el conocimiento sobre el estado de madurez del fruto sin depender de su aspecto o coloración.

Uno de los objetivos de la plantación en seto es mecanizar la recolección para disminuir así los costes de mano de obra. La recolección se realiza con una cosechadora de aceitunas que pasa sobre las filas de la planta. El objetivo es realizar una cosecha de bajo coste y rápida.

En primer lugar, se recolectan los bloques de Arbequina y aproximadamente tres semanas después se sigue con los bloques de Arbosana. El tiempo de empleo de las vendimiadoras aumenta un 25% con esta variedad. Aproximadamente se cosecha una hectárea de Arbequina en unas 3 horas. Se necesitan 33 horas para Arbequina y 42 horas para Arbosana. La cosechadora descarga en uno o dos remolques paralelos que transporten la aceituna hasta la almazara. En total, se necesita un conductor de la cosechadora y uno o dos tractoristas con el remolque. El seto debe presentar el menor número de obstáculos posibles para el paso de máquina de recolección, para ello, es fundamental realizar una buena poda.

5.6. Calendario de labores.

ACTIVIDAD	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Riego												
Aplicación de herbicida												
Siega mecánica con desbrozadora												
Abono												
Poda												
Tratamientos ²												
Análisis foliar												
Recolección												

Tabla 5. Calendario de labores. Fuente: elaboración propia.

² Se realiza exclusivamente ante la aparición de síntomas y la aplicación depende del tratamiento.

6. RIEGO.

Con el objetivo de distribuir el agua en la plantación, se instala un sistema de riego por goteo. Para ello, es necesario calcular las necesidades hídricas del olivo y emplear los materiales ofertados por los instaladores de riego. El agua de la balsa es bombeada hasta la caseta de riego de la plantación. Desde allí, una bomba impulsa el agua hasta los distintos sectores a través de una tubería principal de PVC que disponen de una electroválvula. El hidrante dispone de un limitador de caudal, de forma que no se emplee más caudal que el asignado. Los sectores de riego se calculan para aprovechar el máximo dicho caudal. La red continúa con una tubería porta-ramales, también de PVC, de la que parte los ramales en los cuales se encuentran integrados los emisores situados en la línea de árboles.

6.1. Diseño agronómico.

Para alcanzar la máxima producción es fundamental asegurar que el contenido de agua del suelo disponible para el olivo sea suficiente para que pueda extraer toda el agua que demanda la atmósfera. Las técnicas de programación de riegos permiten calcular cuándo regar y qué dosis aplicar para alcanzar el objetivo. El método más extendido es el balance de agua, que consiste en calcular las variaciones en el contenido de agua del suelo como la diferencia entre las entradas y las salidas de agua del sistema. Las necesidades de agua quedan reflejadas en la tabla 6.

El riego de la plantación va a seguir dos estrategias dependiendo de la pluviometría anual. La primera de ellas ignora la reserva de agua almacenada en el suelo durante los meses excedentarios de agua y la segunda consiste en regar menos durante los meses de máxima demanda, de manera que el déficit sea compensado por la extracción de la reserva de agua al suelo.

- a) **Primera estrategia:** los valores de RN (1) de la tabla 6 indican el riego neto necesario cada mes ignorando la reserva de agua. La aportación anual sería 317 mm netos.
- b) **Segunda estrategia:** los valores de RN (2) de la tabla 6 indican el riego neto mensual de cada mes aprovechando la reserva de agua en el suelo. La aportación anual sería 300 mm.

Con el objetivo de rentabilizar y maximizar el beneficio por unidad de agua aplicada se va a aplicar una estrategia de riego deficitario que cubra el 90% de las necesidades para satisfacer la ETc. Se aplica exclusivamente en los meses de julio y agosto, y se aplica a partir del tercer año de plantación.

	Etc (mm/mes)	PE (mm/mes)	Etc-PE (mm)	RN (1)	Reserva	RN(2)	D	DAS	RDN (1)	RDN (2)
Enero	28,59	30,68	-2,09	0	12,8	0			0	0
Febrero	31,68	30,57	1,11	1	11,6	0	1,11	1,11	1	0
Marzo	40,64	42,57	-1,93	0	13,6	0		1,11	0	0
Abril	60,79	41,63	19,16	20	0,0	18	1,16	2,27	20	18
Mayo	76,27	36,41	39,86	40	0,0	35	4,86	7,13	40	35
Junio	86,77	19,62	67,15	68	0,0	67	0,15	7,28	68	67
Julio	86,36	0,00	86,36	87	0,0	85	1,36	8,64	78	77
Agosto	84,75	17,54	67,20	68	0,0	67	0,20	8,84	61	60
Septiembre	67,36	48,30	19,06	20	0,0	18	1,06	9,90	20	18
Octubre	54,71	41,56	13,16	13	0,0	10	3,16	13,06	13	10
Noviembre	35,47	37,29	-1,82	0	1,8	0			0	0
Diciembre	26,60	35,45	-8,85	0	10,7	0			0	0
	679,99	381,62		317		300	13,06		301	285

Tabla 6. Balance hídrico. Fuente: elaboración propia.

- Etc: evapotranspiración máxima del cultivo.
- PE: precipitación efectiva.
- RDN (1): Riego deficitario neto ignorando la reserva de agua en el suelo (mm).
- RDN (2): Riego deficitario neto aprovechando la reserva de agua en el suelo (mm).
- RN (1): Riego neto ignorando la reserva de agua en el suelo (mm).
- RN (2): Riego neto aprovechando la reserva de agua en el suelo (mm).
- D: déficit de agua en el suelo (mm).
- DAS: déficit acumulado de agua en el suelo (mm).

El emisor seleccionado para instalar en la plantación es un gotero auto compensante con caudal nominal de 4 L/h. Este tipo de emisores dan resultados muy satisfactorios en cuanto a eficiencia y uniformidad. Se instalan 2 emisores auto compensantes por olivo con un caudal nominal constante de 4L/h. Respecto a su disposición, están distribuidos en una línea simple (ramal) por fila de árboles con una separación de 0,75 m.

Para el cálculo de la frecuencia de riego, hay que tener en cuenta las necesidades de agua brutas. Se calculan dividiendo las necesidades netas por el coeficiente uniformidad en la distribución del agua, en este caso 0,95.

	NRb (mm/mes)				NRb (mm/día)				Intervalo entre riegos
	RD (1)	RD (2)	RDN (1)	RDN (2)	RD (1)	RD (2)	RDN (1)	RDN (2)	
Abril	21	19			0,7	0,6			7 días
Mayo	42	37			1,4	1,2			3 días
Junio	72	71			2,4	2,4			1 días
Julio	92	89	82	81	3,0	2,9	2,6	2,6	1 día
Agosto	72	71	64	63	2,3	2,3	2,1	2,0	2 días
Septiembre	21	19			0,7	0,6			7 días
Octubre	14	11			0,5	0,4			10 días

Tabla 7. Necesidades brutas de riego. Fuente: elaboración propia.

	Tiempo de riego (h/día)				Nº de riegos/mes
	RD (1)	RD (2)	RDN (1)	RDN (2)	
Abril	4,13	3,54			4
Mayo	3,54	3,04			10
Junio	2,03	2,03			30
Julio	2,53	2,45	2,19	2,219	31
Agosto	3,88	3,88	3,54	3,38	15
Septiembre	4,13	3,54			4
Octubre	3,38	2,53			3

Tabla 8. Tiempo de riego. Fuente: elaboración propia.

El número de hectáreas que pueden regarse simultáneamente son 12 y, por ello, se decide dividir el riego en 3 sectores.

6.2. Diseño hidráulico.

6.2.1. Tuberías.

El cálculo de la red terciaria y de los laterales se realiza usando criterios de optimización técnica-económica. Los diámetros se ajustan a las características de la parcela. El cálculo se realiza mediante la aplicación informática DimSub desarrollada por el departamento de Ingeniería Rural de la UPV. La parcela se divide en siete subunidades de riego.

Subunidad	Nº ramales	Longitud de los ramales (m)
S1	40	250
S2	40	250
S3	40	200
S4	40	250 ³
S5	45	250
S6	45	200
S7	35	250

Tabla 9. Longitud de los ramales. Fuente: elaboración propia.

Subunidad	Sector	Diámetro lateral (mm)	Longitud laterales (m)	Diámetro terciarias (mm)	Longitud terciarias (m)	Material
S1	1	25	10000	63/50	180	PVC
S2	3	25	10000	63/50	180	PVC
S3	2	25	8000	63/50	180	PVC
S4	2	25	5088	75/63	180	PVC
S5	3	25	11250	75/63	200	PVC
S6	1	25	9000	63/50	200	PVC
S7	2	25	8750	63/50	160	PVC

Tabla 10. Diámetro de los ramales y porta-ramales. Fuente: elaboración propia.

La longitud total correspondiente a la tubería del ramal es 62.088 m y diámetro nominal 25 mm. La longitud total correspondiente al porta-ramales de la tubería 63/50 es 900 m y la de la tubería 75/63 es 380 m. La tubería principal de PVC es 160/152 con una longitud de 840 m. El emisor escogido es un gotero auto compensante que emite un caudal de 4 L/h y un rango de compensación de presiones de 10-40 m.c.a. Se instalan 2 emisores por olivo con una separación de 0,75 m. En total se necesitan 82.793 emisores.

³ Longitud del máximo ramal.

6.2.2. Equipo de bombeo.

La bomba escogida de la empresa *Grundfos* es la NB 50-250 con potencia 37 kW. Se trata de una bomba con acoplamiento cerrado de aspiración final montotetapa conforme a EN-733 apta para riego y rendimiento 65%.

6.2.3. Otros componentes de la instalación de riego.

6.2.3.1. Sistema de filtrado.

El cabezal está formado por una serie de filtros para eliminar las partículas que pueden causar obstrucciones en los emisores. El cabezal se compone de filtros de anillas de diámetro nominal 3'' y un paso de 0,12 mm. Se colocan 4 filtros paralelos, sobre bastidor metálico, para adecuar el filtrado a los sectores de riego.

6.2.3.2. Contador general.

Tras el sistema de filtrado, se instala un contador general que cuantifica el caudal captado. De este modo, la comunidad de regantes puede comprobar que se respetan los causales asignados en la concesión. La caudal punta de la instalación es 32,28 L/s. El contador seleccionado es el tipo Woltman de diámetro nominal 150 mm y caudal nominal 41,67 L/s.

6.2.3.3. Programador.

Es un elemento que realiza la programación de riegos, es decir, ordena la apertura o cierre de las válvulas de cada sector en la fecha y duración establecidas. Permite la automatización de la instalación de riego. Se elige un programador de riego por tiempo cuya fuente de alimentación sea una batería de 12 V y 45 A/h. Permite ahorra mano de obra y, por tanto, costes. Además, es posible programar los riegos en horas de menor coste de energía.

6.2.3.4. Electroválvulas.

Son elementos situados entre la conducción primaria y terciaria de cada sector que permiten la apertura y cierre de los sectores de riego, es decir, permiten o impiden el paso del agua. Tienen un dispositivo electromagnético que se acciona cuando recibe una seña eléctrica desde el programador. Se instalan también ventosas en las conducciones de agua con el objetivo de introducir o evacuar agua de las tuberías. Son esenciales para que no se produzcan depresiones durante el vaciado que den lugar a roturas.

6.2.3.5. Sistema de fertirrigación.

El equipo de fertilización está formado por los depósitos para disolver los fertilizantes, un inyector, tubería de PVC, bomba de soplado que introduce aire a presión en el tanque de fertilizante y un filtro. Se ha optado por colocar 2 depósitos de poletileno de 3.000 litros con una ventosa para la entrada y salida de aire, así como una válvula adecuada para la salida de la solución fertilizante. El inyector elegido es el inyector venturi capaz de inyectar 200 L/h de fertilizante.

6.2.3.6. Desagües.

Son elementos que se colocan al final de la red y permiten la limpieza de la misma con el objetivo de no interrumpir el flujo de agua. Su función es muy importante en la fase de limpieza de las tuberías posterior a la instalación de la red. Se ubican al final de las tuberías terciarias, en el extremo opuesto al de la electroválvula.

7. MAQUINARIA.

La mecanización de la plantación en seto es fundamental para alcanzar los valores de rentabilidad deseados en la plantación. Con la mecanización, en este caso, también se consigue una mejora en la calidad del producto final: el aceite de oliva. Este tipo de plantación es casi 100% mecanizable, una vez pasada la poda de formación, prácticamente el mantenimiento general puede hacerse por medios mecánicos.

En la tabla 11 se recogen el listado de tareas mecanizadas en el olivar en seto y la máquina necesaria correspondiente para su mecanización.

TAREA	MAQUINARIA
Tratamiento foliar	Atomizador
Tratamiento herbicida	Cuba + barra
Poda	Motosierra + Discos de corte + Podadora de bajos
Hilarar ramón	Hileradora
Triturar ramón	Trituradora
Manejo cubierta vegetal	Desbrozadora
Recolección	Cosechadora
Preparación del terreno	Cultivador y subsolador

Tabla 11. Tareas mecanizadas del olivar en seto. Fuente: elaboración propia.

La máquina de plantación y tutorado, así como la retroexcavadora para la canalización de la red de tuberías se alquilan en el momento necesario.

8. PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA.

De acuerdo con todo lo descrito anteriormente, se ejecuta y se pone en marcha el proyecto. Para ello, en primer lugar, se solicitan los permisos necesarios y se seleccionan los contratistas para realizar las obras de ejecución. El calendario de actividades programadas para la ejecución del proyecto se recoge en la tabla 12.

ACTIVIDAD	A	S	O	N	D	E	F	M	A
Solicitar permisos ⁴		■	■	■	■	■	■		
Subsolado	■	■							
Compra de la planta certificada		■	■						
Visita a vivero ⁵		■	■	■	■	■	■		
Enmienda orgánica		■	■						
Pase de cultivador		■	■						
Nivelado		■	■						
Instalación del riego ⁶			■	■	■	■			
Señalización de las líneas				■	■	■			
Recogida plantones de vivero							■	■	
Plantación ⁷							■	■	
Unión tutor-árbol + Protección							■	■	
Pozas + Primer riego							■	■	
Reposición de marras							■	■	
Revisión									■

Tabla 12. Calendario de ejecución y puesta en marcha del proyecto. Fuente: elaboración propia.

9. RENTABILIDAD DEL PROYECTO.

El objetivo de este apartado es determinar la viabilidad económica del proyecto, es decir, su rentabilidad. Para ello, es necesario conocer la inversión inicial, los costes e ingresos anuales. La evaluación financiera se fundamenta en el desembolso inicial, la vida útil del proyecto, los flujos de caja y las tasas de actualización. La rentabilidad se evalúa mediante los siguientes indicadores de rentabilidad: el VAN, el TIR, la ratio beneficio-inversión y el pay-back o plazo de recuperación.

⁴ Solicitud de permisos para la ejecución del proyecto.

⁵ Las visitas a vivero se realizan periódicamente para comprobar el estado de los plantones.

⁶ Incluye excavación para la red de distribución de las tuberías enterradas, colocación red de riego, instalación B.T., instalación del cabezal de riego y equipo de bombeo y filtración.

⁷ La plantación incluye colocar la planta, compactar el suelo alrededor del cepellón, colocación del tutor y extender los ramales de riego.

La inversión inicial disponible es 250.000 €, el presupuesto de ejecución según el estudio realizado es 191.350 €. La vida útil del proyecto es 20 años. Los flujos de caja dependen de los costes e ingresos.

Los costes se dividen en costes financieros y costes de producción. El coste financiero anual para pagar el préstamo de 250.000 con un interés del 3% anual a devolver en 15 años es 20.942 €. Los costes de producción dependen de los costes de la maquinaria, mano de obra, riego, manejo del suelo, tratamientos fitosanitarios, riego, electricidad, fertirrigación, podas y recolección.

Los ingresos son el resultado de la venta por producción, la ayuda de la PAC y la ayuda que concede la región de Murcia a aquellos agricultores que realizan inversiones en las explotaciones agrarias (ayuda CARM). La aceituna se vende en la Almazara privada *La Esperanza* situada en el municipio de Calasparra a 18 km de la plantación. El precio de venta medio de la aceituna de los últimos años para estas variedades ha sido 0,6€/kg. Es muy difícil establecer un importe estable, sin embargo, son variedades recogidas muy tempranas para producir aceite de oliva de alta calidad.

	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Producción total media (kg aceituna/ha)	3.000	5.000	7.000	10.000
Ingresos por producción (€)	39.600	66.000	92.400	132.000

Tabla 13. Ingresos por producción. Fuente: elaboración propia.

Año	1	2	3	4	5	6
Ingresos por producción (€)	0	0	39.600	66.000	92.400	132.000
Ayuda CARM (€)	16.000	0	0	0	0	0
Ayuda PAC (€)	5600	5600	5600	5600	5600	5600
Total (€)	21.600	5.600	45.200	71.600	98.000	137.600

Tabla 14. Ingresos totales. Fuente: elaboración propia.

En la tabla 15 quedan reflejados los flujos de caja.

Año	Capital inicial (€)	Inversión (€)	Costes financieros (€)	Costes (€)	Ingresos (€)	Flujos de caja (€)
0	250.000	191.350,03	20.942			- 20.942
1			20.942	27205	21.600	- 26.547
2			20.942	27205	5.600	- 42.547
3			20.942	30615	45.200	- 6.357
4			20.942	44488	71.600	6.170
5			20.942	43771	98.000	33.287
6			20.942	45953	137.600	70.705
7			20.942	43807	137.600	72.851
8			20.942	44548	137.600	72.110
9			20.942	45212	137.600	71.446
10			20.942	44548	137.600	72.110
11			20.942	43807	137.600	72.851
12			20.942	45953	137.600	70.705
13			20.942	43807	137.600	72.851
14			20.942	44548	137.600	72.110
15			20.942	45212	137.600	71.446
16				44548	137.600	93.052
17				43807	137.600	93.793
18				45953	137.600	91.647
19				43807	137.600	93.793
20				44548	137.600	93.052

Tabla 15. Flujos de caja para un precio del aceite de oliva de 2,7€/kg. Fuente: elaboración propia.

Para este supuesto, el VAN se situaría en 682.612 € y el TIR un 15%. La inversión se recuperaría en ocho años. Sin embargo, la inestabilidad de los precios de la aceituna supone una incertidumbre respecto a la rentabilidad de la explotación. En la tabla 16 se muestra la rentabilidad en base a varios precios considerados.

PRECIO (€/kg)	VAN	TIR
0,35	-33.301 €	2%
0,40	109.882 €	5%
0,50	396.247 €	11%
0,60	682.612 €	15%
0,70	968.977 €	19%

Tabla 16. Rentabilidad según el precio del aceite. Fuente: elaboración propia.

La inversión se recupera con un precio mínimo de 0,43€/kg de aceituna. Por debajo de este precio se producen pérdidas. La rentabilidad se va a situar entre el 11 y 15%.

Por lo tanto, el proyecto es rentable según los criterios utilizados en el estudio económico, principalmente VAN y TIR. La inversión inicial de 191.350 € se recupera en ocho años. La ganancia total es 682.612€ (tasa de actualización 2%) y la rentabilidad se sitúa en un 15%. El proyecto es viable, sin embargo, hay que tener en cuenta que los datos estimados pueden variar.

JUNIO DE 2020, MADRID.

Fdo. Paula Sánchez García

ANEJOS

**ANEJO I. ESTUDIO
CLIMATOLÓGICO Y
EDAFOLOGICO**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	- 6 -
1.1. CLIMA.....	- 6 -
1.2. SUELO.....	- 6 -
2. ESTUDIO CLIMÁTICO	- 6 -
2.1. NECESIDADES CLIMÁTICAS DEL OLIVAR.....	- 6 -
2.1.1. <i>Temperatura</i>	- 7 -
2.1.2. <i>Precipitación</i>	- 7 -
2.1.3. <i>Granizo</i>	- 8 -
2.1.4. <i>Viento</i>	- 8 -
2.1.5. <i>Humedad del aire</i>	- 8 -
2.2. ELECCIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	- 9 -
2.3. TEMPERATURAS.....	- 11 -
2.3.1. <i>Resumen de temperaturas (°C)</i>	- 11 -
2.3.2. <i>Integral térmica</i>	- 13 -
2.3.3. <i>Heladas</i>	- 14 -
2.3.4. <i>Acumulación horas frío</i>	- 18 -
2.3.5. <i>Clasificación bioclimática UNESCO-FAO para características térmicas</i>	- 19 -
2.4. PLUVIOMETRÍA.....	- 21 -
2.5. EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	- 25 -
2.6. PLUVIOMETRÍA-ETO.....	- 27 -
2.8. BALANCE HÍDRICO.....	- 29 -
2.9. HUMEDAD RELATIVA.....	- 30 -
2.10. VIENTO.....	- 30 -
2.11. CONTINENTALIDAD.....	- 31 -
2.11.1. <i>Índice de continentalidad de Gorczyński</i>	- 31 -
2.11.2. <i>Índice de oceanidad de Kerner</i>	- 31 -
2.12. TERMOPLUVIOMETRÍA.....	- 32 -
2.12.1. <i>Índice de Lang</i>	- 32 -
2.12.2. <i>Índice de Martonne</i>	- 33 -
2.12.3. <i>Índice de Dantín-Cerceda y Revenga</i>	- 33 -
2.13. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA.....	- 34 -
2.13.1. <i>Clasificación agroclimatológica de Papadakis</i>	- 34 -
2.13.1.1. Régimen térmico.....	- 34 -
2.13.1.1.1. Tipo de invierno.....	- 34 -
2.13.1.1.2. Tipo de verano.....	- 35 -
2.13.1.2. Régimen hídrico.....	- 37 -
2.13.1.3. Unidades climáticas.....	- 39 -
2.13.2. <i>Clasificación de Köppen</i>	- 39 -
2.13.2.1. Grupo.....	- 40 -
2.13.2.2. Subgrupo.....	- 40 -
2.13.2.3. Subdivisión.....	- 41 -
2.13.3. <i>Clasificación de Thornthwaite</i>	- 41 -
2.13.3.1. Clima según la humedad.....	- 42 -
2.13.3.2. Clima según la eficacia térmica.....	- 42 -
2.13.4. <i>Clasificación bioclimática UNESCO-FAO</i>	- 43 -
2.13. CONCLUSIÓN.....	- 44 -

3. ESTUDIO EDAFOLÓGICO.....	- 45 -
3.1. NECESIDADES EDAFOLÓGICAS DEL OLIVAR.....	- 45 -
3.1.1. <i>Propiedades físicas</i>	- 45 -
3.1.1.1. Textura.....	- 45 -
3.1.1.2. Pedregosidad.....	- 45 -
3.1.1.3. Estructura.....	- 46 -
3.1.1.4. Aireación.....	- 46 -
3.1.1.5. Profundidad útil.....	- 47 -
3.1.2. <i>Propiedades químicas</i>	- 47 -
3.1.2.1. Materia orgánica.....	- 47 -
3.1.2.2. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	- 47 -
3.1.2.3. pH.....	- 48 -
3.1.2.4. Comportamiento de nutrientes y disponibilidad.....	- 48 -
3.1.2.5. Salinidad y toxicidad.....	- 51 -
CLASE DE LIMITACIÓN.....	- 52 -
3.2. ANÁLISIS DEL SUELO.....	- 52 -
3.2.1. <i>Toma de muestras</i>	- 52 -
3.2.2. <i>Análisis de las muestras</i>	- 55 -
3.2.2.1. <i>Propiedades físicas</i>	- 55 -
a) % Elementos gruesos.....	- 55 -
b) Humedad.....	- 55 -
c) Densidad y porosidad.....	- 55 -
d) Textura.....	- 56 -
e) Estudio de la retención del agua.....	- 57 -
3.2.2.2. <i>Propiedades químicas</i>	- 58 -
a) pH.....	- 58 -
b) Contenido de carbonatos.....	- 58 -
c) Contenido de materia orgánica.....	- 59 -
d) Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	- 59 -
e) Conductividad eléctrica (CE) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI):.....	- 59 -
f) Nutrientes en el suelo:.....	- 59 -
3.2.3. <i>Interpretación de los resultados</i>	- 60 -
3.3. CONCLUSIÓN.....	- 60 -
4. BIBLIOGRAFÍA.....	- 62 -

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DATOS DEL OBSERVATORIO METEOROLÓGICO 1.....	- 9 -
TABLA 2. DATOS DEL OBSERVATORIO METEOROLÓGICO 2.....	- 10 -
TABLA 3. RESUMEN DE TEMPERATURAS.....	- 11 -
TABLA 4. INTEGRAL TÉRMICA NECESARIA EN LAS DISTINTAS FASES DEL CICLO DEL OLIVO.....	- 13 -
TABLA 5. INTEGRAL TÉRMICA ACUMULADA EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	- 14 -
TABLA 6. TEMPERATURA MEDIA DE MÍNIMAS.....	- 14 -
TABLA 7. TEMPERATURA MEDIA DE MÍNIMAS.....	- 15 -
TABLA 8. TEMPERATURA MEDIA DE MÍNIMAS ABSOLUTAS.....	- 15 -
TABLA 9. RÉGIMEN DE HELADAS SEGÚN PAPADAKIS.....	- 15 -
TABLA 10. RÉGIMEN DE HELADAS.....	- 15 -
TABLA 11. FECHA DE LA PRIMERA Y ÚLTIMA HELADA Y TEMPERATURA MÍNIMA.....	- 16 -
TABLA 12. TEMPERATURAS MEDIAS DE ENERO, FEBRERO, NOVIEMBRE Y DICIEMBRE.....	- 18 -

TABLA 13. CÁLCULO HORAS FRÍO SEGÚN MOTA.	- 19 -
TABLA 14. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA UNESCO-FAO SEGÚN TEMPERATURAS.....	- 19 -
TABLA 15. CLASIFICACIÓN INVIERNO UNESCO-FAO.....	- 19 -
TABLA 16. RESUMEN PRECIPITACIONES MEDIA, MEDIANA Y PERCENTILES (MM).	- 21 -
TABLA 17. RESUMEN DE EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIA, MEDIANA Y PERCENTILES (MM).	- 25 -
TABLA 18. PRECIPITACIONES Y ETO MEDIA MENSUAL	- 27 -
TABLA 19. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN SEGÚN THORNTHEWITE SIN AJUSTAR.	- 28 -
TABLA 20. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN SEGÚN THORNTHEWITE AJUSTADA.....	- 29 -
TABLA 21. BALANCE HÍDRICO DE LA ZONA DE ESTUDIO.	- 29 -
TABLA 22. PROMEDIO DE HUMEDAD RELATIVA (%).....	- 30 -
TABLA 23. PROMEDIO VELOCIDAD VIENTO (KM/H)	- 30 -
TABLA 24. ÍNDICE DE CONTINENTALIDAD DE GORCZYNSKI.	- 31 -
TABLA 25. ÍNDICE DE CONTINENTALIDAD DE KERNER.....	- 32 -
TABLA 26. ZONAS CLIMÁTICAS SEGÚN ÍNDICE DE LANG.	- 32 -
TABLA 27. ZONAS CLIMÁTICAS SEGÚN ÍNDICE DE MARTONNE.	- 33 -
TABLA 28. ZONAS CLIMÁTICAS SEGÚN ÍNDICE DE DANTÍN-CERCEDA Y REVENGA.....	- 33 -
TABLA 29. TIPOS DE INVIERNO SEGÚN PAPADAKIS.....	- 34 -
TABLA 30. TIPO DE INVIERNO DE LA ZONA DE ESTUDIO SEGÚN PAPADAKIS.	- 35 -
TABLA 31. TIPOS DE VERANO SEGÚN PAPADAKIS.....	- 36 -
TABLA 32. TIPO DE VERANO DE LA ZONA DE ESTUDIO SEGÚN PAPADAKIS.	- 36 -
TABLA 33. DATOS PARA CÁLCULO DE RÉGIMEN HÍDRICO.	- 38 -
TABLA 34. RÉGIMEN HÍDRICO DE LA ZONA DE ESTUDIO SEGÚN PAPADAKIS.....	- 38 -
TABLA 35. RESUMEN DE TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES MEDIAS.....	- 39 -
TABLA 36. DATOS PARA CLASIFICACIÓN DE KÖPPEN.....	- 40 -
TABLA 37. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA SEGÚN KÖPPEN.	- 41 -
TABLA 38. RESUMEN DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES.	- 43 -
TABLA 39. INTERPRETACIÓN DE LOS NIVELES DE FÓSFORO EN EL SUELO. FUENTE: FAO (1984).	- 50 -
TABLA 40. INTERPRETACIÓN DE LOS DE K, CA, MG. FUENTE: FAO (1984).....	- 51 -
TABLA 41. INTERPRETACIÓN DE LOS VALORES DE FE, MN, ZN Y CU. FUENTE: FAO (1984).	- 51 -
TABLA 42. LIMITACIONES DE SALINIDAD, PSI Y TOXICIDAD POR BORO Y CLORUROS. FUENTE: ADAPTADO DE FREEMAN ET AL. (1994).	- 52 -
TABLA 43. PORCENTAJE DE ELEMENTOS GRUESOS.....	- 55 -
TABLA 44. PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO.	- 55 -
TABLA 45. DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD DEL SUELO.....	- 55 -
TABLA 46. FRACCIONES TEXTURALES SEGÚN USDA.....	- 56 -
TABLA 47. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAMPO.	- 57 -
TABLA 48. ESTIMACIÓN DEL PUNTO DE MARCHITAMIENTO.	- 58 -
TABLA 49. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DEL AGUA DISPONIBLE.....	- 58 -
TABLA 50. pH DE LOS DISTINTOS HORIZONTES.	- 58 -
TABLA 51. CONTENIDO DE CARBONATOS DE LOS DISTINTOS HORIZONTES.	- 58 -
TABLA 52. CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA DE LOS DISTINTOS HORIZONTES.	- 59 -
TABLA 53. CIC DE LOS DISTINTOS HORIZONTES.....	- 59 -
TABLA 54. CE Y PSI DE LOS DISTINTOS HORIZONTES.....	- 59 -
TABLA 55. CONTENIDO DE NUTRIENTES DE LOS DISTINTOS HORIZONTES.	- 59 -

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1. EVOLUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS Y EXTREMAS.....	- 12 -
---	--------

GRÁFICA 2. PRECIPITACIÓN ANUAL DE LOS ÚLTIMOS 20 AÑOS.....	- 21 -
GRÁFICA 3. PRECIPITACIONES MENSUALES.....	- 22 -
GRÁFICA 4. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS PRECIPITACIONES ANUALES.....	- 23 -
GRÁFICA 5. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS PRECIPITACIÓN SEPTIEMBRE (MM).....	- 23 -
GRÁFICA 6. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS PRECIPITACIÓN JULIO.....	- 23 -
GRÁFICA 7. DISTRIBUCIÓN DE PRECIPITACIONES.....	- 24 -
GRÁFICA 8. ETO MENSUAL (MM).	- 26 -
GRÁFICA 9. PRECIPITACIONES Y ETO MENSUALES.....	- 27 -
GRÁFICA 10. HUMEDAD RELATIVA (%).....	- 30 -
GRÁFICA 11. VELOCIDAD VIENTO (KM/H).....	- 30 -
GRÁFICA 12. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN EN ESPAÑA (FUENTE: AEMET).....	- 41 -
GRÁFICA 13. DIAGRAMA OMBROTÉRMICO DE GAUSSEN.....	- 44 -
GRÁFICA 14. DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES SEGÚN pH DEL SUELO PARA LAS PLANTAS.	- 48 -
GRÁFICA 15. SITUACIÓN PARCELA.	- 53 -
GRÁFICA 16. LOCALIZACIÓN CALICATA.	- 53 -
GRÁFICA 17. PERFIL DEL SUELO.....	- 54 -
GRÁFICA 18. DIAGRAMA SEMILOGARÍTMICO DE LAS FRACCIONES TEXTURALES.	- 56 -
GRÁFICA 19. DIAGRAMA TRIANGULAR DE LA CLASE TEXTURAL.	- 57 -

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento y desarrollo de los olivos, así como todo organismo, está condicionado por el medio ambiente: condiciones climáticas y suelo. Por lo tanto, es fundamental el estudio de los factores ambientales para la planificación de la plantación¹.

1.1. Clima.

Las condiciones climáticas de la parcela deben ser compatibles con el cultivo del olivo. En ese sentido, se realiza un estudio climático de la zona para determinar los posibles condicionantes climáticos. Los datos tomados para realizarlo han sido recogidos en el SIAR (Sistema de Información Agroclimática para el Regadío).

Los datos meteorológicos son cruciales para tomar las decisiones en una explotación. Es necesario tener en cuenta que las condiciones climáticas de un olivar y las de su correspondiente estación meteorológica pueden variar (p. ej., radiación incidente topografía), por tanto, las condiciones micrometeorológicas serán diferentes de las observadas².

1.2. Suelo.

Los requerimientos edafológicos del olivo son sencillos. Es capaz de desarrollarse en una diversidad de suelos. Sin embargo, una alta productividad depende de un suelo óptimo. El análisis del suelo posibilita dar soluciones ante las limitaciones del crecimiento del olivo y establecer las labores de su preparación previas a su cultivo³.

2. ESTUDIO CLIMÁTICO

2.1. Necesidades climáticas del olivar.

El objetivo es que las condiciones climáticas no comprometan la floración, cuajado del fruto y acumulación de aceite durante la vida útil de la plantación, por lo tanto, es imprescindible evaluar los siguientes requisitos:

- a) Riesgo de muerte de los árboles por heladas.
- b) Probabilidad de pérdida de cosecha y rendimiento esperado (falta de frío, heladas durante floración, temperaturas elevadas durante floración, lluvias persistentes durante floración, déficit hídrico).

¹ BARRANCO et al. *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa (2017). p. 215.

² *Ibid.*, p. 216.

³ *Ibid.*, p. 253.

El olivar es una especie de hoja perenne y uno de los cultivos más representativos de la cuenca mediterránea: veranos largos, cálidos y secos e inviernos suaves. Su respuesta a las condiciones climáticas es muy particular. Soporta heladas y los inviernos templados afectan a la iniciación floral. Por otra parte, se trata de un árbol muy adaptado a condiciones extremas durante los veranos cálidos y áridos. Según el sistema de clasificación Koppen, estas condiciones se encuentran en zonas de clima mediterráneo Csa y Csb⁴.

2.1.1. Temperatura.

Las medias de temperatura del mes más cálido deben estar comprendidas entre 22 y 33°C (temperaturas superiores pueden perder capacidad germinativa del polen y no desarrollo de la fotosíntesis, inhibida a partir de 35 °C), y la del mes más frío superiores a 4°C. Si las temperaturas son extremadamente elevadas tras la floración, pueden provocar la pérdida total de la cosecha⁵. Sin embargo, debido a su gran resistencia al calor, las altas temperaturas no limitan la productividad.

Las temperaturas inferiores a 0°C pueden producir lesiones que se agravan considerablemente a partir de -10°C y que disminuyen la productividad, el olivo no sobrevive a partir de -12°C⁶. El efecto de las bajas temperaturas depende del período del ciclo.

Al tratarse de una especie de floración tardía (mayo-junio), no hay riesgo de que las heladas primaverales arruinen la cosecha⁷. El olivo requiere una exposición a frío moderado para desarrollar las yemas florales (enero-abril) y dar lugar a las inflorescencias. Una buena producción requiere que la temperatura media de invierno sea inferior a 10°C.

2.1.2. Precipitación.

La precipitación óptima para el cultivo del olivo está en 800 mm anuales. Si es menor a 500 mm, es conveniente regar. Se debe recurrir a riego sobretodo en los meses de julio, agosto y septiembre⁸. La ETo anual en zonas aptas para el olivar se debe situar entre 1000 y 1500 mm.

El agua es necesaria en diferentes fases del cultivo. Sin embargo, el olivo es muy resistente a la sequía, puede resistir incluso precipitaciones inferiores a 200 mm,

⁴ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 215.

⁵ IBAR ALBIÑANA, Leandro. *Guía completa del olivo*. USA: Ed. de vecchi (2018).

⁶ *Ibid.*

⁷ *Ibid.*

⁸ *Ibid.*

aunque disminuirá el rendimiento y el árbol presentará problemas de crecimiento. De manera tradicional, el cultivo del olivo ha sido de secano debido a su gran capacidad de adaptación a intensas sequías (reduce transpiración maximizando la fotosíntesis durante la apertura estomática, capacidad para disminuir su potencial hídrico y sistema radicular que explora mucho perfil en busca de recursos hídricos).

Las precipitaciones invernales permiten al suelo almacenar agua. Las lluvias de finales de invierno e inicios de la primavera permiten el cuajado del fruto. Por último, las lluvias de otoño permiten su engorde y maduración.

Por otra parte, la lluvia puede tener dos efectos negativos:

- 1) Encharcamiento producido por fuertes lluvias en suelos mal drenados perjudica a las raíces produciéndose asfixia radicular.
- 2) Reducción de la polinización por el lavado (arrastre del polen) y el acortamiento de su viabilidad cuando se humedece.

2.1.3. Granizo

El granizo produce heridas en el árbol que pueden dar lugar a desarrollo de diferentes enfermedades y plagas. También puede producir daños en la floración, reduciendo el rendimiento final⁹.

2.1.4. Viento

El olivo es un árbol muy tolerante a la acción del viento (flexibilidad de brotes y ramas). Sin embargo, vientos muy fuertes y continuos pueden dañar la copa y provocar la caída de numerosos frutos antes de la recolección¹⁰.

2.1.5. Humedad del aire.

La excesiva humedad de la atmósfera perjudica al olivo. En zonas húmedas, el olivo es muy sensible al desarrollo de enfermedades parasitarias. El agua en las hojas, como resultado del rocío, es un requisito para la infección. Un exceso de humedad puede causar niebla que perjudica a la floración (corrimiento de las flores). Baja humedad atmosférica es un factor muy favorable a la floración y fructificación¹¹.

⁹IBAR ALBIÑANA, *op.cit.*

¹⁰BARRANCO *et al.*, *op.cit.*, p. 231.

¹¹*Ibid.*, p. 230.

2.2. Elección de la estación meteorológica

La información meteorológica ha sido recogida de la base de datos del SIAR a través de su red de estaciones agrometeorológicas. Para la elección de la estación se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

1. Datos suficientes para realizar el estudio meteorológico.
2. Distancia entre la parcela y la estación meteorológica.
3. No interferencia orográfica.

El observatorio meteorológico más cercano a la parcela de estudio es el siguiente:

Nombre: Caravaca (Barranda)
Municipio: Caravaca de la Cruz
Provincia: Murcia
Cuenca: Segura
Indicativo climatológico: MU124
Latitud (° ' ") : 38°2'39,08''
Longitud (° ' ") : 1°59'21,46''
Coordenadas UTM (km): Designación Zona (huso y banda): 30S X (km): 588685 Y (km): 4211200
Altitud (m)/ Referencia barométrica (m): 867

Tabla 1. Datos del observatorio meteorológico 1. Fuente: elaboración propia.

Se trata de una estación propiedad de la Región de Murcia situada a 10,3 km sin interferencia orográfica. La serie de datos que nos ofrece esta estación es desde 01/11/2010 hasta el 26/06/2020. Para realizar el estudio meteorológico, se suele trabajar con una serie más larga. Esta estación solo ofrece datos desde noviembre de 2010. Por ello, es recomendable, trabajar con 2 estaciones, comparar si no hay mucha diferencia y tomar los datos de la estación más cercana. Sin embargo, si la orografía no interfiere en el clima entre parcela y estación, es posible elegir una más alejada.

El observatorio meteorológico con mayor número de datos, pero más alejado de la parcela es el siguiente:

Nombre: Turilla: La Paca
Municipio: Lorca
Paraje: La Paca
Provincia: Murcia
Cuenca: Segura

Indicativo climatológico: MU08

Latitud (° ' ") : 37°51'20,08''

Longitud (° ' ") : 1°49'3,96''

Coordenadas UTM (km):

Designación Zona (huso y banda): 30S **X (km):** 604002 **Y (km):**4190450

Altitud (m)/ Referencia barométrica (m): 693

Tabla 2. Datos del observatorio meteorológico 2. Fuente: Elaboración propia.

Se trata de una estación propiedad del Ministerio de Agricultura situada a una distancia de la parcela de 24,8 km sin interferencia orográfica. Ofrece datos desde 31/08/1999 hasta el 12/10/2020. Se trata de una serie mucho más larga que la anterior.

Finalmente, se ha decidido seleccionar el observatorio meteorológico nº2 (Turilla: La Paca) debido a su relativa cercanía (la diferencia con la otra estación no es significativa) y su larga oferta de datos. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que existe una cierta diferencia de altitudes y que puede haber posibles variaciones en los condicionantes climáticos.

2.3. Temperaturas.

2.3.1. Resumen de temperaturas (°C).

	E	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	o (S,O,N)	i (D,E,F)	p (M,A,M)	v (J,JA)	AÑO
T_a	23,480	25,780	28,440	31,830	37,200	39,830	49,220	42,340	40,260	32,010	27,090	24,030	40,260	25,780	37,200	49,220	49,220
T'_a	20,400	21,520	24,950	26,453	31,041	35,288	37,902	37,525	33,220	28,987	23,670	20,475	28,626	20,798	27,481	36,905	28,453
T	13,415	14,334	16,954	19,395	23,747	29,262	32,395	31,804	26,914	22,440	16,112	13,869	21,822	13,873	20,032	31,153	21,720
t_m	6,963	7,813	10,254	12,704	16,540	21,494	24,468	23,933	19,772	15,755	10,144	7,592	15,224	7,456	13,166	23,298	14,786
t	1,452	1,992	4,028	6,180	9,254	13,446	16,160	16,542	13,536	10,120	4,878	2,432	9,512	1,959	6,487	15,383	8,335
t'_a	-4,562	-2,968	-1,654	1,008	3,776	8,594	11,872	12,324	9,490	4,586	-0,563	-2,864	4,504	-3,465	1,043	10,930	3,253
t_a	-9,760	-7,610	-5,000	-0,830	0,340	6,650	8,910	10,930	6,240	0,440	-3,850	-9,340	-3,850	-9,760	-5,000	6,650	-9,760

Tabla 3. Resumen de temperaturas. Fuente: elaboración propia.

LEYENDA:

t_m : temperatura media.

T : temperatura media de máximas.

t : temperatura media de mínimas.

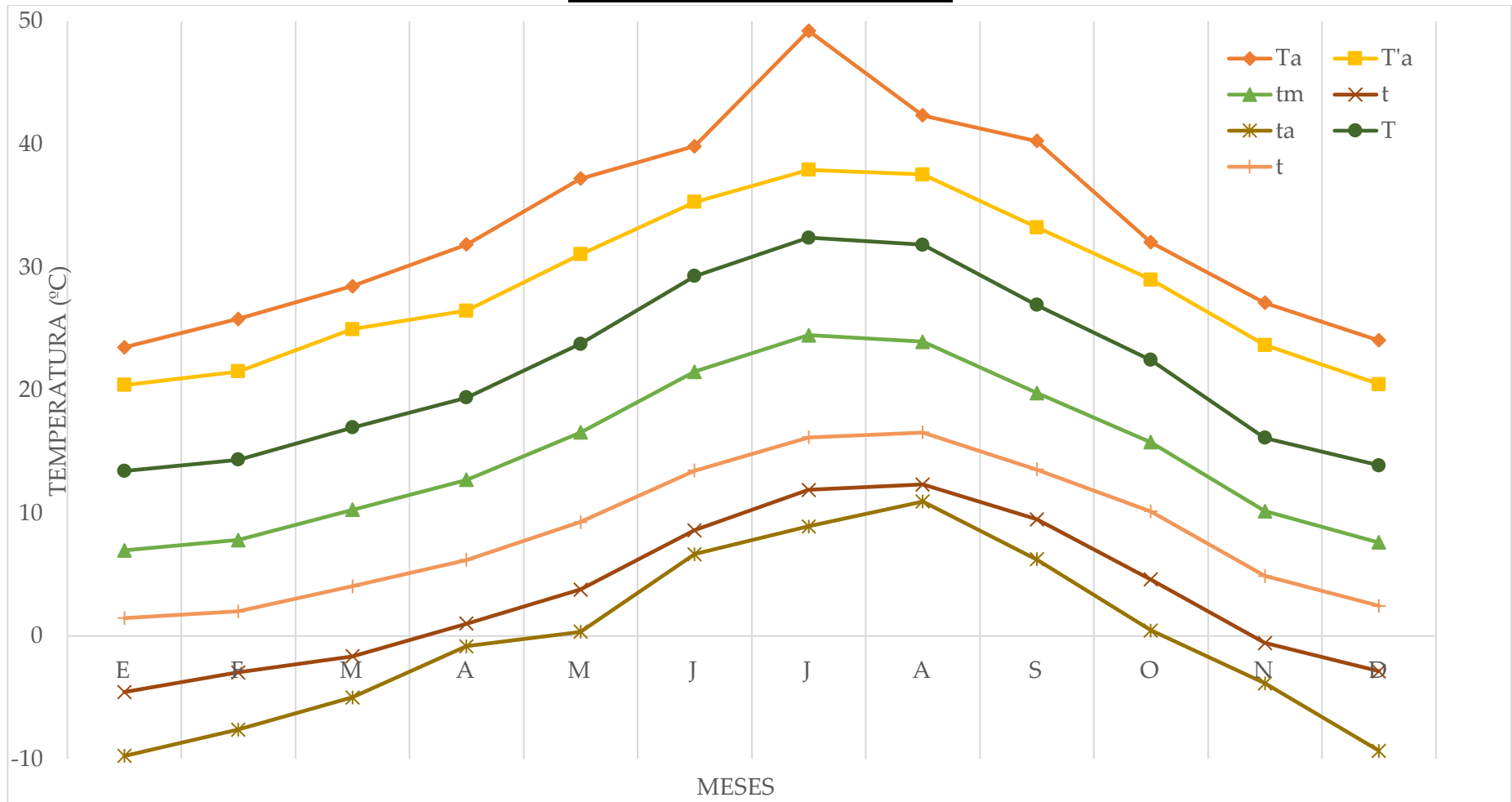
T_a : temperatura máxima absoluta.

t_a : temperatura mínima absoluta.

T'_a : temperatura media de las temperaturas máximas absolutas.

t'_a : temperatura media de las temperaturas mínimas absolutas.

GRÁFICO DE TEMPERATURA



Gráfica 1. Evolución de las temperaturas medias y extremas. Fuente: elaboración propia.

A lo largo de la serie de años, la temperatura media anual es 14,8 °C (tabla 3), la temperatura media de los meses más cálidos julio y agosto (gráfica 1) son respectivamente 24,5 °C y 23,9°C (tabla 3), la temperatura media de máximas 32,4 °C y 31,8 °C (tabla 3); la temperatura máxima 49,2 °C (tabla 3). Los meses más fríos fueron enero y diciembre (gráfica 1) con temperaturas medias de 6,9 °C y 7,6 °C (tabla 3). Su temperatura media de mínimas 1,45 °C y 2,43 °C (tabla 3) y las mínimas absolutas respectivamente -9,7 °C y -9,3 °C (tabla 3). Por lo tanto, las condiciones térmicas son óptimas para su cultivo. Las temperaturas máximas absolutas alcanzadas durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre son superiores a 35 °C, lo que puede paralizar, en determinadas ocasiones, la fotosíntesis y producir la pérdida germinativa del polen.

Las temperaturas mínimas absolutas durante el reposo son inferiores a 0 °C y se pueden producir heridas en brotes y ramas de poca edad, así como la muerte de yemas y hojas. Sin embargo, en ningún caso son inferiores a -10°C, lo que no se producirá la muerte de ramas de gran tamaño o del árbol. Durante la floración, así como en el período de crecimiento y maduración del fruto, no se producen temperaturas inferiores a 0 °C, por lo tanto, no presentará problemas.

2.3.2. Integral térmica

La temperatura es un factor meteorológico clave para el desarrollo de las plantas debido a la regulación el proceso metabólico y bioquímico que ocurre en cada una de las fases de su ciclo vegetativo. La integral térmica es un método de cálculo que se basa en la cuantificación de la energía, es la cantidad de calor (°C) que el olivo tiene que acumular para completar su período vegetativo o una de las etapas fenológicas. La acumulación necesaria desde la brotación hasta la cosecha del fruto es 5300 °C (tabla 4). La integral térmica necesaria en cada una de las distintas fases del ciclo del olivo es:

FASE	Integral térmica necesaria (°C)
Brotación	750
Floración	+550 (=1300)
Fecundación	+ (560-700) (=1860-2000)
Maduración	3978 (a partir de floración=5278)

Tabla 4. Integral térmica necesaria en las distintas fases del ciclo del olivo. Fuente: Barranco et al. (2017).

Se calcula la integral térmica mensual y acumulada a partir de 0°C.

MES	tm	IT	IT ACUMULADA
Enero	6,963	215,863	215,863
Febrero	7,813	218,760	434,623
Marzo	10,254	317,868	752,491
Abril	12,704	381,114	1133,606
Mayo	16,540	512,740	1646,346
Junio	21,494	644,814	2291,160
Julio	24,468	758,496	3049,656
Agosto	23,933	741,919	3791,575
Septiembre	19,772	593,157	4384,732
Octubre	15,755	488,398	4873,130
Noviembre	10,144	304,329	5177,458
Diciembre	7,592	235,364	5412,822

Tabla 5. Integral térmica acumulada en la zona de estudio. Fuente: elaboración propia.

La integral térmica acumulada durante todo el año es 5412,8 °C (tabla 5) superior a 5300 °C. Según las necesidades de calor de cada fase del ciclo, la brotación (marzo-abril) está entre 752,5 y 1133,6 °C (tabla 5), la floración (mayo-junio) está entre 1646,3 y 2291,21 °C (tabla 5), la maduración se producirá en octubre-noviembre entre 4872,1 y 5177,2 °C (tabla 5). Por lo tanto, la zona cubre las necesidades de calor del olivo.

2.3.3. Heladas

REGÍMENES DE HELADAS. EMBERGER.

Según los regímenes de heladas de Emberger, el año climático se divide en cuatro períodos con distinto riesgo de heladas: período de heladas seguras ($t < 0^{\circ}\text{C}$), período de heladas muy probables ($0^{\circ}\text{C} < t < 3^{\circ}\text{C}$), período de heladas probables ($3^{\circ}\text{C} < t < 7^{\circ}\text{C}$) y período libre de heladas ($3^{\circ}\text{C} < t < 7^{\circ}\text{C}$). Para la determinación de estas fechas, se utilizan las temperaturas media de mínimas (t), suponiendo que se producen el 15 de cada mes y por interpolación lineal.

	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D
t(°C)	1,452	1,992	4,028	6,180	9,254	13,446	16,160	16,542	13,536	10,120	4,878	2,423

Tabla 6. Temperatura media de mínimas. Fuente: elaboración propia.

	Período		Comienzo	Final
Hs	Período de heladas seguras	$t < 0^{\circ}\text{C}$	-	-
Hp	Período de heladas muy probables	$0^{\circ}\text{C} < t < 3^{\circ}\text{C}$	8D	1M
H`p	Período de heladas probables	$3^{\circ}\text{C} < t < 7^{\circ}\text{C}$	3N	7MY
d	Período libre de heladas	$t > 7^{\circ}\text{C}$	8MY	2N

Tabla 7. Temperatura media de mínimas. Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, es muy probable que se produzcan heladas a lo largo de los meses de diciembre, enero, febrero y marzo (tabla 7). Es algo probable en los meses de noviembre y abril (tabla 7). Los meses libres de heladas serán mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre (tabla 7).

REGÍMENES DE HELADAS. PAPADAKIS

Según el método de estaciones libres de heladas según Papadakis, se divide el año en tres estaciones: estación media libres de heladas ($t_a > 0^{\circ}\text{C}$), estación disponible libre de heladas ($t_a > 2^{\circ}\text{C}$) y estación mínima libre de heladas ($t_a > 7^{\circ}\text{C}$). Para su determinación, se utilizan las temperaturas medias de mínimas absolutas, suponiendo que se producen el primer día de cada mes y por interpolación lineal. Este método opta por temperaturas más extremas que describen mejor las heladas y considera, desde el punto de vista agronómico, que la estación mínima libre de heladas se tendrá en cuenta para los cultivos muy sensible a las heladas y que la estación media prácticamente no se considera.

	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D
$t_a (^{\circ}\text{C})$	-4,562	-2,968	-1,654	1,008	3,776	8,594	11,872	12,324	9,490	4,586	-0,563	-2,864

Tabla 8. Temperatura media de mínimas absolutas. Fuente: elaboración propia.

	Periodo		Comienzo	Final
EMLH	Estación media libre de heladas	$t_a > 0^{\circ}\text{C}$	21M	28O
EDLH	Estación disponible libre de heladas	$t_a > 2^{\circ}\text{C}$	22A	16O
EmLH	Estación mínima libre de heladas	$t_a > 7^{\circ}\text{C}$	12MY	16S

Tabla 9. Régimen de heladas según Papadakis. Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, si se tiene en cuenta la estación disponible libre de heladas porque el olivo tiene una floración tardía, no se producirán heladas dañinas para el cultivo desde finales de abril hasta mediados de octubre (tabla 9).

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic

Tabla 10. Régimen de heladas. Fuente: elaboración propia.

CÁLCULO DE RIESGO DE DAÑO POR HELADAS

El período probable de heladas es muy variable, por ello, se calculará la distribución de frecuencias de las fechas de las heladas para estudiar el riesgo de daños. La probabilidad de heladas durante un período viene dada por:

$$P(\text{helada después del día } t) = P\gamma \cdot P\left[z > \frac{t - mLF}{sLF}\right]$$

$P\gamma$: fracción de años que ocurren heladas ($P\gamma=1$).

mLF : fecha media de la última helada.

sLF : desviación típica de la fecha media de la última helada.

z : valor de la distribución normal estándar.

$$P(z \leq x) = 0.5 \left(1 \pm \sqrt{1 - \exp\left(\frac{-2x^2}{\pi}\right)} \right)$$

Año	Tmin (°C)	Fecha de helada*	
		Primera	Última
2000	-3,61	108	210
2001	-4,82	77	179
2002	-1,79	100	173
2003	-6,21	94	217
2004	-5	76	184
2005	-9,76	86	189
2006	-9,49	110	188
2007	-3,79	77	203
2008	-4,46	87	205
2009	-9,34	106	175
2010	-6,86	94	197
2011	-6,53	109	188
2012	-7,61	91	202
2013	-5,46	76	183
2014	-5,02	97	191
2015	-4,82	84	187
2016	-4,61	121	214
2017	-5,09	76	234
2018	-4,22	119	204
2019	-4,55	77	211
Media	-5,652	93,25	196,7
Desviación típica	2,083	14,991	15,738

Tabla 11. Fecha de la primera y última helada y temperatura mínima. Fuente: elaboración propia.

*días desde el 1 de septiembre

Durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo las heladas son probables. Mientras que no se producirán heladas durante los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre. Por ello, a continuación, se va a calcular la probabilidad de que se produzcan heladas antes del 1 de noviembre y después del 31 de marzo.

a) Evaluar la probabilidad de helada posterior al 31 de marzo:

El 31 de marzo es el día 212 desde el 1 de septiembre. Las fechas medias de primera y última helada son 93,25 y 196,70 (tabla 11) días después del 1 de septiembre. Las desviaciones típicas de esas fechas son respectivamente 14,99 y 15,74 (tabla 11).

$$P(\text{helada después del día 212}) = 1 \cdot P\left[z > \frac{212 - 196,70}{15,74}\right] = P[z > 0,972] \\ = 1 - P[z \leq 0,972]$$

$$P(z \leq 0,972) = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - \exp\left(\frac{-2 \cdot 0,972^2}{\pi}\right)} \right) = 0,87$$

Y, por tanto, la probabilidad de helada después del 31 de marzo es $1 - 0,87 = 0,13 = 13\%$

b) Evaluar la probabilidad de helada anterior al 1 de noviembre:

El 1 de noviembre es el día 61 desde el 1 de septiembre.

$$P(\text{helada antes del día 61}) = 1 \cdot P\left[z \leq \frac{61 - 93,25}{14,99}\right] = P[z \leq -2,15] \\ = 1 - P[z \leq 0,972]$$

$$P(z \leq -2,15) = 0,5 \left(1 - \sqrt{1 - \exp\left(\frac{-2 \cdot 2,15^2}{\pi}\right)} \right) = 0,0134$$

Y, por tanto, la probabilidad de helada antes del 1 de noviembre es un 1,34%.

Las heladas que más puede dañar al olivo son las posteriores a marzo y las anteriores a noviembre. En este caso, la probabilidad de que exista una helada durante esos períodos es muy baja, por lo tanto, se puede considerar que el riesgo por heladas en nuestra zona de cultivo es mínimo.

A continuación, se calcula el riesgo de daños severos o reducción del rendimiento para el olivar causados por una helada a lo largo de la vida útil de la plantación:

$$C = \left\{ \exp \left[-\exp \left(\frac{T_{crit} - \beta}{\alpha} \right) \right] \right\}^{nd}$$

Se considera que la vida útil (nd) del olivar es 20 años y que la temperatura crítica (Tcrit) es -12 °C. Los parámetros de distribución de Gumbel son:

$$\alpha = \sigma / 1,283$$

$$\beta = \gamma + 0,557\alpha$$

γ = media de las temperaturas mínimas absolutas

σ = desviación típica de las temperaturas mínimas absolutas

β = moda (valor más frecuente de la distribución)

La media de las temperaturas mínimas absolutas es -5,65 °C (tabla 11) y la desviación típica 2,08 °C (tabla 11). Por lo tanto, los parámetros de distribución de Gumbel son:

$$\alpha = 2,08 / 1,283 = 1,62 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = -5,652 + 0,557 \cdot 1,62 = -5,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$C = \left\{ \exp \left[-\exp \left(\frac{-12 - (-5,1)}{1,62} \right) \right] \right\}^{20} = 0,75$$

Este valor nos indica que el riesgo de daños severos para olivar en esta localidad es del 25%.

2.3.4. Acumulación horas frío.

Las temperaturas bajas invernales estimulan en ciertas especies vegetales la brotación e inducción floral. Para que el olivo finalice su fase de reposo es necesario que acumule unas horas de frío en los meses de reposo vegetativo. Se entiende por frío a las temperaturas iguales o inferiores a los 7 °C. Las necesidades de frío varían dependiendo del tipo de variedad. Para correlacionar las horas de frío con la temperatura media de los meses del periodo invernal (noviembre-febrero) se procede a utilizar el método de horas frío Mota.

	E	F	N	D
Temp media (°C)	6,963	7,813	10,144	7,592

Tabla 12. Temperaturas medias de enero, febrero, noviembre y diciembre.

$$Y = 485,1 - 28,52 \cdot t_m. \text{ Siendo:}$$

Y = nº de horas bajo 7°C

t_m = temperatura media mensual de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero.

	tm	Y
Noviembre	10,144	195,79
Diciembre	7,592	268,58
Enero	6,963	286,52
Febrero	7,813	262,27
		Σ 1013,16
Horas frío según el método de Mota		1013

Tabla 13. Cálculo horas frío según Mota. Fuente: elaboración propia.

El olivo necesita un total de 400 horas con temperaturas inferiores a 7°C. Por lo tanto, según el método de horas frío de Mota, en nuestra parcela se cumple sobradamente con las necesidades de frío al tener un total de 1013 horas de frío (tabla 13).

2.3.5. Clasificación bioclimática UNESCO-FAO para características térmicas.

La clasificación UNESCO-FAO realiza grupos por características térmicas y de aridez. La clasificación por temperaturas define tres grupos y cinco subdivisiones según las temperaturas medias del mes más frío (más cálido en el caso del grupo 3) y las siguientes condiciones:

GRUPO	Temperatura (°C)
GRUPO 1	$t_m > 0$
Cálido	$t_m \geq 15$
Templado-cálido	$15 > t_m \geq 10$
Templado-medio	$10 > t_m > 0$
GRUPO 2	$0 \geq t_m$
Templado-frío	$0 > t_m \geq -5$
Frío	$-5 > t_m$
GRUPO 3	$0 > t_m$
Glacial: todos los meses del año con t_m negativa.	$0 > t_m$

Tabla 14. Clasificación climática UNESCO-FAO según temperaturas. Fuente: FAO (1984).

TIPO DE INVIERNO	Temperatura (°C)
Sin invierno	$t_1 \geq 11$
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	$-5 > t_1$

Tabla 15. Clasificación invierno UNESCO-FAO. Fuente: FAO (1984).

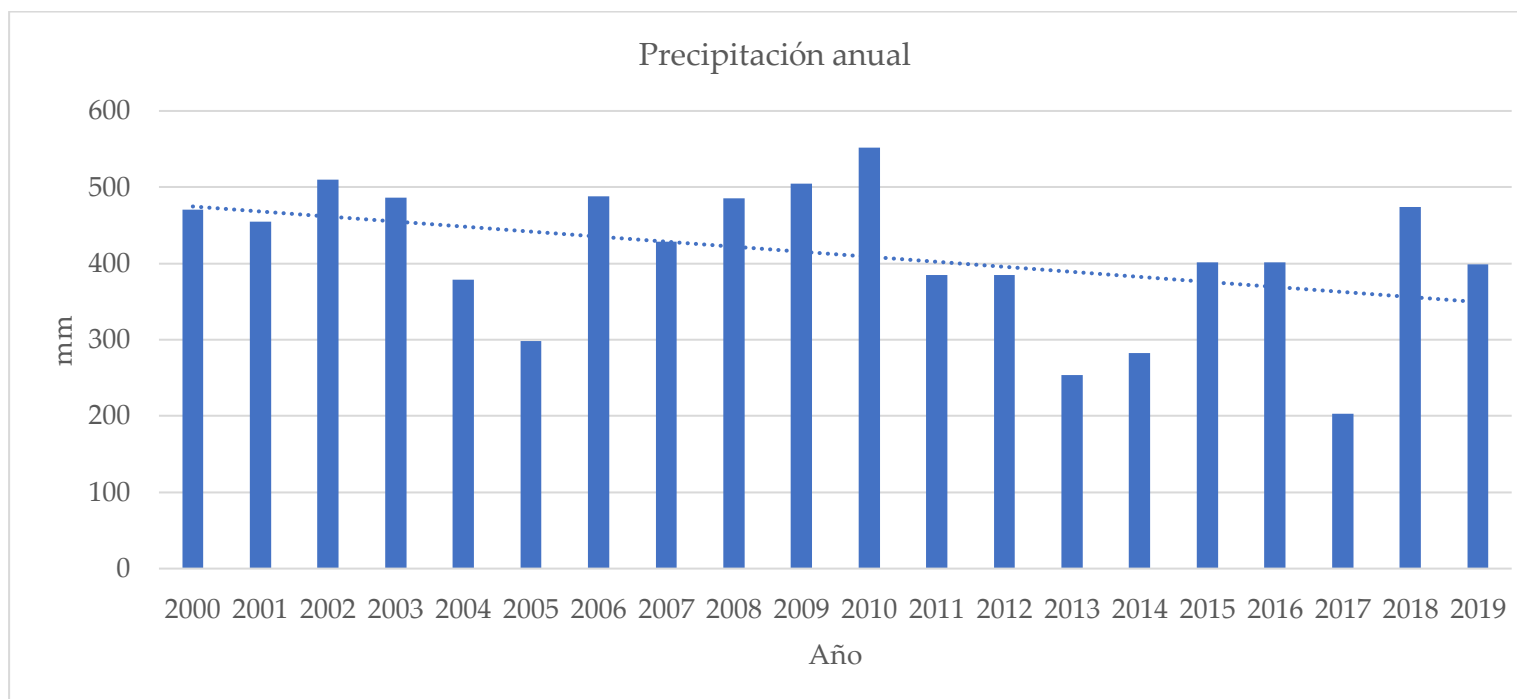
El mes más frío de nuestra zona de estudio es enero siendo su temperatura media 6,96 °C (tabla 3), por tanto, pertenece al **grupo 1 subdivisión templado medio** (tabla 14). Los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre son meses templados pues su temperatura media se encuentra comprendida entre 0 y 20 °C. Los meses de junio, julio y agosto son meses cálidos ya que la temperatura media es superior a 20 °C. El invierno se caracteriza a partir de temperatura media de mínimas del mes más frío y las condiciones de la tabla 15. La temperatura media de mínimas del mes más frío (enero) es 1,45 °C (tabla 3), por tanto, nuestra zona de estudio presenta un **invierno moderado** (tabla 15).

2.4. Pluviometría.

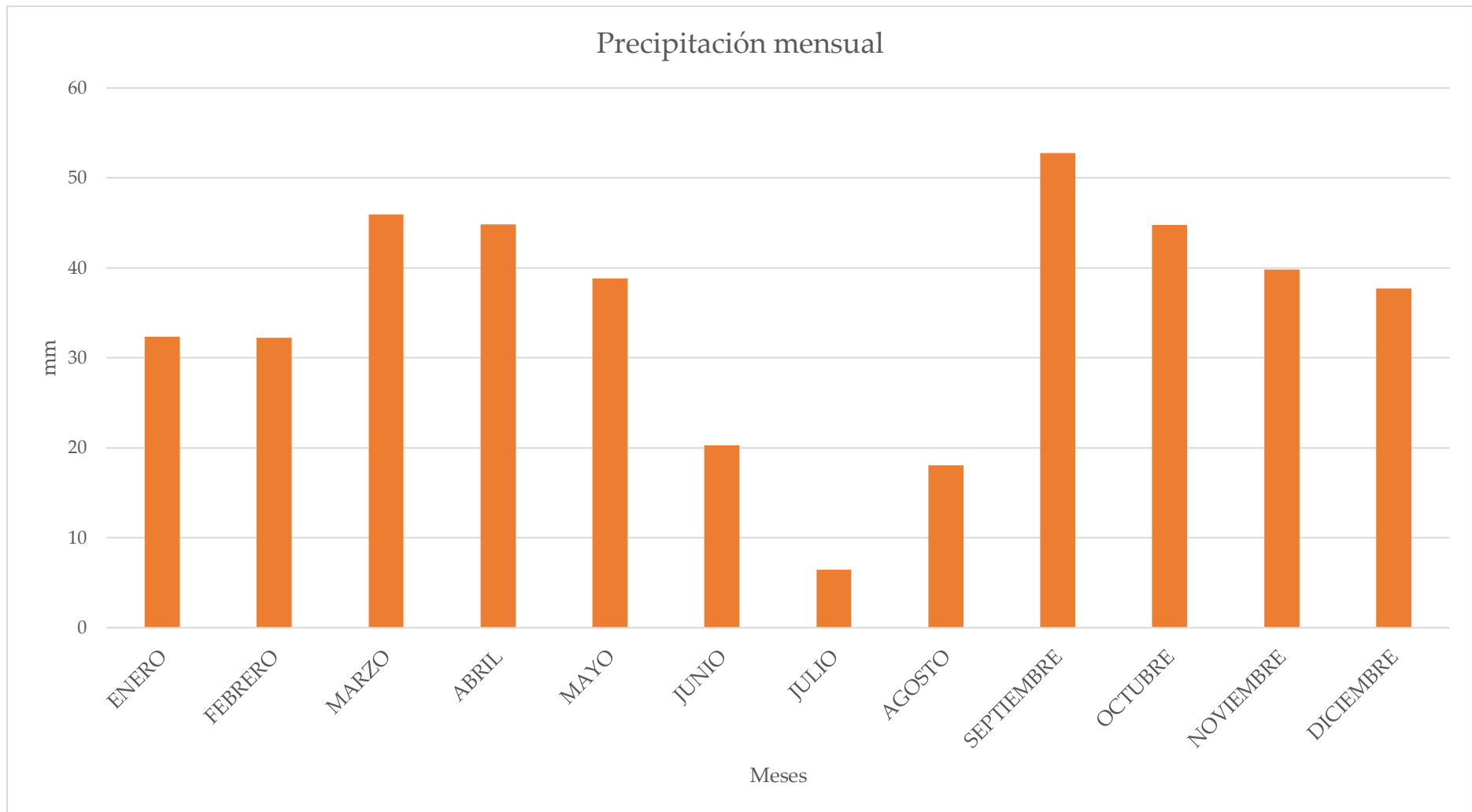
CUADRO RESUMEN DE PRECIPITACIONES MEDIA, MEDIANA Y PERCENTILES

(mm)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
P media	32,356	32,228	45,949	44,852	38,822	20,281	6,441	18,066	52,753	44,764	39,827	37,727	414,063

Tabla 16. Resumen precipitaciones media, mediana y percentiles (mm). Fuente: elaboración propia.

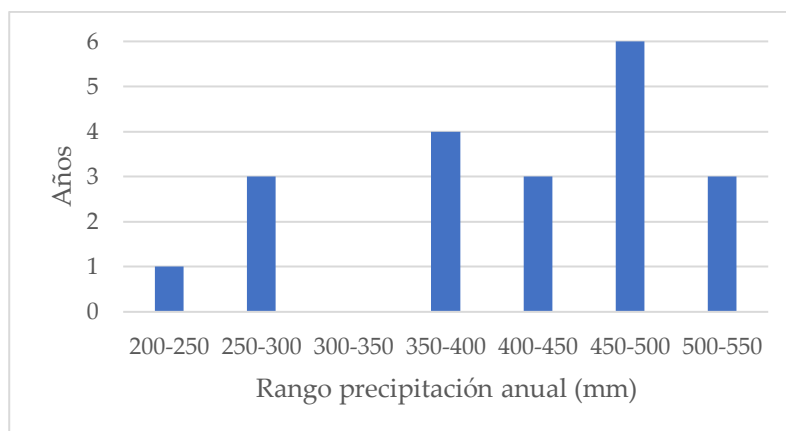


Gráfica 2. Precipitación anual de los últimos 20 años. Fuente: elaboración propia.



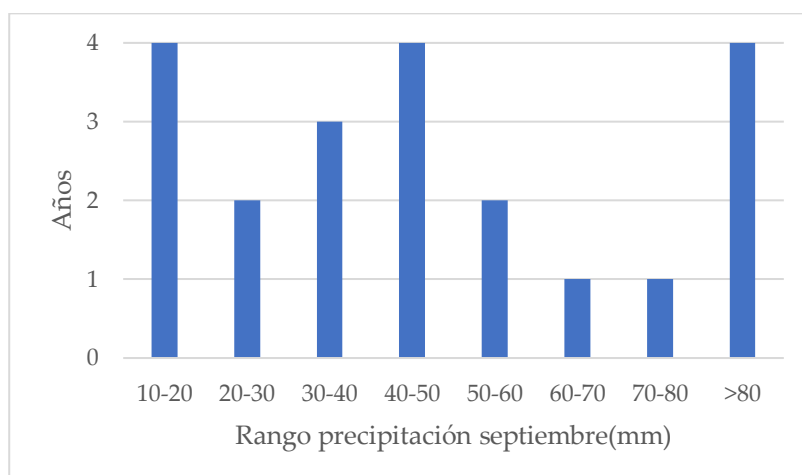
Gráfica 3. Precipitaciones mensuales. Fuente: elaboración propia.

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS PRECIPITACIONES ANUALES



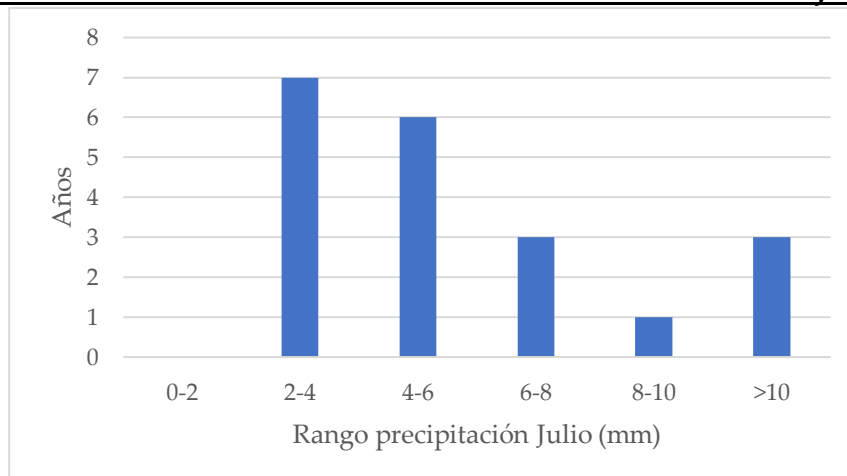
Gráfica 4. Histograma de frecuencias precipitaciones anuales. Fuente: elaboración propia.

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS PRECIPITACIONES SEPTIEMBRE



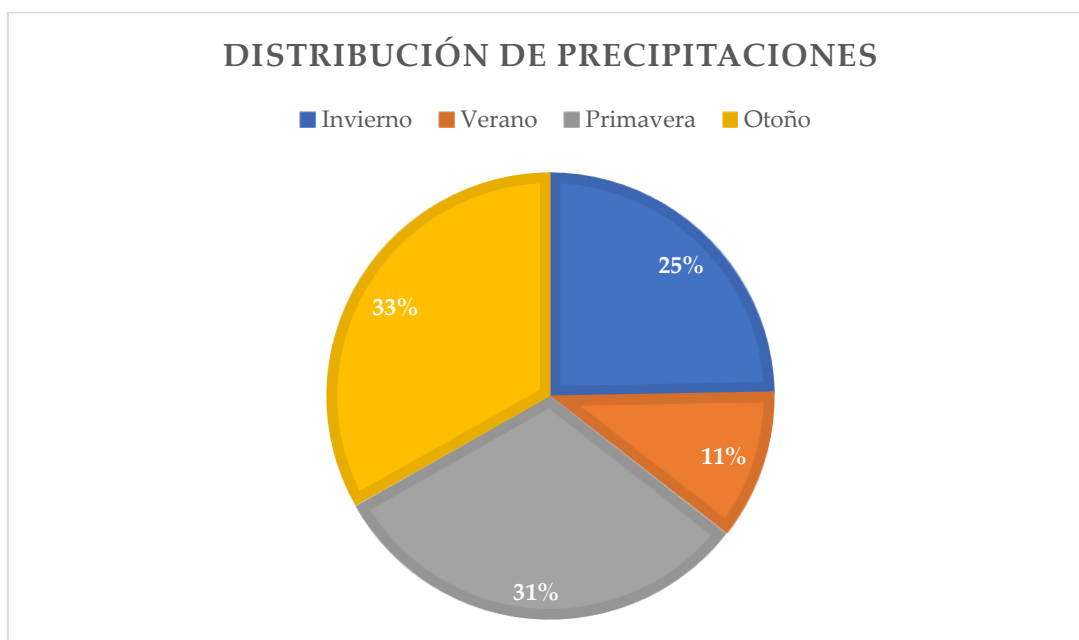
Gráfica 5. Histograma de frecuencias precipitación septiembre (mm). Fuente: elaboración propia.

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS PRECIPITACIONES JULIO



Gráfica 6. Histograma de frecuencias precipitación julio. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la gráfica 3, hay dos estaciones ligeramente marcadas de precipitaciones que corresponden con la primavera (meses de marzo, abril y mayo) y el otoño (meses de septiembre, octubre y noviembre). Se tiene una pluviometría anual de 414 mm (tabla 16), el mes de mayor precipitación es septiembre con 53 mm (tabla 16) y el de menos precipitación es julio con 6 mm (tabla 16). En la mayoría de los años la precipitación en el mes de septiembre se sitúa entre los 30-60 mm (gráfica 5) mientras que en el mes de julio la precipitación está entre 2-4 mm (gráfica 6). La mayoría de las precipitaciones se producen en otoño (33%) y primavera (31%) siendo muy bajas especialmente en verano (11%) que coincide con la sequía característica del clima mediterráneo durante dicha estación (gráfica 7). Cabe destacar que la tendencia de precipitaciones anuales a lo largo de los últimos 20 años ha ido disminuyendo (gráfica 2), esto puede ser debido a los cambios que está produciendo el cambio climático en la región mediterránea.



Gráfica 7. Distribución de precipitaciones. Fuente: elaboración propia.

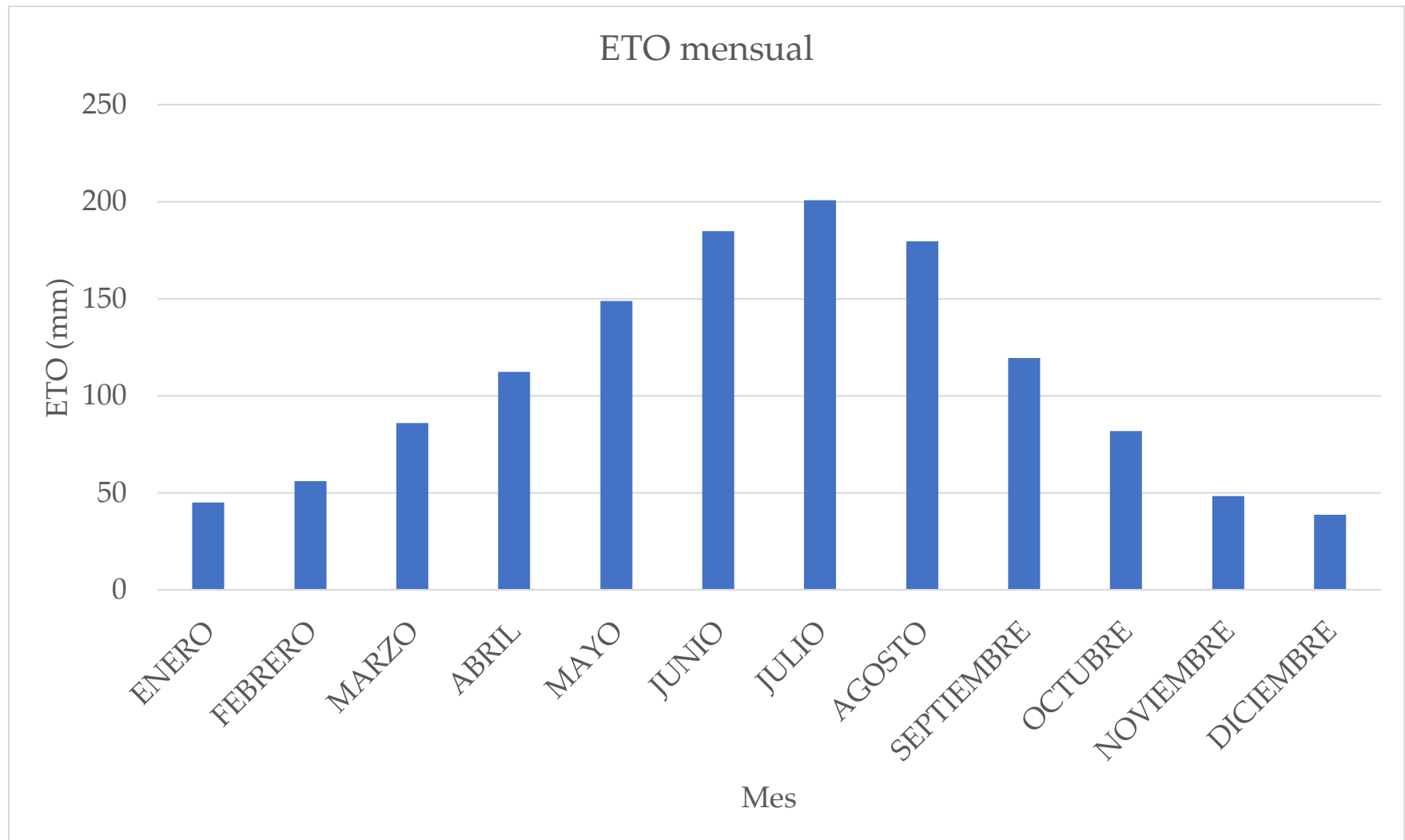
La zona de estudio no cumple con los requisitos mínimos de precipitación necesarios para el olivar (500 mm) y, por ello, para cubrir sus necesidades hídrica, será necesario la instalación de riego artificial.

2.5. Evapotranspiración.

CUADRO RESUMEN DE EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIA, MEDIANA Y PERCENTILES

(mm)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
ETO media	45,101	56,009	85,954	112,233	148,801	184,657	200,810	179,699	119,422	81,769	48,206	38,537	1301,837
Q1 (P20)	39,998	48,140	75,598	104,192	137,742	170,408	192,072	169,706	112,320	74,010	41,800	34,610	1258,728
Q2 (P40)	41,700	52,740	84,950	109,470	145,560	183,420	201,790	177,260	119,110	82,610	44,320	37,790	1301,282
Q3 (P60)	48,180	57,660	89,230	112,860	154,030	189,060	205,940	185,270	122,180	83,980	50,910	40,440	1323,400
Q4 (P80)	52,230	61,620	95,050	124,180	161,080	198,160	211,350	188,850	125,970	87,690	55,300	42,650	1348,738
ETO mediana (P50)	45,460	53,740	88,790	112,160	152,050	185,960	205,050	183,170	121,730	83,340	47,640	38,980	1311,135

Tabla 17. Resumen de evapotranspiración media, mediana y percentiles (mm). Fuente: elaboración propia.



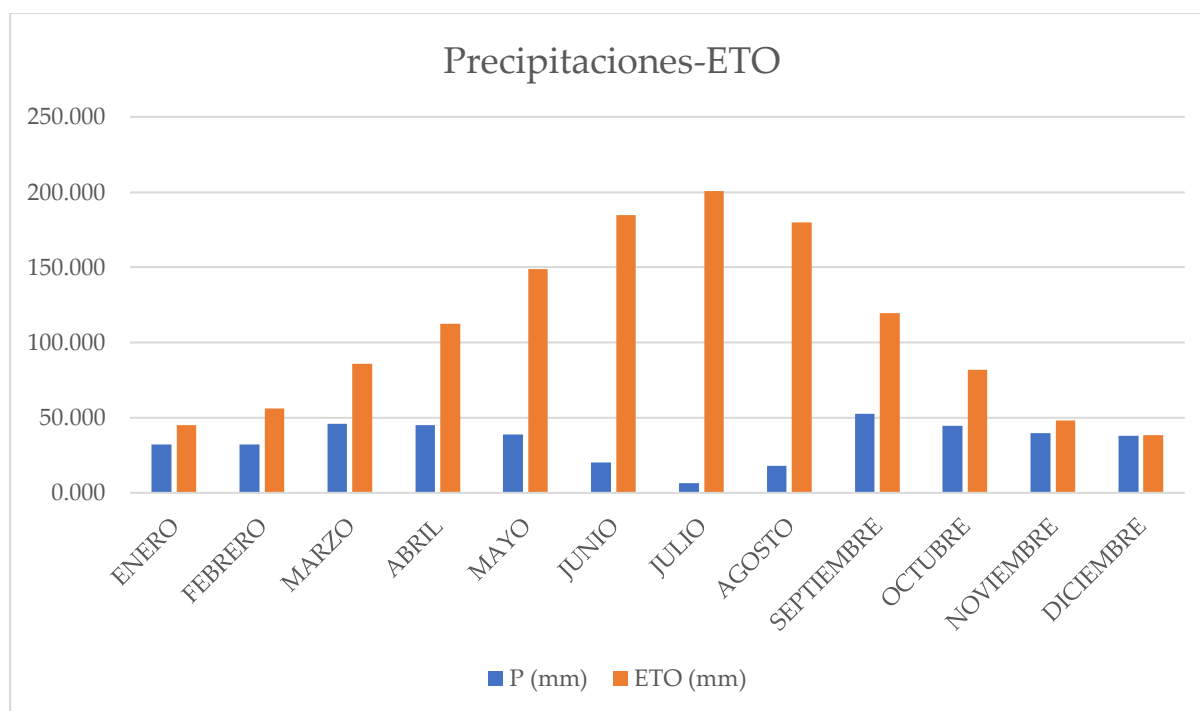
Gráfica 8. ETO mensual (mm). Fuente: elaboración propia.

Los meses de mayor demanda hídrica son junio, julio y agosto (gráfica 8), correspondientes a los meses de verano con una ETO respectivamente de 185, 201 y 180 mm (tabla 17). La demanda anual es 1302 mm.

2.6. Pluviometría-ETO.

	P (mm)	ETO (mm)
ENERO	32,356	45,101
FEBRERO	32,228	56,009
MARZO	45,949	85,954
ABRIL	44,852	112,233
MAYO	38,822	148,801
JUNIO	20,281	184,657
JULIO	6,441	200,810
AGOSTO	18,066	179,699
SEPTIEMBRE	52,753	119,422
OCTUBRE	44,764	81,769
NOVIEMBRE	39,827	48,206
DICIEMBRE	37,727	38,537
ANUAL	414,063	1301,837

Tabla 18. Precipitaciones y ETo media mensual. Fuente: elaboración propia.



Gráfica 9. Precipitaciones y ETo mensuales. Fuente: elaboración propia.

La pluviometría anual es 414 mm (tabla 18) y la demanda evapotranspirativa es 1302 mm (tabla 18). Se produce un déficit hídrico en todos los meses del año. La precipitación cubre un 32% la demanda hídrica atmosférica anual. La zona de estudio presenta un régimen de escasas precipitaciones, acentuado en los meses de verano (gráfica 9), y elevada demanda hídrica atmosférica característico de zonas áridas. Por tanto, la producción de los olivos en secano se verá mermada.

2.7. Evapotranspiración potencial según Thornthwaite.

La determinación de la evapotranspiración según Thornthwaite se realiza en función de la temperatura media, la duración astronómica del día y el número de días del mes. El autor considera que la evapotranspiración es proporcional a la temperatura media:

$$e = 16 * \left(\frac{10 * tm}{I}\right)^a$$

e: evapotranspiración mensual sin ajustar en mm (mm/mes)

tm: temperatura media mensual en °C.

I: índice de calor anual.

i: índice de calor mensual.

Los datos de i y a se obtienen a partir de las tablas consultadas en la monografía *Climatología aplicada al medio ambiente y agricultura* (págs. 103 y 104):

	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D
tm (°C)	7,0	7,8	10,3	12,7	16,5	21,5	24,5	23,9	19,8	15,8	10,1	7,6
i	1,66	1,96	2,99	4,1	6,1	9,1	11,09	10,68	8,03	5,71	2,9	1,88
I	66,2	66,2	66,2	66,2	66,2	66,2	66,2	66,2	66,2	66,2	66,2	66,2
a	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53
e	17,29	20,62	31,25	43,37	64,95	96,97	118,24	114,31	85,34	60,29	30,74	19,73

Tabla 19. Cálculo de la evapotranspiración según Thornthwaite sin ajustar. Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de ETP mensual será preciso corregir el valor de “e” sin ajustar mediante un coeficiente que tiene en cuenta el número de días del mes y las horas de luz de cada día:

$$ETP \left(\frac{mm}{mes}\right) = e * L$$

ETP: evapotranspiración según Thornthwaite ajustada.

e: evapotranspiración mensual sin ajustar en mm.

L: factor de corrección del número de días/mes y las horas de luz/día.

Los valores de L se obtienen a partir de las tablas consultadas en la monografía *Climatología aplicada al medio ambiente y agricultura* (pág. 105):

	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D
e	17,29	20,62	31,25	43,37	64,95	96,97	118,24	114,31	85,34	60,29	30,74	19,73
L	0,85	0,84	1,03	1,1	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83
ETP	14,69	17,31	32,19	47,71	79,89	120,25	147,80	133,74	88,76	57,88	25,82	16,38

Tabla 20. Cálculo de la evapotranspiración según Thornthwaite ajustada. Fuente: elaboración propia.

La evapotranspiración anual será, según Thornthwaite, 782,42 mm.

2.8. Balance hídrico.

El balance hídrico de la zona de estudio se realiza a partir del método directo, teniendo en cuenta la ETP de Thornthwaite y que la reserva máxima del suelo es 100 mm.

	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D
P	32,36	32,23	45,95	44,85	38,82	20,28	6,44	18,07	52,75	44,76	39,83	37,73
ETP	14,69	17,31	32,19	47,71	79,89	120,25	147,80	133,74	88,76	57,88	25,82	16,38
P-ETP	17,67	14,92	13,76	-2,86	-41,07	-99,97	-141,36	-115,67	-36,01	-13,12	14,01	21,35
R	53,03	67,95	81,71	78,85	37,78	0	0	0	0	0	14,01	35,36
VR	17,67	14,92	13,76	-2,86	-41,07	-37,78	0	0	0	0	14,01	21,35
ETR	14,69	17,31	32,19	47,71	79,89	58,06	6,44	18,07	52,75	44,76	25,82	37,73
F	0	0	0	0	0	62,19	141,36	115,67	36,01	13,12	0	0
Ex	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 21. Balance hídrico de la zona de estudio. Fuente: elaboración propia.

P: Precipitación (mm).

ETP: Evapotranspiración (mm).

R: Reserva del suelo (mm).

VR: Variación de la reserva (mm).

ETR: Evapotranspiración real (mm).

F: Falta de agua en el suelo (mm).

Ex: Exceso de agua en el suelo (mm).

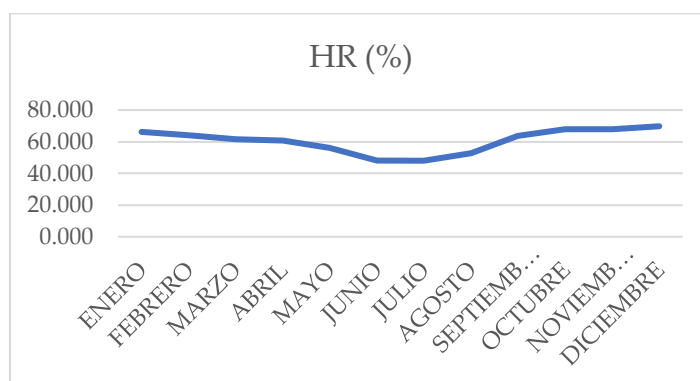
El balance de agua en el suelo es negativo durante todo el año excepto en los meses de noviembre, diciembre, enero y marzo (tabla 19). Hay reserva de agua desde noviembre hasta mayo. Durante junio, julio, agosto, septiembre y octubre es necesario

cubrir las necesidades hídricas mediante riego (tabla 19). En ningún mes el agua excede la reserva máxima (100 mm) y por lo tanto, no se pierde por escorrentía.

2.9. Humedad relativa.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
HR (%)	66,367	64,231	61,714	60,761	55,905	48,049	48,013	52,814	63,590	67,754	67,709	69,769	60,556

Tabla 22. Promedio de humedad relativa (%). Fuente: elaboración propia.



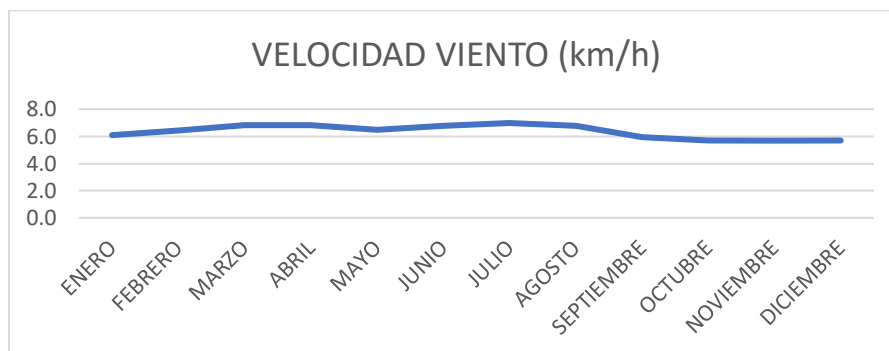
Gráfica 10. Humedad relativa (%). Fuente: elaboración propia.

La zona de estudio presenta una humedad relativa óptima y sin grandes variaciones a lo largo de año (gráfica 10) excepto durante los meses de verano en los que hay una cierta disminución. Por lo tanto, será un factor que no causará problemas en la plantación.

2.10. Viento.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Vel.viento (km/h)	6,1	6,4	6,8	6,8	6,5	6,8	7,0	6,8	6,0	5,7	5,7	5,7	6,4

Tabla 23. Promedio velocidad viento (km/h). Fuente: elaboración propia.



Gráfica 11. Velocidad viento (km/h). Fuente: elaboración propia.

El viento es constante a lo largo del año (gráfica 11) en la zona de estudio y no producirá problemas en la plantación. En ninguna estación se alcanzan vientos de alta intensidad.

2.11. Continentalidad.

El clima de la Península Ibérica está muy afectado por las grandes masas de agua que la rodean actuando como amortiguadores térmicos. Influye sobre las temperaturas, el viento, la humedad relativa o la precipitación. De manera contraria, la continentalidad de traduce en sequedad y gran contraste térmico (interior peninsular). Los siguientes índices se utilizan con el fin de objetivizar esta incidencia reguladora de las masas de agua marina.

2.11.1. Índice de continentalidad de Gorczyński.

Este índice establece una relación entre la continentalidad y la amplitud térmica anual. Dicha relación está corregida por la latitud para compensar la tendencia de la oscilación térmica a incrementar cuando aumenta la latitud.

$$Cf = 1,7 * \frac{tm_{12} - tm_1}{\text{sen } \Phi} - 20,4$$

ϕ	37°51'20,08''
tm ₁₂	24,468
tm ₁	6,963
Cf GORCZYNSKI	28,098
Clasificación	Continental

Tabla 24. Índice de continentalidad de Gorczyński. Fuente: elaboración propia.

ϕ = latitud

tm₁₂= temperatura media del mes más cálido (julio)

tm₁ = temperatura media del mes más frío (enero)

Cf = índice de GORCZYNSKI

2.11.2. Índice de oceanidad de Kerner.

Se trata de un índice de oceanidad que tiene en cuenta la amplitud térmica anual, así como el hecho de que la cercanía del mar redunda en primaveras más frescas y otoños más cálidos.

$$Ck = 100 * \frac{tmx - tmiv}{tm_{12} - tm_1}$$

tm _x	15,755
tm _{IV}	12,704
tm ₁₂	24,468
tm ₁	6,963
Ck KERNER	17,429
Clasificación	Continental

Tabla 25. Índice de continentalidad de Kerner. Fuente: elaboración propia.

tm_x = temperatura media de octubre

tm_{IV} = temperatura media de abril

tm₁₂ = temperatura media del mes más cálido

tm₁ = temperatura media del mes más frío

Ck = índice de KERNER

La zona de estudio es totalmente continental y por lo tanto, seca y sin grandes influencias de las masas de agua marina sobre los elementos climáticos.

2.12. Termopluviometría.

A partir de distintos índices se realizará un análisis termopluviométrico de la zona de estudio.

2.12.1. Índice de Lang.

Se define como:

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

Siendo:

P= precipitación media anual (mm)

T: temperatura media anual (°C)

IL	ZONA
0-20	Desierto
20-40	Árida
40-60	Húmedas de estepa y sabana
60-100	Húmedas de bosques claros
100-160	Húmedas de grandes bosques
>160	Perhúmedas con prados tundras

Tabla 26. Zonas climáticas según índice de Lang. Fuente: FAO (1984).

$$IL = \frac{414,063}{14,786} = 28$$

Por lo tanto, corresponde a una **zona árida** (tabla 24).

2.12.2. Índice de Martonne.

Se trata de un índice similar al anterior pero que adiciona una constante en el denominador para evitar los valores negativos, de manera que es más apropiado para los climas más fríos. Se define como:

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

Siendo:

P= precipitación media anual (mm)

T: temperatura media anual (°C)

IM	ZONA
0-5	Desiertos (hiperárida)
5-10	Semidesierto (árida)
10-20	Semiárida del tipo mediterráneo
20-30	Subhúmeda
30-60	Húmeda
>60	Perhúmeda

Tabla 27. Zonas climáticas según índice de Martonne. Fuente: FAO (1984).

$$IM = \frac{414,063}{14,786 + 10} = 16,7$$

Por lo tanto, corresponde a una **zona semiárida del tipo mediterráneo** (tabla 25).

2.12.3. Índice de Dantín-Cerceda y Revenga.

Se trata de un índice que destaca la significación de la aridez de una zona climática. Se define como:

$$ICD = \frac{100 * T}{P}$$

Siendo:

P= precipitación media anual (mm)

T: temperatura media anual (°C)

ICD	ZONA
>4	Árida
2-4	Semiárida
<2	Húmeda y subhúmeda

Tabla 28. Zonas climáticas según índice de Dantín-Cerceda y Revenga. Fuente: FAO (1984).

$$ICD = \frac{100 * 14,786}{414,063} = 3,57$$

Por lo tanto, corresponde a una **zona semiárida** (tabla 26).

2.13. Clasificación climática.

2.13.1. Clasificación agroclimatológica de Papadakis.

El objetivo de esta clasificación climática es definir los climas en función de variables relevantes en cuanto a la viabilidad de los cultivos comerciales. Introduce, respecto a las clasificaciones anteriores, las temperaturas extremas y el balance de agua en el suelo. El tipo climático está definido por el régimen térmico y el régimen hídrico. A su vez, el primero se establece a partir del tipo de invierno y el tipo de verano.

2.13.1.1. Régimen térmico.

2.13.1.1.1. Tipo de invierno.

Se determina a partir de las siguientes temperaturas del mes más frío:

- Temperatura media de mínimas absolutas: $t'a1$.
- Temperatura media de mínimas: $t1$.
- Temperatura media de máximas: $T1$.

TIPO DE INVIERNO		$t'a1$ (°C)	$t1$ (°C)	$T1$ (°C)
ECUATORIAL	EC	>7	>18	>21
TROPICAL				
Cálido	Tp	>7	8 a 18	>21
Medio	Tp			
Fresco	tp			
CITRUS				
Tropical	Ct	-2,5 a 7	>8	>21
Ci		-2,5 a 8		
AVENA				
Cálida	Av	-10 a -2,5	>4	>10
Fresca	Av	>-10		5 a 10
TRITICUM				
Avena-trigo	Tv	-20 a -10		>5
Cálido	Ti	>-29		0 a 5
Fresco	ti	>-29		<0
PRIMAVERA				
Cálida	Pr	<-29		>-17,8
Fresca	pr	<-29		>-17,9

Tabla 29. Tipos de invierno según Papadakis. Fuente: FAO (1984).

En este caso, el mes más frío es Enero:

t'a1	-4,562 °C
t1	1,452 °C
T1	13,415 °C
Tipo de invierno	AVENA CÁLIDA (Av)

Tabla 30. Tipo de invierno de la zona de estudio según Papadakis. Fuente: elaboración propia.

Se trata un invierno suave con ciertas heladas.

2.13.1.1.2. Tipo de verano.

Se determina a partir de los siguientes datos:

- Estación libre media de heladas (mínima, disponible o media) según Papadakis (meses): EmLH, EDLH o EMLH.
- Media de las temperaturas medias de máximas de los 2, 4 ó 6 meses más cálidos (°C): $T_{m\acute{a}x.}$
- Media de máximas del mes más cálido (°C): $T_{12.}$
- Media de mínimas del mes más cálido (°C): $t_{12.}$
- Media de la media de mínimas de los dos meses más cálidos (°C): $t_{min.}$

TIPO DE VERANO		ExLH [x] (mes)	Tmáx [n](°C)	T12 (°C)	t12 (°C)	tmin (°C)
GOSSYPIMUM		>4,5 [m]				
Cálido	G		>25 [6]	>33,5	>20	
Fresco	g		>21 [6]	<33,5	<20	
COFFEE	c	=12 [m]	>21 [6]	<33,5	<20	
ORIZA	O	>4 [m]	21-25 [6]			
MAIZE	M	>4,5 [D]	>21 [6]			
TRITICUM						
Cálido	T	>4,5 [D]	<21 [6]; >17 [4]			
Fresco	t	2.5-4,5 [D]	>17 [4]			
POLAR						
Cálido	P	<2,5 [D]	>10 [4]			>5
Fresco	p		<6 [2]			
FRIGID						
Cálido	F		<6 [2]	>0		
Fresco	f			<0		
ANDINO-ALPINO						
Cálido	A	<2,5 [D]; >1 [M]	>10 [4]			
Fresco	a	>1 [M]	<10 [4]			

Tabla 31. Tipos de verano según Papadakis. Fuente: FAO (1984).

En este caso, el más más cálido es Julio:

EmLH=	4,7 meses
EDLH=	5,9 meses
EMLH =	7,4 meses
$1/n \sum(T_i), i = 13-n, ..12$	
n = 6	27,76 °C
n = 4	30,09 °C
n = 2	32,10 °C
T ₁₂	32,4°C
t ₁₂	16,16°C
tmin	16,35°C
Tipo de verano	Gossypium Fresco (g)

Tabla 32. Tipo de verano de la zona de estudio según Papadakis. Fuente: elaboración propia.

Según la clasificación de Papadakis, el tipo de verano es **GOSSYPIMUM FRESCO (g)**.

Régimen térmico.

El régimen térmico se determina a partir del tipo de verano e invierno. Papadakis obtiene hasta cuarenta tipos de régimen térmicos combinando los diferentes veranos e inviernos. En este caso, el invierno es del tipo AVENA CÁLIDA (Av) y el verano es del tipo GOSSYPIUM FRESCO (g), por lo tanto, el régimen térmico se clasifica como **CONTINENTAL CÁLIDO (CO)**.

2.13.1.2. Régimen hídrico.

El régimen hídrico indica las reservas naturales de agua para los cultivos. Se define a partir de los siguientes parámetros:

- Precipitación anual (mm): P_{anual}
- Evapotranspiración anual (mm): ETP.
- Índice de humedad anual: I_h .
- Índice de lavado del suelo: L_n .
- Meses secos, intermedios y húmedos.
- Variación de la reserva mensual (mm): VR_m .
- La precipitación de verano (mm): P_{invierno} .
- La precipitación de invierno (mm): P_{verano} .

El índice de humedad anual es:

$$I_h = \frac{P}{ETP}$$

El índice de lavado (L_n) se define a partir de las diferencias entre la precipitación mensual y la evapotranspiración:

$$L_n = \sum_{m=1}^{12} (P_m - ETP_m) \text{ si } P_m > ETP_m \text{ (estación húmeda)}$$

-Se considera mes seco: $P_m + VR_m < 0,5 \times ETP_m$

-Se considera mes intermedio: $P_m + VR_m > 0,5 \times ETP_m$

-Se considera mes húmedo: $P_m > ETP_m$

Por lo tanto, en nuestro caso:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P	32,36	32,23	45,95	44,85	38,82	20,28	6,44	18,07	52,75	44,76	39,83	37,73
ETP	14,69	17,31	32,19	47,71	79,89	120,25	147,80	133,74	88,76	57,88	25,82	16,38
VR	17,67	14,92	13,76	-2,86	-41,07	-37,78	0	0	0	0	14,01	21,35
P+VR	32,36	47,15	59,71	41,99	-2,25	-17,5	6,44	18,07	52,75	44,76	53,84	59,08
0,5*ETP	7,345	8,655	16,095	23,855	39,945	60,125	73,9	66,87	44,38	28,94	12,91	8,19
P-ETP	17,67	14,92	13,76	-2,86	-41,07	-99,97	-141,36	-115,67	-36,01	-13,12	14,01	21,35
t_m	6,96	7,81	10,25	12,70	16,54	21,49	24,47	23,93	19,77	15,76	10,14	7,59
Ihm	2,20	1,86	1,43	0,94	0,49	0,17	0,04	0,14	0,59	0,77	1,54	2,3

Tabla 33. Datos para cálculo de régimen hídrico. Fuente: elaboración propia.

1. Índice de humedad: $Ih = \frac{P}{ETP} = \frac{414,063}{782,42} = 0,53$

2. Índice de lavado:

$$Ln = \sum_{m=1}^{12} (Pm - ETPm) = (17,67 + 14,92 + 13,76 + 14,01 + 21,35) = 81,71$$

P _{anual}	414,063
ETP	782,42
0,20 * ETP	156,48
Ih	0,53
Ln	81,71
Meses secos	4
Meses intermedios	3
Meses húmedos	5
P invierno	102,32
P verano	44,79
Régimen hídrico	Mediterráneo semiárido (me)

Tabla 34. Régimen hídrico de la zona de estudio según Papadakis. Fuente: elaboración propia.

Se trata de un régimen hídrico mediterráneo semiárido (me) porque:

- $0,22 < Ih = 0,53 < 0,88$
- $Ln = 81,71 < 0,20 * ETP = 156,48$
- En ningún mes con $t_m > 15\text{ °C}$ se cumple que el agua disponible cubre la ETP, es decir, $P + VR > ETP$.

2.12.1.3. Unidades climáticas.

La clasificación de Papadakis define las unidades climáticas a partir del régimen térmico y el régimen hídrico, en nuestro caso, **CO** y **me** respectivamente. En conclusión, el tipo climático de la zona es: **MEDITERRÁNEO SEMIÁRIDO CONTINENTAL**.

2.13.2. Clasificación de Köppen.

Se trata de la clasificación más extendida. El clima de una región, según la clasificación de Köppen, queda clasificado por un grupo, un subgrupo y una subdivisión. Los datos necesarios para definir el clima son:

- tm: temperatura media anual (°C).
- tm1: temperatura media del mes más frío (°C)
- tm12: temperatura media del mes más cálido (°C)
- tm11: temperatura media del segundo mes más cálido (°C)
- tm10: temperatura media del tercer mes más cálido (°C)
- tm9: temperatura media del cuarto mes más cálido (°C)
- P: precipitación media anual (cm)
- P1: precipitación media del mes más seco (cm)
- Pi: suma de las precipitaciones de los seis meses más fríos (cm)
- Pv: suma de las precipitaciones de los seis meses más cálidos (cm)
- Pi1: menor precipitación de los seis meses más fríos (cm)
- Pi6: mayor precipitación de los seis meses más fríos (cm)
- P1v1: menor precipitación de los seis meses más cálidos (cm)
- P1v6: mayor precipitación de los seis meses más cálidos (cm).

En este caso:

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P(cm)	32,36	32,23	45,95	44,85	38,82	20,28	6,44	18,07	52,75	44,76	39,83	37,73
tm (°C)	6,96	7,81	10,25	12,70	16,54	21,49	24,47	23,93	19,77	15,76	10,14	7,59

Tabla 35. Resumen de temperaturas y precipitaciones medias. Fuente: elaboración propia.

tm	Temperatura media anual en °C	14,79
tm ₁	Temperatura media del mes más frío en °C	6,96
tm ₁₂	Temperatura media del mes más cálido en °C	24,47
tm ₁₁	Temperatura media del segundo mes más cálido en °C	23,93
tm ₁₀	Temperatura media del tercer mes más cálido en °C	21,49
Tm ₉	Temperatura media del cuarto mes más cálido en °C	19,77
P	Precipitación media anual en cm	41,4
P ₁	Precipitación media del mes más seco en cm	6,44
P _i	Suma de las precipitaciones de los seis meses más fríos en cm	232,95
P _v	Suma de las precipitaciones de los seis meses más cálidos en cm	181,12
P _{i1}	La menor precipitación de los seis meses más fríos en cm	32,23
P _{i6}	La mayor precipitación de los seis meses más fríos en cm	45,95
P _{1v1}	La menor precipitación de los seis meses más cálidos en cm	6,44
P _{1v6}	La mayor precipitación de los seis meses más cálidos en cm	44,76

Tabla 36. Datos para clasificación de Köppen. Fuente: elaboración propia.

2.13.2.1. Grupo.

Los cinco grupos climáticos de la clasificación de Köppen se definen a partir de los valores de temperatura y por el balance precipitación- evaporación.

En este caso:

A) No se cumplen las condiciones para A: $tm_1 (6,96 \text{ °C}) < 18 \text{ °C}$.

B) No cumplen las condiciones para B:

$$P \text{ (cm)} < 2*tm + 14$$

$$41,4 < 43,53$$

Se trata de un **clima seco** con escasa pluviosidad y altas temperaturas cuya precipitación no está concentrada (70% del total) en las estaciones de invierno y verano sino distribuida a lo largo del año.

2.13.2.2. Subgrupo.

Se establecen dentro de los grupos anteriores y vienen definidos por las precipitaciones y temperaturas medias (mensuales o anuales). Los posibles subgrupos para nuestro grupo B son: desértico (W) y estepa (S). En este caso, la precipitación de los meses más fríos y de los más cálidos no supone en ningún caso el 70% de la precipitación media anual y se cumple:

$$tm + 7 < P < 2*tm + 14$$

$$21,79 < 41,4 < 43,58$$

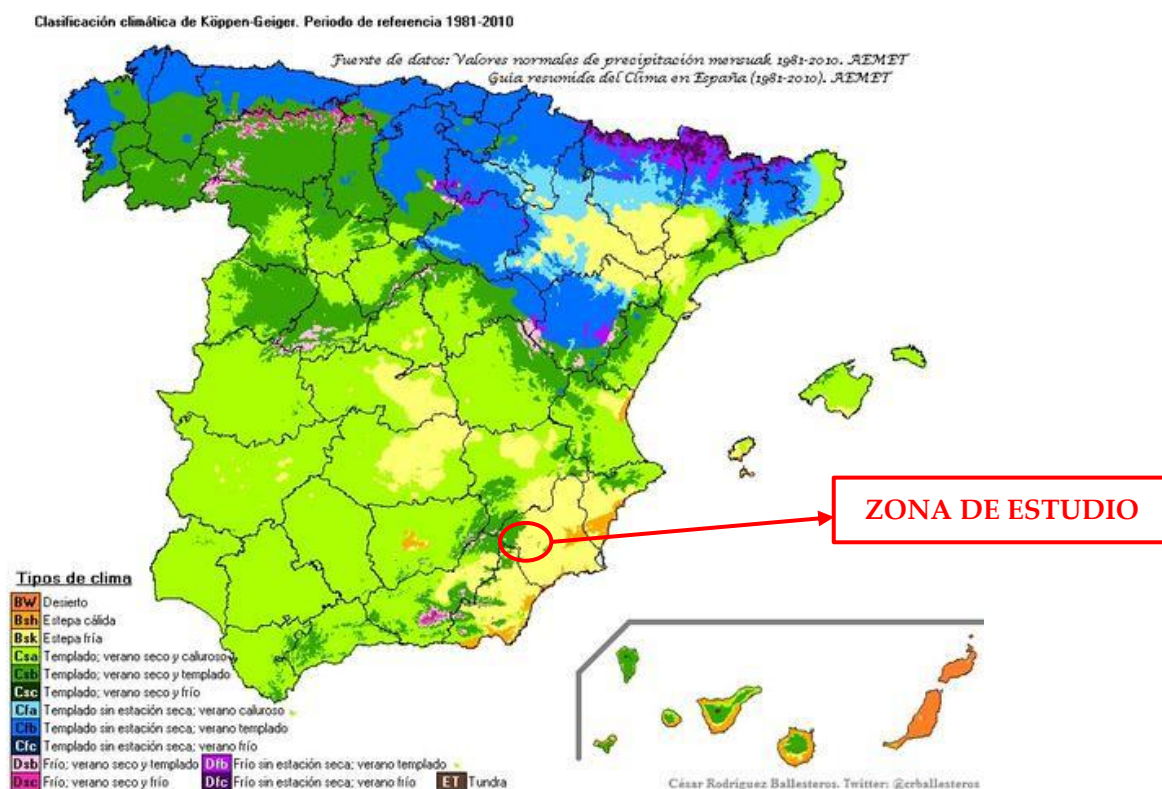
Por lo tanto, la zona de estudio tiene un **clima del tipo BS (semiárido)**.

2.13.2.3. Subdivisión.

Las subdivisiones permiten especificar mayores variaciones climáticas y vienen definidas por la temperatura. Las subdivisiones posibles nuestro subgrupo BS son: h (seco y caluroso) y k (seco y frío). En este caso, la t_m (14,79 °C) < 18 °C y por lo tanto, la zona de estudio tiene un **clima BSk**.

Clasificación según Köppen	BSk: seco semiárido (estepa) y frío.
----------------------------	---

Tabla 37. Clasificación climática según Köppen.



Gráfica 12. Clasificación climática de Köppen en España. Fuente: AEMET.

2.13.3. Clasificación de Thornthwaite.

La clasificación de Thornthwaite considera la eficacia térmica, basada en la ETP de Thornthwaite, y la humedad disponible, expresada como índices de humedad y de aridez a partir del balance hídrico. Se diferencia de otras clasificaciones ya que parte del clima que afecta directamente a la planta (evaporación, transpiración y humedad

del suelo); en vez de medias mensuales de parámetros meteorológicos. Define unos tipos de clima según la humedad y otros tipos según la eficacia térmica.

2.13.3.1. Clima según la humedad.

Se define a partir de un índice de humedad global que combina dos índices, uno de humedad y otro de aridez. Los datos necesarios se obtienen del balance hídrico realizado anteriormente en el apartado 2.7. (tabla 21).

- 1) Índice de humedad: se define como el conjunto de excesos de agua (Ex) en porcentaje respecto a la ETP anual:

$$I_{ex} = 0 \% \text{ (tabla 21)}$$

- 2) Índice de aridez: se define como el porcentaje de falta de agua (F) de los distintos meses respecto a la ETP anual:

$$I_f = ((62,19 + 141,36 + 115,67 + 36,01 + 13,12) / 782,42) * 100 = 47,1 \%$$

El índice de humedad global se define como el porcentaje de excesos menos el 60 % del porcentaje de falta de agua:

$$I_h = I_{ex} - (0,6 * I_f) = 0 - (0,6 * 47,1) = - 28,26$$

Por lo tanto, el valor obtenido clasifica este clima como **Semiárido con nulo exceso de agua Dd** ($-20 > I_h > -40$; $I_{ex} = 0$).

2.13.3.2. Clima según la eficacia térmica.

La evapotranspiración potencial (ETP) es igual a 782,42 mm, por lo tanto, según la eficacia térmica, el clima se clasifica como **Mesotérmico B'2**. La concentración de la eficacia térmica en el verano se define como el porcentaje de ETP correspondiente al verano (datos obtenidos de la tabla , es decir:

$$\begin{aligned} \text{ETP (\% verano)} &= 100 * ((\text{ETP}_{\text{Junio}} + \text{ETP}_{\text{Julio}} + \text{ETP}_{\text{Agosto}}) / \text{ETP}_{\text{anual}}) = \\ &100 * ((120,25 + 147,80 + 133,74) / 782,42) = 51,35\% \end{aligned}$$

Por lo tanto, el tipo de concentración estival según la eficacia térmica es **b'4 (moderada concentración de la eficacia térmica en verano)**.

Según Thornthwaite, el clima de la zona de estudio correspondería a la siguiente fórmula climática: **DdB'2b'4 (clima semiárido con nulo exceso de agua, segundo mesotérmico y moderada concentración de eficacia térmica en verano).**

2.13.4. Clasificación bioclimática UNESCO-FAO.

Esta clasificación realiza un agrupamiento por características térmicas y de aridez (índice xerotérmico).

a) Índice xerotérmico.

Los índices xerotérmicos se utilizan para caracterizar la intensidad de la sequía. Se calculan teniendo en cuenta el número de días del mes que hay lluvias, niebla y rocío, y la humedad relativa. En este caso, al no disponer de los datos anteriores (no están disponibles en el SIAR), no es posible calcularlo.

b) Temperatura.

La clasificación por temperatura viene definida por la temperatura media del mes más frío, en este caso es enero, con un valor de 6,94 °C, comprendido entre 10 °C y 0 °C: **clima templado-medio (grupo 1).** También se considera la temperatura media de mínimas del mes más frío para clasificar el tipo de invierno. En este caso, es enero con un valor de 1,45 °C. Se trata de un invierno **moderado.**

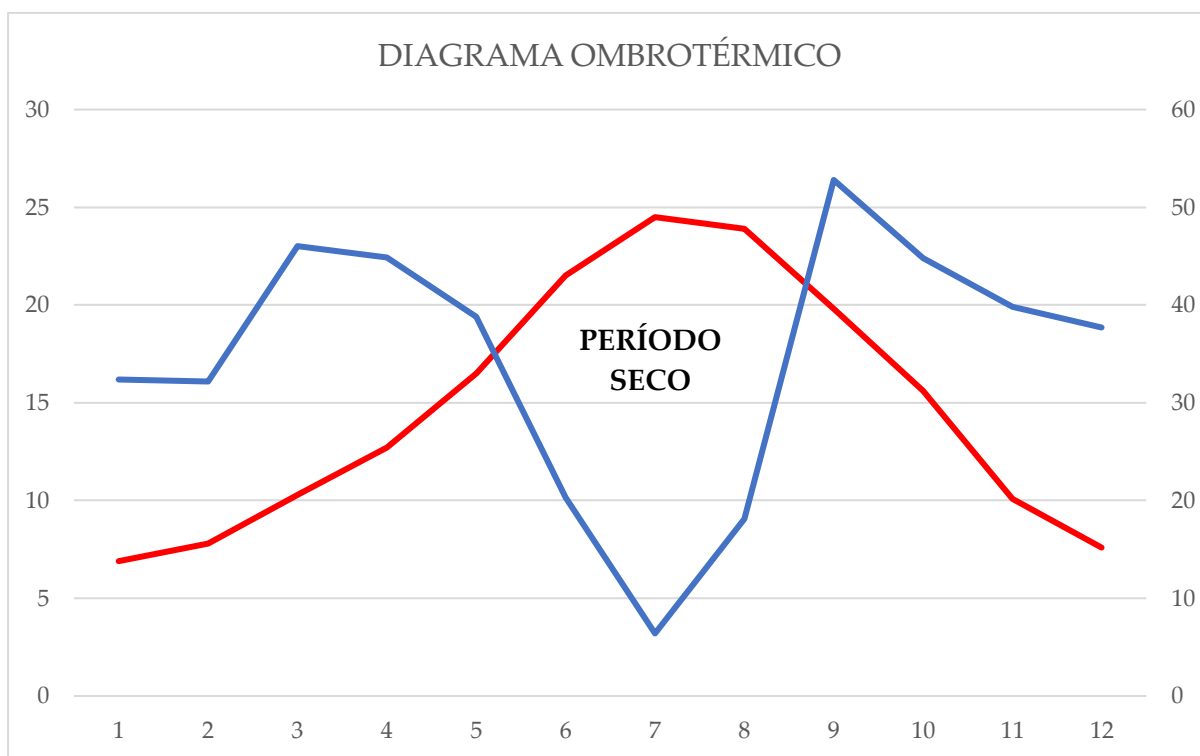
c) Aridez.

Para calcular la duración de los períodos secos se utiliza un diagrama ombrotérmico (gráfica 13) de Gaussen. La duración de la sequía se calcula valorando el área que curva de las precipitaciones (azul) deja por debajo de la curva de las temperaturas (rojo).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P (mm)	32,4	32,2	46,0	44,9	38,8	20,3	6,4	18,1	52,8	44,8	39,8	37,7
tm (°C)	6,9	7,8	10,3	12,7	16,5	21,5	24,5	23,9	19,8	15,6	10,1	7,6

Tabla 38. Resumen de precipitaciones y temperaturas medias mensuales. Fuente: elaboración propia.

Se observa en la gráfica 13 que existen 4 meses secos ($P < 2T$): desde mayo hasta septiembre. Al existir sólo un período seco a lo largo del año que coincide con los días más largos, se trata de un clima **monoxérico mediterráneo.**



Gráfica 13. Diagrama ombrotérmico de Gausson. Fuente: elaboración propia.

2.13. Conclusión.

Los condicionantes climáticos que presenta la zona de estudio son dos: el régimen hídrico y las altas temperaturas durante el verano. Aunque el olivo presente una buena adaptación a la sequía, la productividad aumenta si se producen aportaciones de agua (riego) para cubrir sus necesidades. En la zona de estudio, la precipitación no compensa las necesidades y, por lo tanto, la plantación se realizará en regadío con el fin de optimizar la producción.

Por otra parte, a lo largo de los meses de verano, se pueden alcanzar temperaturas máximas absolutas superiores a los 35°C, lo que puede paralizar, en determinadas ocasiones, la fotosíntesis y producir la pérdida germinativa del polen. En consecuencia, disminuir el rendimiento. El riesgo por heladas tempranas o tardías es muy bajo.

La elección de la variedad se realizará en función de estos condicionantes.

3. ESTUDIO EDAFOLÓGICO.

3.1. Necesidades edafológicas del olivar.

Los suelos presentan ciertas características físicas, químicas y biológicas que determinan su aptitud agrícola. Las propiedades vienen definidas por el tamaño y la naturaleza de los componentes que lo forman: matriz sólida (partículas minerales y materia orgánica), fase líquida (agua y disolución acuosa de minerales) y aire¹². En general, el olivo se cultiva en suelos muy diversos debido a su rusticidad y capacidad de adaptación a determinadas condiciones adversas.

3.1.1. Propiedades físicas.

Las propiedades físicas que más condicionan la aptitud del suelo en el cultivo olivo son la textura, la estructura, la aireación y la profundidad¹³. Para la planificación de la fertilización, el manejo del riego y el mantenimiento del suelo es necesario conocer estas características. Por ello, antes de realizar la plantación es fundamental estudiar y observar de manera directa el perfil del suelo mediante calicatas representativas.

3.1.1.1. Textura.

La descripción de la textura ideal para el cultivo del olivo no es fácil puesto que ciertas propiedades importantes son opuestas, por ejemplo, un suelo con alto contenido en arcilla favorece la retención de agua y de nutrientes, pero empeora la aireación. En general, el olivo prefiere suelos de texturas homogéneas, sin diferencias texturales entre los horizontes que dificulten el flujo vertical del agua y la aireación. Prefiere las texturas medias o gruesas con cierto contenido de arcilla que permita la retención de agua (20%)¹⁴. Sin embargo, puede desarrollarse en suelos con horizontes subsuperficiales muy arcillosos (Bt) si presentan una buena estructura con agregados finos que proporcionen macroporos que mejoran la aireación.

3.1.1.2. Pedregosidad.

La influencia de la pedregosidad va a depender de la cantidad y de la abundancia de las piedras, así como de su localización (en superficie o enterradas). Si se encuentran localizadas en el interior del suelo, reducen la capacidad de retención del agua y nutrientes, y la sección de suelo útil para el drenaje y aireación. Esto se agrava especialmente si son piedras de gran tamaño. Si se encuentran localizadas en superficie, dificultan las labores y la recolección de la aceituna caída al suelo. En cambio, también actúan como protección frente al impacto de agua de lluvia en el suelo reduciendo la escorrentía y la erosión, y disminuyendo la evaporación. Esto

¹² BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 256.

¹³ *Ibid.*, p. 256.

¹⁴ *Ibid.*, p. 257.

efectos favorables son muy importantes para los suelos mediterráneos. Por lo tanto, en los olivares situados en pendiente es mejor mantener las piedras superficiales. Además, el mantenimiento del suelo debe estar basado en el no laboreo¹⁵. En zonas llanas el despedregado puede resultar una mejor opción.

3.1.1.3. Estructura.

Para el crecimiento de los cultivos es fundamental tener en cuenta la estructura de los dos primeros horizontes del suelo (A y B). La estructura influye en el enraizamiento, la velocidad de infiltración del agua, la escorrentía y la resistencia del suelo a la erosión. La permeabilidad del horizonte A es fundamental para que penetre el agua de la precipitación o del riego. Por otra parte, si los agregados son inestables van a poder ser destruidos por la lluvia fácilmente y van a obstruir los poros (aumenta escorrentía y erosión, y disminuye la infiltración del agua): sellado del suelo. Este proceso es muy común en suelos con mucho limo o arena fina y poca materia orgánica. Lo mejor para aumentar la estabilidad estructural del horizonte A es realizar aportes de materia orgánica. Una buena estructura compensa los efectos desfavorables de una mala textura. Por otra parte, los horizontes subsuperficiales compactados plantean problemas en el enraizamiento, las raíces van a tener dificultades para extenderse, penetrar en los agregados y aprovechar la totalidad del horizonte para extraer agua y nutrientes¹⁶.

3.1.1.4. Aireación.

La aireación del suelo implica que haya una continua renovación del aire del suelo por el aire atmosférico, de tal manera que la diferencia de composición entre ambas sea pequeña (misma cantidad de CO₂ y O₂). Si la mayoría de los poros del suelo están ocupados por agua, la aireación disminuye y el contenido O₂ se reduce consumido por las raíces y los microorganismos que desprenden CO₂ (hipoxia radical)¹⁷. Por lo tanto, el encharcamiento provoca una mala aireación. La susceptibilidad al encharcamiento por parte de los olivos es mayor en los jóvenes y durante el crecimiento activo. El encharcamiento no suele ser un problema en los suelos mediterráneos excepto si hay presencia de un horizonte Bt poco permeable que se satura en los períodos lluviosos. Este encharcamiento no es visible en superficie, pero puede acarrear daños severos. La mejor manera para identificar condiciones de anaerobia es observar los colores del perfil durante la calicata. Las capas bien drenadas presentan colores uniformes y las mal drenadas colores variados y manchas de color gris¹⁸.

¹⁵ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 258.

¹⁶ *Ibid.*, p. 260.

¹⁷ *Ibid.*, p. 261.

¹⁸ *Ibid.*, p. 262.

3.1.1.5. Profundidad útil.

La profundidad útil es el espesor de suelo potencialmente explorable por las raíces. Los olivos presentan sistemas radiculares más bien superficiales, no requieren suelos muy profundos para desarrollarse y producir adecuadamente. Pueden extenderse hasta 1,2 m pero la mayoría de las raíces se localizan en los primeros 0,5-0,7 m. Por lo tanto, se considerarán los dos primeros horizontes. Algunas de las limitaciones que pueden impedir el correcto desarrollo de las raíces del olivo son: roca continua y dura, horizonte Bt o capas arcillosas de baja permeabilidad, presencia de capa freática, horizontes petrocálcicos u horizontes con contenido muy alto (80%) de carbonato cálcico¹⁹.

3.1.2. Propiedades químicas.

Las propiedades químicas más importantes para el cultivo del olivo son el pH, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la disponibilidad de nutrientes, la salinidad y la presencia de sustancias tóxicas. Es necesario analizar todas ellas para llevar a cabo las medidas de corrección del suelo previas a la plantación²⁰.

3.1.2.1. Materia orgánica.

La descomposición de la materia orgánica se incrementa con una buena aireación, pH neutro, humedad moderada y temperaturas altas. En los suelos mediterráneos el contenido de materia orgánica es muy bajo (inferior a un 2% en el horizonte A). Juega un papel fundamental en la estabilidad de los agregados y en la resistencia de la erosión. Además, su descomposición aporta nutrientes esenciales a los cultivos (nitrógeno, azufre y micronutrientes)²¹.

3.1.2.2. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

La capacidad de adsorción de cationes se incrementa con la presencia de arcillas y materia orgánica (almacén de nutrientes). Muchos nutrientes esenciales están en el suelo en forma de cationes, la adsorción catiónica es fundamental para retenerlos en el suelo y evitar pérdidas por lixiviación. Mayor CIC, mayor es la capacidad de absorber nutrientes. Sin embargo, la CIC no dice nada de la correcta fertilidad del suelo. En los suelos mediterráneos depende principalmente del contenido de arcilla y suele estar entre 40 y 60 cmol./kg. Otros materiales adsorbentes son los óxidos de hierro o la caliza (CaCO₃) muy presentes en los suelos españoles. Los suelos calcáreos presentan problemas de fertilidad porque pueden causar precipitación de fosfato y micronutrientes en formas poco disponibles para los cultivos²².

¹⁹ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 264.

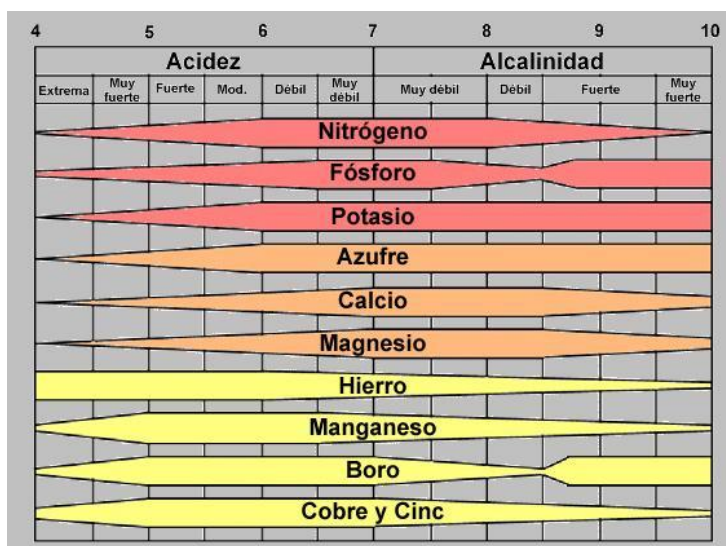
²⁰ *Ibid.*, p. 265.

²¹ *Ibid.*, p. 266.

²² *Ibid.*, p. 268.

3.1.2.3. pH.

El pH es muy importante puesto que influye en las reacciones de adsorción y disolución que regulan la concentración de muchos nutrientes, es decir, afecta a la disponibilidad de los nutrientes para la planta. Además, influye en la actividad de los microorganismos que descomponen la materia orgánica. El pH de máxima disponibilidad para la mayoría de los nutrientes está comprendido entre 6 y 7. El olivo se desarrolla bien en suelos de moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos (pH entre 5,5 y 8,5). A partir de 7,5 puede tener problemas de disponibilidad de ciertos nutrientes (fósforo, hierro, manganeso, zinc y cobre). Los suelos mediterráneos están caracterizados por un pH alto y la presencia de cal²³.



Gráfica 14. Disponibilidad de nutrientes según pH del suelo para las plantas. Fuente: Barranco et al. (2017).

3.1.2.4. Comportamiento de nutrientes y disponibilidad.

El contenido de nutrientes se divide en cuatro fracciones según su disponibilidad para las plantas: fácilmente disponibles, moderadamente disponibles, lentamente disponibles y muy lentamente disponibles. La reposición de nutrientes suele estar en equilibrio con las fracciones moderadas y lentamente disponibles. La capacidad para amortiguar los cambios se denomina poder tampón que está accionado principalmente por el intercambio catiónico (CIC), la adsorción específica y la precipitación de compuestos poco solubles:

- CIC: Un CIC alto es favorable si el nivel de nutrientes en la disolución del suelo es adecuado para el cultivo, pero desfavorable si el nivel de nutriente es bajo porque requiere aplicaciones elevadas del nutriente en su forma soluble. Para mantener una concentración adecuada de un nutriente con un suelo de bajo CIC será necesario aportarlo frecuentemente, pero en dosis más bajas.

²³ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 270.

- Adsorción específica: algunos nutrientes son retenidos en la superficie de ciertos componentes sólidos del suelo.
- Compuestos poco solubles: si la disolución del suelo se sobrepasa la solubilidad de los nutrientes, el exceso precipita y se hace no disponible para las plantas²⁴.

Nutrientes

- 1) Nitrógeno: es absorbido en forma de amonio y nitrato, sólo un 2% del nitrógeno del suelo está disponible para el olivo. Muchas plantaciones de olivo se fertilizan en exceso de N en relación con sus necesidades y se pierde por lavado. Otra posible pérdida se produce en los suelos calcáreos debido a la volatilización del amoniaco²⁵.
- 2) Fósforo: en los suelos mediterráneos de pH alcalino, la disponibilidad del fósforo (P) está limitada por procesos de adsorción específica o precipitación y se encuentra principalmente en el horizonte A (fertilización fosfatada). En consecuencia, la concentración de P en el suelo es muy baja y las aportadas quedan fijadas en formas poco disponibles. Hay zonas en las que las deficiencias de P son muy comunes y en otras hay un exceso que provocan un impacto negativo de contaminación (eutrofización de las aguas)²⁶.
- 3) Potasio: es el macronutriente requerido en mayor cantidad por el olivo. Se absorbe en forma de catión y su concentración en la disolución del suelo es muy baja. Debe ser repuesto de manera continua para no perjudicar al crecimiento del árbol. La fertilización potásica debe estar en consonancia con el CIC del suelo. Los suelos mediterráneos no suelen presentar problemas de baja disponibilidad. Se suele concentrar en el horizonte A²⁷.
- 4) Calcio y Magnesio: se presentan en la disolución del suelo y se absorben por las raíces en forma de cationes. Son los que tienen mayores concentraciones. Los suelos mediterráneos no tienen deficiencias de estos elementos²⁸.
- 5) Azufre: se presenta principalmente como anión sulfato, apenas es absorbido por las partículas sólidas. La disponibilidad de S no plantea problemas en los suelos mediterráneos. Se trata de un elemento muy común en los fertilizantes comerciales aplicados en los cultivos²⁹.
- 6) Hierro y manganeso: su disponibilidad depende de las condiciones de aireación, el pH y la naturaleza de sus óxidos presentes en el suelo. Dado el alto pH de los suelos calcáreos (70% del olivar español), es frecuente que haya deficiencias de Fe y Mn en los olivos (clorosis férrica) derivada de la falta de

²⁴ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 271.

²⁵ *Ibid.*, p. 272.

²⁶ *Ibid.*, p. 273.

²⁷ *Ibid.*, p. 274.

²⁸ *Ibid.*, p. 275.

²⁹ *Ibid.*, p. 275.

disponibilidad del nutriente. Se manifiesta con una disminución de la producción y con el amarillamiento de las hojas jóvenes. Su corrección es difícil y costosa³⁰.

- 7) Cinc y cobre: presentes y absorbidos por las raíces en sus formas catiónicas. Su concentración está controlada por el pH y por adsorción específica. Los suelos mediterráneos pueden presentar deficiencias, pero son anecdóticas. El Cu está presente en muchos productos fitosanitarios. El Zn puede presentar mayores deficiencias³¹.
- 8) Boro: presente como ácido bórico. Es absorbido por los filosilicatos y los óxidos de hierro. Al aumentar el pH, disminuye su disponibilidad. El intervalo en el que la concentración de boro es adecuada para el olivo es muy estrecha. En consecuencia, ciertas aplicaciones para resolver su deficiencia resulten excesivas y derivan en problemas de toxicidad³².
- 9) Cloro: presente en la solución del suelo en forma de cloruro es muy móvil. Las necesidades del cloro por parte del olivo son muy pequeñas y están cubiertas. En exceso produce problemas de toxicidad³³.

Apreciación del estado de fertilidad	Nivel de fósforo (Olsen) (ppm)	Nivel de fósforo (Bray-Kurtz) (ppm)
Muy alto	25	>30
Alto	18-25	20-30
Medio	10-17	7-20
Bajo	5-9	3-7
Muy bajo	<5	<3

Tabla 39. Interpretación de los niveles de fósforo en el suelo. Fuente: FAO (1984).

³⁰ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 277.

³¹ *Ibid.*, p. 278.

³² *Ibid.*, p. 278.

³³ *Ibid.*, p. 278.

Textura	CIC	Apreciación del estado de fertilidad	K (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)
Gruesa	Baja <5 cmol/kg	Muy alto	>100	>60	>800
		Alto	60-100	25-60	500-800
		Medio	30-60	10-25	200-500
		Bajo	15-30	5-10	100-200
		Muy bajo	<15	<5	<100
	Media 5-15 cmol/kg	Muy alto	>300	>180	>2400
		Alto	175-300	80-180	600-2400
		Medio	100-175	40-80	100-1600
		Bajo	50-100	20-40	500-1000
		Muy bajo	<50	<20	<500
Fina	Alta >15 cmol/kg	Muy alto	>500	>300	>4000
		Alto	300-500	120-300	3000-4000
		Medio	150-300	60-120	2000-3000
		Bajo	75-150	30-60	1000-2000
		Muy bajo	<75	<30	<1000

Tabla 40. Interpretación de los de K, Ca, Mg. Fuente: FAO (1984).

	Fe (ppm)	Mn(ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
Valores críticos USA	4,4	1,4	0,8	0,8

Tabla 41. Interpretación de los valores de Fe, Mn, Zn y Cu. Fuente: FAO (1984).

3.1.2.5. Salinidad y toxicidad.

Salinidad

La salinidad es un exceso de sales en la disolución del suelo. Una elevada concentración dificulta la absorción de agua y crea problemas de toxicidad. Se evalúa por media de la conductividad eléctrica (CE). Un suelo es salino si $CE > 4$ dS/m. El olivo es tolerante a la salinidad en el crecimiento, pero sensible en la producción. La productividad disminuye hasta un 10% si alcanza valores de $CE = 4$ dS/m, hasta un 25% si $CE = 5$ dS/m o un 50% si $CE = 8$ dS/m. Además, un exceso de sales solubles es un problema presente en el olivar de regadío. Para evitarlo, hay que incrementar las dosis de riego por encima de las necesidades del cultivo (lavar las sales). En algunos casos, las lluvias de otoño lavan las sales acumuladas durante la temporada de riegos, pero en otros casos no es así. En las nuevas plantaciones es indispensable conocer la composición del agua de riego para tomar las medidas necesarias³⁴.

³⁴ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 280.

Exceso de sodio

Resulta de una elevada proporción de Na con respecto a la concentración de Ca y Mg. Se mide mediante el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). Un suelo es sódico si $PSI > 15\%$. Plantea dos problemas: deterioro de la estructura del suelo con problemas de permeabilidad y aireación, y desequilibrio nutritivo. El olivo resulta afectado con valores de PSI entre 20 y 40%. También es un problema presente en el regadío³⁵.

Toxicidad por cloruros y boro

El olivo es más tolerante al exceso de cloro y boro que el resto de los árboles frutales. El árbol se ve afectado cuando la concentración de cloruros supera los 10-15 mmol/L. Más frecuentes son los casos de exceso de boro debido a aplicaciones excesivas. La concentración de boro que disminuye un 10% el crecimiento de los árboles es 2 mmol/L. También es un problema con mayor presencia en el regadío³⁶.

Clase de limitación	Grado de limitación		
	Ligero	Moderado	Severo
Salinidad Total			
CEes (dS/m)	4	5	8
Reducción de la producción del olivo (%)	10	25	50
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)		20-40	
Toxicidad por boro (ppm)	2		
Toxicidad por cloruros (meq/L)	10-15		

Tabla 42. Limitaciones de salinidas, PSI y toxicidad por boro y cloruros. Fuente: Adaptado de Freeman et al. (1994).

3.2. Análisis del suelo.

Los árboles son muy dependientes del suelo para satisfacer sus exigencias nutricionales puesto que no son capaces de almacenar nutrientes. El objetivo principal del análisis del suelo es el diagnóstico de su estado de fertilidad, textura y contenido de materia orgánica. De esta manera, se estima la fertilización exigida para cubrir los requerimientos del olivar y la necesidad de tomar otras medidas para que las condiciones del suelo sean óptimas. El análisis de suelo tiene tres pasos: 1) la toma de muestras; 2) el análisis; 3) la interpretación de los resultados.

3.2.1. Toma de muestras.

El suelo es homogéneo en casi toda la zona de plantación. La finca está suavemente inclinada con una pendiente del 5%. Se realiza una calicata en el lugar que indica la gráfica 16. Esta zona representa las características edafológicas de la mayor parte de la parcela.

³⁵ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 280.

³⁶ *Ibid.*, p. 281.



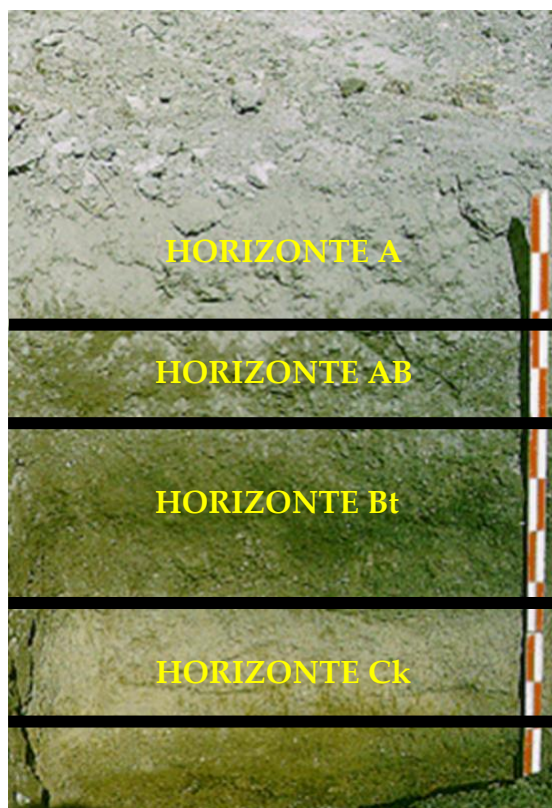
Gráfica 15. Situación parcela. Fuente: elaboración propia.



Gráfica 16. Localización calicata. Fuente: elaboración propia.

Se realiza una calicata de 1,1 metros de profundidad el día 06/10/2017 con la ayuda de un tractor de pala. El suelo se encuentra duro y muy seco. No se observaban

encharcamientos ni afloramientos rocosos a simple vista. Se diferencian hasta cinco horizontes distintos y se toma una cantidad suficiente de muestra del horizonte A, del AB y del Bt. A continuación, con el objetivo de analizar en el laboratorio se introduce la tierra en bolsas de plásticos cerradas para evitar la contaminación de las muestras.



Gráfica 17. Perfil del suelo. Fuente: elaboración propia.

- Horizonte A (0-22 cm): se caracteriza por presentar un color grisáceo. Tiene cierta presencia de elementos gruesos (>2 cm) en superficie y muy pocas raíces.
- Horizonte AB (22-40 cm): es una mezcla de los horizontes A y B. Presenta tanto el color grisáceo característico del horizonte A como el marrón del horizonte B. No se observan elementos gruesos (> 2 cm).
- Horizonte Bt (30-75 cm): es de color marrón con una franja más oscura en el centro que se degrada hacia los horizontes inferior y superior. No se observan elementos gruesos (> 2 cm).

Los siguientes horizontes que se pueden diferenciar no se van a analizar ya que la mayor parte de las raíces del olivo se desarrollaran hasta los 70 cm.

3.2.2. Análisis de las muestras.

3.2.2.1. Propiedades físicas.

a) % Elementos gruesos.

	Horizonte A	Horizonte AB	Horizonte Bt
Peso total de la muestra	2560 g	2960 g	3270 g
Peso Elementos Gruesos (2-0,2 cm)	438 g	216 g	163 g
% E.G	17,1	7,3	5,0

Tabla 43. Porcentaje de elementos gruesos. Fuente: elaboración propia.

b) Humedad.

	Horizonte A	Horizonte AB	Horizonte Bt
Peso de la muestra secada al aire	10 g	10 g	10 g
Peso de la muestra seca a 105°C	9,77g	9,62g	9,57g
% Humedad sobre muestra seca	2,30	3,80	4,30
% Humedad sobre muestra natural	2,32	3,95	4,49

Tabla 44. Porcentaje de humedad del suelo. Fuente: elaboración propia.

c) Densidad y porosidad.

$$D_a \left(\frac{g}{cm^3} \right) = 1,5456 + [(0,0015 \times Ar) - (0,0022 \times Arc) - (0,1219 \times CO)]$$

	Horizonte A	Horizonte AB	Horizonte Bt
%Arena	51	54	32
%Arcilla	22	29	44
%MO	0,63	1,76	1,93
%CO = 0,58*%MO	0,37	1,0	1,1
Densidad aparente (g/cm³)	1,529	1,438	1,360
Densidad real (g/cm ³)	2,65	2,65	2,65
Porosidad % (v/v)	42,3	45,7	48,7

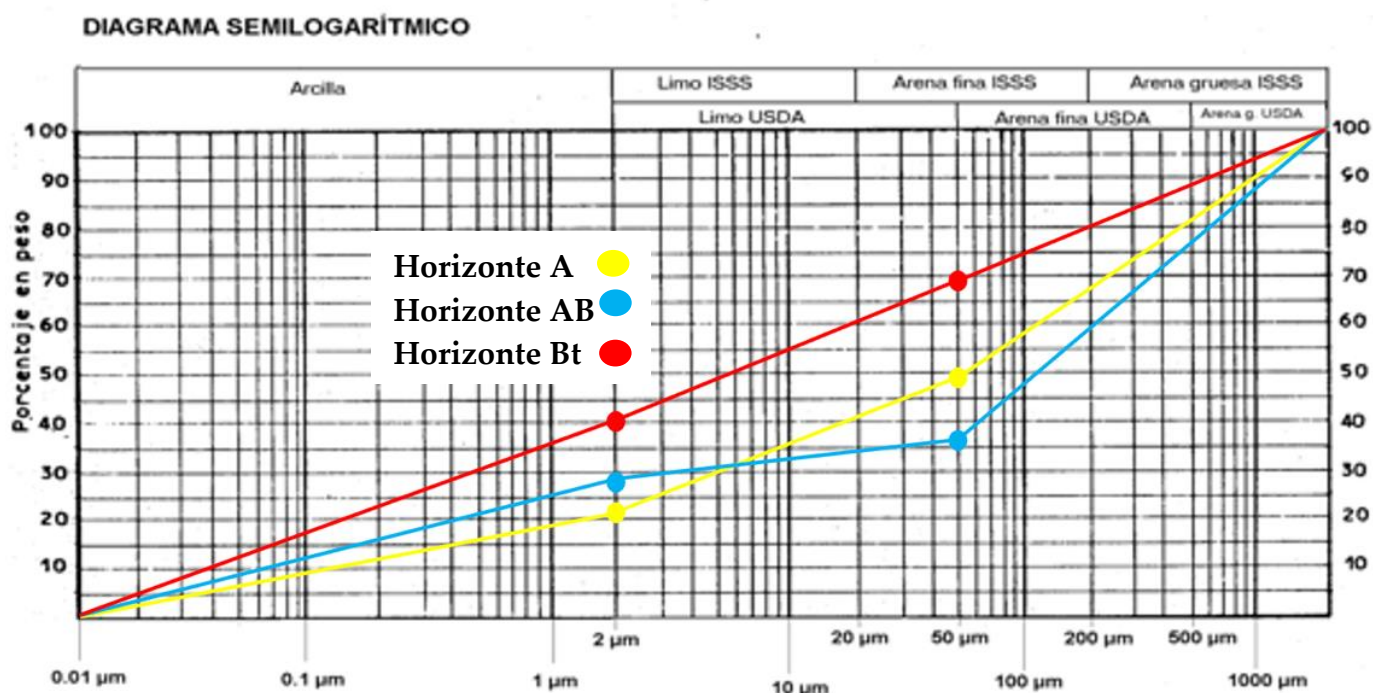
Tabla 45. Densidad aparente y porosidad del suelo. Fuente: elaboración propia.

d) Textura.

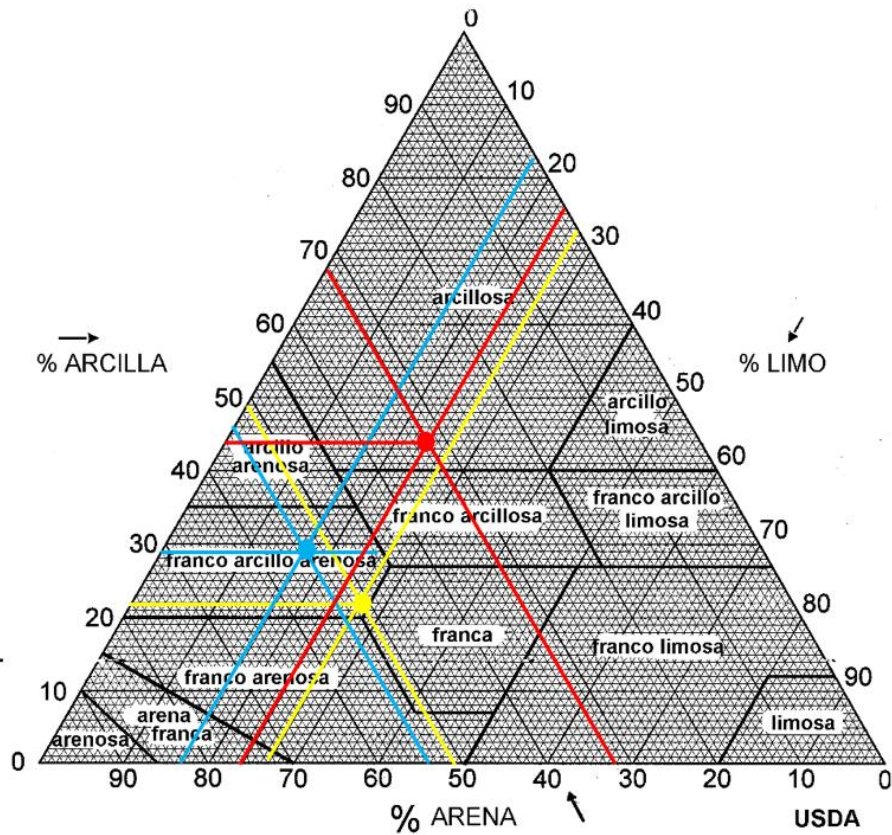
Fracciones texturales:

	Horizonte A	Horizonte AB	Horizonte Bt
%Arena	51	54	32
%Arcilla	22	29	44
%Limo	27	17	24

Tabla 46. Fracciones texturales según USDA. Fuente: elaboración propia.



Gráfica 18. Diagrama semilogarítmico de las fracciones texturales. Fuente: elaboración propia.



Gráfica 19. Diagrama triangular de la clase textural. Fuente: elaboración propia.

e) Estudio de la retención del agua.

- Estimación de la **Capacidad de Campo** (humedad a 0,33 bares):

Se calcula a partir de la textura:

$$CC \frac{(cm^3)}{(cm^3)} = 0,2576 - 0,0020 \times \%arena + 0,0036 \times arcilla + 0,0299 \times \%M.O.$$

	Horizonte A	Horizonte AB	Horizonte Bt
%Arena	51	54	32
%Arcilla	22	29	44
%MO	0,63	1,76	1,93
CC (cm³/ cm³)	0,254	0,306	0,410

Tabla 47. Estimación de la Capacidad de Campo. Fuente: elaboración propia.

- Estimación del **Punto de Marchitamiento permanente** (humedad a 15 bares):

Se calcula a partir de la textura:

$$PM \frac{(cm^3)}{(cm^3)} = 0,0260 + 0,005 \times \%arcilla + 0,0158 \times \%M.O.$$

	Horizonte A	Horizonte AB	Horizonte Bt
%Arcilla	22	29	44
%MO	0,63	1,76	1,93
PM (cm³/ cm³)	0,146	0,199	0,276

Tabla 48. Estimación del Punto de Marchitamiento. Fuente: elaboración propia.

- Estimación de la **Capacidad de Retención del Agua Disponible** (agua útil) del suelo:

Se calcula:

$$CRAD = CC - PM$$

	Horizonte A	Horizonte AB	Horizonte Bt
CC (cm ³ / cm ³)	0,254	0,306	0,410
PM (cm ³ / cm ³)	0,146	0,199	0,276
CRAD (cm³/ cm³)	0,108	0,107	0,134

Tabla 49. Estimación de la Capacidad de Retención del Agua Disponible. Fuente: elaboración propia.

3.2.2.2. Propiedades químicas.

- a) pH³⁷.

	Horizonte A	Horizonte AB	Horizonte Bt
pH	7,75	7,62	7,92

Tabla 50. pH de los distintos horizontes. Fuente: elaboración propia.

- b) Contenido de carbonatos.

	Horizonte A	Horizonte AB	Horizonte Bt
%CaCO₃	44	54	62

Tabla 51. Contenido de carbonatos de los distintos horizontes. Fuente: elaboración propia.

³⁷ Se estima en agua y a 25°C

c) Contenido de materia orgánica.

	Horizonte A	Horizonte AB	Horizonte Bt
%MO	0,63	1,76	1,93

Tabla 52. Contenido de materia orgánica de los distintos horizontes. Fuente: elaboración propia.

d) Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

$$CIC \left(\frac{cmolc}{kg} \right) = 0,663 \times \%Arc + 2,066 \times \%MO$$

	Horizonte A	Horizonte AB	Horizonte Bt
%Arcilla	22	29	44
%MO	0,63	1,76	1,93
CIC	15,9	22,9	33,2

Tabla 53. CIC de los distintos horizontes. Fuente: elaboración propia.

e) Conductividad eléctrica (CE) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI):

$$PSI = \frac{Na^+}{CIC} \times 100$$

	Horizonte A	Horizonte AB	Horizonte Bt
CE (dS/m)	1,32	1,05	0,28
Na ⁺ (%)	0,08	0,2	0,2
CIC	15,9	22,9	33,2
PSI (%)	0,5	0,87	0,6

Tabla 54. CE y PSI de los distintos horizontes. Fuente: elaboración propia.

f) Nutrientes en el suelo:

	Horizonte A	Horizonte AB	Horizonte Bt
%Nitrógeno	0,08	0,16	0,11
Fósforo (ppm)	9,13	10,64	15,3
Potasio (ppm)	124,3	78,3	89,9
Calcio (ppm)	6424,8	6893,8	4909,8
Magnesio (ppm)	61,2	45,4	75,3
Sodio (ppm)	18,4	39,1	34,5
Relación C/N	7,79	8,39	8,14

Tabla 55. Contenido de nutrientes de los distintos horizontes. Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Interpretación de los resultados.

El porcentaje de elementos gruesos no es elevado en ninguno de los horizontes. La actividad agrícola no estará limitada. La mayoría de los elementos gruesos del horizonte A se encuentran en superficie y, por lo tanto, ayudarán al control de la erosión del suelo y a evitar pérdidas de agua.

El contenido de humedad de los distintos horizontes es muy bajo y aumenta con la profundidad. Esto se debe principalmente a que la toma de muestras se realizó durante el comienzo del otoño. El horizonte A presenta una menor humedad debido a que está en contacto permanente con el sol y el aire.

Respecto a la compactación, cabe destacar que todos los valores de densidad aparente se encuentran en el límite de inicio de restricción para las raíces. Sin embargo, ningún horizonte alcanza valores que restrinjan el desarrollo radicular. La textura es franca en los dos primeros horizontes y arcillosa en el tercero. La CRAD es muy favorable (> 100 mm) en todos los horizontes, sobretodo en el horizonte Bt.

El pH es medianamente básico debido a su alto contenido en carbonato cálcico (CaCO_3). Estos niveles de basicidad pueden provocar la inmovilidad del magnesio, el boro, el cobre y el cinc. El contenido de materia orgánica es muy bajo en todos los horizontes y repercute perjudicialmente a otras características físico-químicas del suelo. Por otra parte, el contenido de carbonatos es muy alto. Se trata de un suelo calcáreo ni salino ($\text{CE} < 4 \text{ dS/m}$) ni sódico ($\text{PSI} < 15$). Sin embargo, al tratarse de una plantación en regadío, es necesario revisar las sales presentes en el agua de riego. La CIC es normal en el primer horizonte y alta en los dos siguientes. Elevada no quiere decir problemática ya que una mayor CIC aumenta la fertilidad. La relación C/N es correcta, hay una buena humificación de la materia orgánica. El contenido de N y P es bajo en el primer horizonte y normal en los siguientes. Al contrario, el de K es normal en el primero y bajo en los dos últimos. El nivel de Ca es muy alto en todo el suelo y el de magnesio medio-bajo.

3.3. Conclusión.

Se puede concluir con los resultados obtenidos que el suelo es apto para la futura puesta en marcha de la plantación de olivar. Sin embargo, ciertas condiciones pueden limitar el crecimiento del árbol. En primer lugar, respecto a las propiedades físicas, cabe destacar la presencia del horizonte Bt con alto contenido en arcillas que puede provocar una mala aireación para las raíces más profundas. Sin embargo, la parte superficial (0-40 cm) permitirá la retención del agua y nutrientes (20-30% de arcilla) sin presentar problemas. Con el objetivo de mantener una buena estructura y evitar que el horizonte Bt suponga un grave problema para el desarrollo del cultivo, será

necesario realizar enmiendas de materia orgánica. Sin embargo, el suelo parece bien drenado y aparentemente no presenta problemas de encharcamiento. Además, los datos de densidad aparente indican que las raíces van a poder desarrollarse en todos los horizontes. Respecto a las propiedades químicas, es necesario destacar el bajo contenido de materia orgánica, el pH básico que limitará la absorción de ciertos nutrientes como el magnesio, el boro, el cobre y el cinc. Será necesario realizar aportaciones de fertilizantes óptimas para que no se produzcan pérdidas ni toxicidades. Al tratarse de un suelo calcáreo, el nitrógeno se puede perder mediante la volatilización del amoníaco. Será necesario también vigilar una posible clorosis férrica derivada de la falta de hierro y magnesio.

4. BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS

ALMOROX ALONSO, Javier. *Climatología aplicada al medio ambiente y agricultura.* España: Ed. Universidad Politécnica de Madrid (2003).

BARRANCO et al. *El cultivo del olivo.* Madrid: Ediciones Mundi-Prensa (2017).

GARCÍA ZAMORANO et al. *Suelo, Riego, Nutrición y Medio Ambiente del Olivar.* Ed. Junta de Andalucía. (2010).

IBAR ALBIÑANA, Leandro. *Guía completa del olivo.* USA: Ed. de vecchi (2018).

WEB

Sistema de información Agroclimática y de Regadíos. MAPAMA. Recuperado de:
<https://eportal.mapa.gob.es//websiar/Inicio.aspx>

ANEJO II. ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	- 4 -
2.	ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO.....	- 5 -
2.1.	TOMA DE MUESTRAS.....	- 5 -
2.2.	RESULTADOS ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO.....	- 5 -
2.3.	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	- 6 -
2.3.1.	Verificación de los análisis.....	- 6 -
2.3.2.	Valores normales para el agua de riego.....	- 6 -
2.3.3.	Índices de primer grado.....	- 7 -
2.3.3.2.	Conductividad eléctrica (CE).....	- 7 -
2.3.3.3.	Contenido total de sales (ST).....	- 8 -
2.3.3.4.	Riesgo por toxicidad específica de iones.....	- 8 -
2.3.4.	Índices de segundo grado.....	- 8 -
2.3.4.1.	Relación de Adsorción del Sodio (RAS).....	- 8 -
2.3.4.2.	Relación de Adsorción del Sodio ajustada (RAS ^o).....	- 9 -
2.3.4.3.	Evaluación de la permeabilidad.....	- 11 -
2.3.4.4.	Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI).....	- 12 -
2.3.4.5.	Calidad del agua de riego. Norma Reverside.....	- 12 -
2.3.4.6.	Dureza del agua.....	- 13 -
2.3.4.7.	Carbonato sódico residual (C.S.R). Índice de Eaton.....	- 14 -
2.3.4.8.	Coficiente alcalimétrico. Índice de Scott.....	- 14 -
2.3.4.9.	Relación de calcio (Índice de Kelly).....	- 15 -
3.	CONCLUSIÓN.....	- 16 -
4.	BIBLIOGRAFÍA.....	- 17 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Resultados de los análisis del agua de riego.....	- 5 -
Tabla 2.	Resultados de conductividad eléctrica y pH.....	- 5 -
Tabla 3.	Valores normales de CE y TSS.....	- 6 -
Tabla 4.	Valores normales de Cationes, Aniones, pH y RAS.....	- 7 -
Tabla 5.	Valores normales de conductividad eléctrica a 25°C en el agua de riego.....	- 7 -
Tabla 6.	Calidad del agua respecto al contenido total de sales (ST).....	- 8 -
Tabla 7.	Riesgo de toxicidad específica.....	- 8 -
Tabla 8.	Clasificación de la toxicidad según el valor de RAS ajustado.....	- 9 -
Tabla 9.	Ca* corregido en función de la conductividad eléctrica del agua de riego y de la relación entre bicarbonatos y calcio.....	- 10 -
Tabla 10.	Clasificación del agua de riego según su dureza.....	- 14 -
Tabla 11.	Clasificación del agua de riego según C.S.R.....	- 14 -
Tabla 12.	Calidad del agua de riego según los valores de K.....	- 15 -
Tabla 13.	Calidad del agua de riego según el índice de Kelly.....	- 15 -

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Acuíferos de Caravaca de la Cruz.....	- 4 -
Gráfica 2.	Evaluación de la permeabilidad a partir de la RAS y la CE.....	- 11 -

Gráfica 3. Relación de absorción de sodio (RAS) y PSI.....- 12 -
Gráfica 4. Clasificación agua de riego según Normas Reverside.....- 13 -

2. ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO

El análisis del agua de riego tiene tres pasos: 1) la toma de muestras; 2) el análisis; 3) la interpretación de los resultados.

2.1. Toma de muestras.

La toma de las muestras del agua de riego se realiza en el momento más desfavorable que es el final del verano. Se recoge en una botella de vidrio con capacidad de medio litro y se lleva a analizar al laboratorio el mismo día con el objetivo de que pase el menor tiempo posible entre la toma y el análisis para evitar alteraciones en la composición.

2.2. Resultados análisis del agua de riego.

Los resultados obtenidos en el laboratorio de la muestra enviada son:

PARÁMETRO	(mg/L)	(meq/L)
Calcio	114,4	5,71
Magnesio	34,7	2,85
Sodio	39,8	1,73
Potasio	0,33	0,08
Sulfatos	177,4	3,69
Carbonatos	0,0	0,00
Cloruros	16,1	0,45
Bicarbonatos	285,5	4,67
Nitratos	18,2	0,29
Amonio	< 0,1	-
Fosfatos	0,08	0,003
Arsénico	< 0,002	-
Cadmio	< 0,001	-
Plomo	< 0,002	-
Mercurio	< 0,0002	-

Tabla 1. Resultados de los análisis del agua de riego. Fuente: elaboración propia.

PARÁMETRO	
Conductividad eléctrica ¹ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	814,0
pH	7,1
Índice de Langelier	-10,5

Tabla 2. Resultados de conductividad eléctrica y pH. Fuente: elaboración propia.

¹ Conductividad eléctrica a 20° C.

2.3. Interpretación de los resultados.

2.3.1. Verificación de los análisis.

El primer paso de la interpretación de los resultados es verificar si el análisis es correcto. La suma de los aniones debe ser igual a la suma de los cationes con una tolerancia de $\pm 20\%$.

$$\sum \text{aniones} = \sum \text{cationes}$$

- $\sum \text{aniones} = \text{Carbonatos} + \text{Bicarbonato} + \text{Cloruros} + \text{Sulfatos} + \text{Nitratos} + \text{Fosfatos} = 9,1 \text{ meq/L}$
- $\sum \text{cationes} = \text{Calcio} + \text{Magnesio} + \text{Sodio} + \text{Potasio} + \text{Amonio} = 9,94 \text{ meq/L}$

La diferencia entre la suma de cationes y aniones es un 9 % y los resultados, por lo tanto, son válidos.

Por otra parte, para comprobar la exactitud del análisis, se calcula el cociente entre la conductividad eléctrica y la suma de cationes. Para que sea correcto, el resultado debe estar comprendido entre 80 y 110.

$$80 < \frac{CE (\mu\text{S/cm})}{\sum \text{cationes} (\frac{\text{meq}}{\text{L}})} < 110$$

$$\frac{814}{9,94} = 82$$

Los resultados son válidos, 81 se encuentra entre los límites establecidos.

2.3.2. Valores normales para el agua de riego.

Contenido en sales	
Conductividad Eléctrica (C.E.)	0-3 dS/m
Total Sólidos en Suspensión (TSS)	0- 2 g/L

Tabla 3. Valores normales de CE y TSS. Fuente: FAO (2000).

Cationes y Aniones		
Calcio (Ca^{2+})	0-20 meq/L	0-400 mg/L
Magnesio (Mg^{2+})	0-5 meq/L	0-60 mg/L
Sodio (Na^+)	0-40 meq/L	0-920 mg/L
Potasio	0-0,05 meq/L	0-20 mg/L

Cloruros (Cl ⁻)	0-30 meq/L	0-1065 mg/L
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	0-20 meq/L	0-960 mg/L
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	0-10 meq/L	0-610 mg/L
Carbonatos (CO ₃ ²⁻)	0-0,1 meq/L	0-3 mg/L
Nitrógeno (NO ₃ ⁻)	0-10 mg/L	
Nitrógeno (NH ₄ ⁺)	0-5 mg/L	
Fosfato PO ₄ ³⁻	0-2 mg/L	
Boro	0-2 mg/L	
pH	6 – 8,5	
RAS	0-15	

Tabla 4. Valores normales de Cationes, Aniones, pH y RAS. Fuente: FAO (2000).

Los resultados de los análisis se encuentran dentro de los valores normales para agua de riego según las tablas 3 y 4 a excepción del nitrato. Se trata de un agua contaminado por nitratos.

2.3.3. Índices de primer grado.

2.3.3.1. pH.

El pH de un análisis tiene que estar entre el intervalo 7-8. Con estos valores, el agua se considera normal.

$$7 < 7,1 < 8$$

Por lo tanto, el pH no supondrá un problema.

2.3.3.2. Conductividad eléctrica (CE).

Según la FAO, los valores normales de conductividad eléctrica para agua de riego son:

CE (dS/m)	BAJO	MEDIO	ALTO
	< 0,75	0,8-3,0	>3

Tabla 5. Valores normales de conductividad eléctrica a 25°C en el agua de riego. Fuente: SIAM.

En nuestro caso, la conductividad eléctrica es 0,814 dS/m, por lo tanto, presenta un **valor medio** (tabla 5).

2.3.3.3. Contenido total de sales (ST).

El contenido total de sales está relacionado con la conductividad eléctrica de la muestra mediante la siguiente expresión:

$$ST = CE * k$$

Siendo:

- S.T: contenido total de sales (g/L).
- CE: conductividad eléctrica (dS/m) a 25 °C.
- K: constante de proporcionalidad que equivale a 0,64.

$$ST \left(\frac{g}{L} \right) = 0,814 * 0,64 = 0,53$$

Calidad agua	BUENA	MEDIA	BAJA
g/L	<0,77	0,77-2,24	>2,24

Tabla 6. Calidad del agua respecto al contenido total de sales (ST). Fuente: SIAM.

El agua de riego es de buena calidad (tabla 6).

2.3.3.4. Riesgo por toxicidad específica de iones.

Se evalúa por la presencia y concentración de iones fitotóxicos disueltos en el agua, y que una vez en el suelo representan un grave riesgo para la planta.

Iones (g/L)	Bajo	Medio	Alto
Cloruro	< 0,3	0,3-0,7	>0,7
Sulfato	< 1	1-1,5	>1,5
Sodio	< 0,6	0,2-0,6	>0,6

Tabla 7. Riesgo de toxicidad específica. Fuente: SIAM.

En nuestro caso,

- Cloruro = 16,1 mg/L = 0,0161 g/L = **RIESGO BAJO** (tabla 7).
- Sulfato = 177,4 mg/L = 0,1774 g/L = **RIESGO BAJO** (tabla 7).
- Sodio = 39,8 mg/L = 0,0398 g/L = **RIESGO BAJO** (tabla 7).

Por lo tanto, no hay riesgo de toxicidad específica.

2.3.4. Índices de segundo grado.

2.3.4.1. Relación de Adsorción del Sodio (RAS).

Se refiere a la proporción relativa en que se encuentran el ión sodio y los iones calcio y magnesio, expresada su concentración en meq/L. Se trata de un

parámetro que mide el poder de degradación de la estructura del suelo por su contenido en sodio. La permeabilidad desciende conforme el índice aumenta.

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} = \frac{1,73}{\sqrt{\frac{5,71 + 2,85}{2}}} = 0,83$$

Por lo tanto, si el valor de SAR es inferior a 10, el agua se considera “no alcalinizante” y se puede usar en la mayoría de lo suelos.

2.3.4.2. Relación de Adsorción del Sodio ajustada (RAS^o).

El RAS considera los problemas de infiltración como el resultado de un exceso de sodio en relación con el calcio y magnesio. Sin embargo, no tiene en cuenta los posibles cambios del contenido de calcio en el agua del suelo que resultan debido a su precipitación o disolución durante el riego. La RAS ajustada permite predecir mejor los peligros asociados a la capacidad de infiltración del terreno debido a la calidad del agua de riego. La concentración de calcio depende tanto de su contenido en el agua de riego como de su concentración en el suelo y su disolución o precipitación. Por lo tanto, está influenciada por el contenido de bicarbonatos y dióxido de carbono disueltos. Los efectos de estos valores se reflejan en Ca*.

$$RAS^o = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca * + Mg}{2}}}$$

El valor de Ca* está corregido en función de la salinidad del agua de riego, es decir, la conductividad eléctrica y su relación con los bicarbonatos. Los valores de Ca* se recogen en la tabla 6.

RAS ^o	Clasificación
< 3	Sin problemas
3-9	Problemas crecientes
>9	Problemas graves

Tabla 8. Clasificación de la toxicidad según el valor de RAS ajustado. Fuente: SIAM.

HCO ₃ /Ca meq/l	SALINIDAD DEL AGUA DE RIEGO dS/m											
	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0
0.05	13.20	13.61	13.91	14.40	14.79	15.26	15.91	16.43	17.28	17.97	19.07	19.94
0.10	8.31	8.57	8.77	9.07	9.31	9.62	10.02	10.35	10.89	11.32	12.01	12.56
0.15	6.34	6.54	6.69	6.92	7.11	7.34	7.65	7.90	8.31	8.64	9.17	9.58
0.20	5.24	5.40	5.52	5.71	5.87	6.06	6.31	6.52	6.86	7.13	7.57	7.91
0.25	4.51	4.56	4.76	4.92	5.06	5.22	5.44	5.62	5.91	6.15	6.52	6.82
0.30	4.00	4.12	4.21	4.36	4.48	4.62	4.82	4.98	5.24	5.44	5.77	6.04
0.35	3.61	3.72	3.80	3.94	4.04	4.17	4.35	4.49	4.72	4.91	5.21	5.45
0.40	3.30	3.40	3.48	3.60	3.70	3.82	3.98	4.11	4.32	4.49	4.77	4.98
0.45	3.05	3.14	3.22	3.33	3.42	3.53	3.68	3.80	4.00	4.15	4.41	4.61
0.50	2.84	2.93	3.00	3.10	3.19	3.29	3.43	3.54	3.72	3.87	4.11	4.30
0.75	2.17	2.24	2.29	2.37	2.34	2.51	2.62	2.70	2.84	2.95	3.14	3.28
1.00	1.79	1.85	1.89	1.96	2.01	2.09	2.16	2.23	2.35	2.44	2.59	2.71
1.25	1.54	1.59	1.63	1.68	1.73	1.78	1.86	1.92	2.02	2.10	2.23	2.33
1.50	1.37	1.41	1.44	1.49	1.53	1.58	1.65	1.70	1.79	1.86	1.97	2.07
1.75	1.23	1.27	1.30	1.35	1.38	1.43	1.49	1.54	1.62	1.68	1.78	1.86
2.00	1.13	1.16	1.19	1.23	1.26	1.31	1.36	1.40	1.48	1.54	1.63	1.70
2.25	1.04	1.08	1.10	1.14	1.17	1.21	1.26	1.30	1.37	1.42	1.51	1.58
2.50	0.97	1.00	1.02	1.06	1.09	1.12	1.17	1.21	1.27	1.32	1.40	1.47
3.00	0.85	0.89	0.91	0.94	0.96	1.00	1.04	1.07	1.13	1.17	1.24	1.30
3.50	0.78	0.80	0.82	0.85	0.87	0.90	0.94	0.97	1.02	1.06	1.12	1.17
4.00	0.71	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82	0.86	0.88	0.93	0.97	1.02	1.07
4.50	0.66	0.68	0.69	0.72	0.74	0.76	0.79	0.82	0.86	0.90	0.95	0.99
5.00	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.74	0.76	0.80	0.83	0.88	0.93
7.00	0.49	0.50	0.52	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.64	0.67	0.71	0.74
10.00	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.45	0.47	0.48	0.51	0.53	0.56	0.58
20.00	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37

Tabla 9. Ca* corregido en función de la conductividad eléctrica del agua de riego y de la relación entre bicarbonatos y calcio. Fuente: SIAM.

- CE = 0,814 dS/m
- HCO₃/Ca = 4,67/5,71 = 0,82
- Ca* = 2,30 (interpolación lineal)

Por lo tanto:

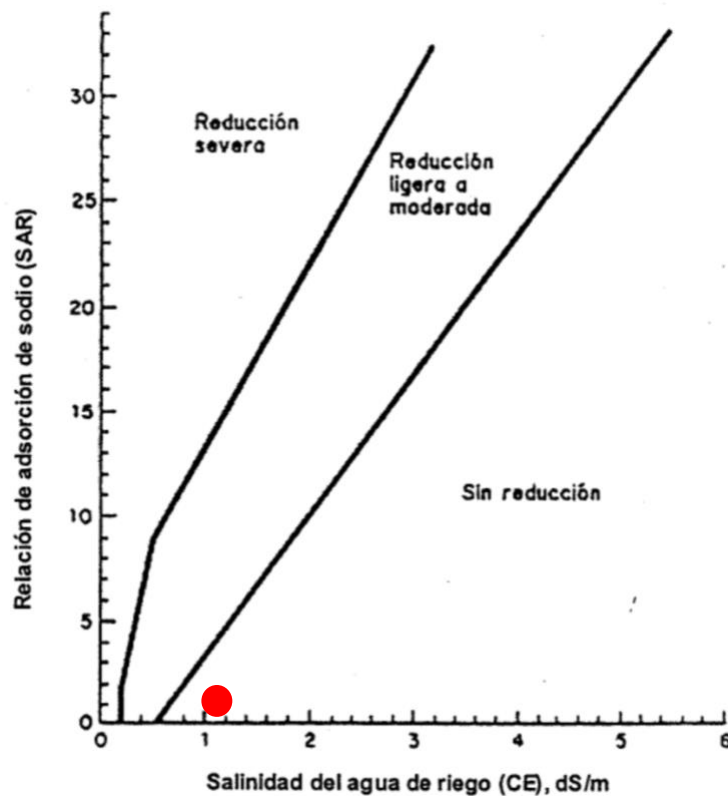
$$RAS^{\circ} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca^* + Mg}{2}}} = \frac{1,73}{\sqrt{\frac{2,30 + 2,85}{2}}} = 1,08$$

El riesgo de sodificación de esta agua de riego es baja y su empleo no generará problemas (tabla 8).

2.3.4.3. Evaluación de la permeabilidad.

Si la permeabilidad del suelo no es adecuada pueden producirse encharcamiento y problemas derivados de él. Se evalúa a partir de la conductividad eléctrica y el RAS mediante la siguiente gráfica:

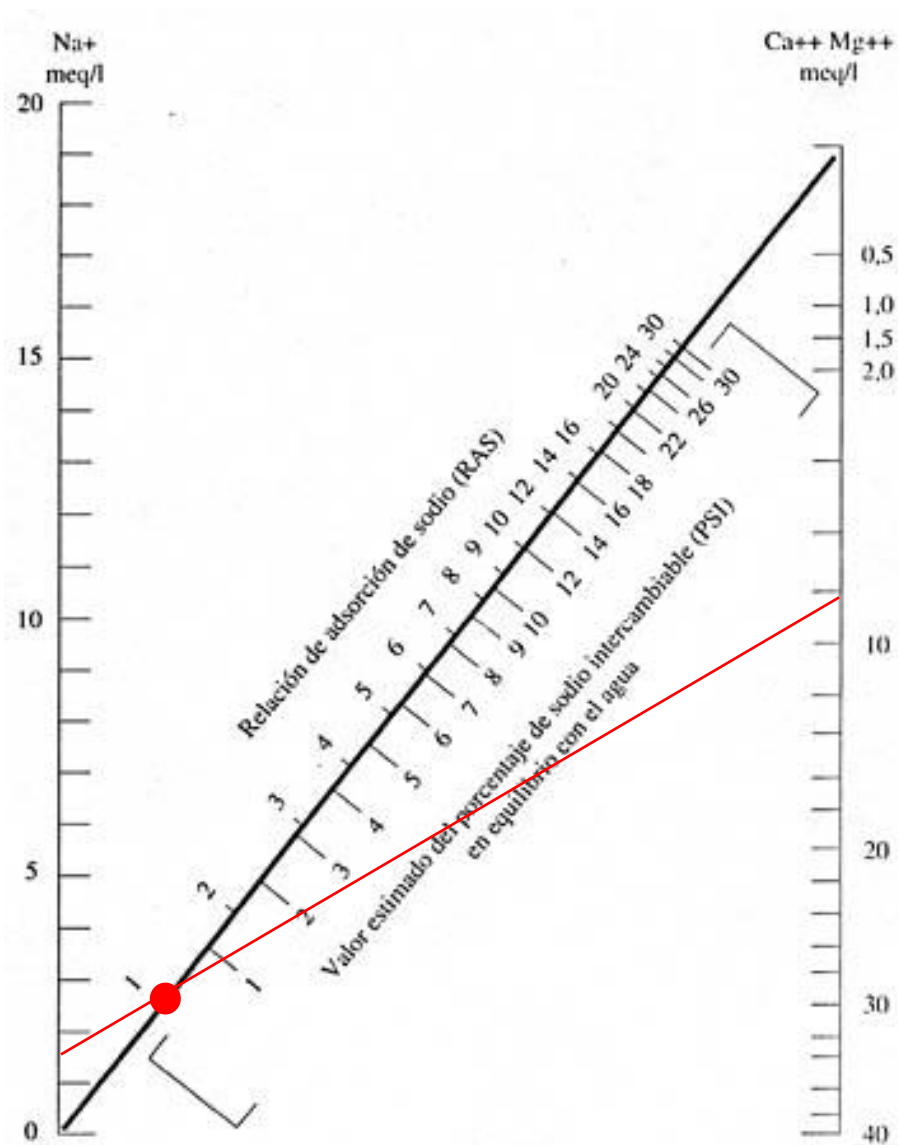
- $CE = 0,814 \text{ dS/m}$
- $RAS = 1,08$



Gráfica 2. Evaluación de la permeabilidad a partir de la RAS y la CE. Fuente: SIAM.

La permeabilidad no se reducirá (gráfica 2) con el agua de riego.

2.3.4.4. Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI).

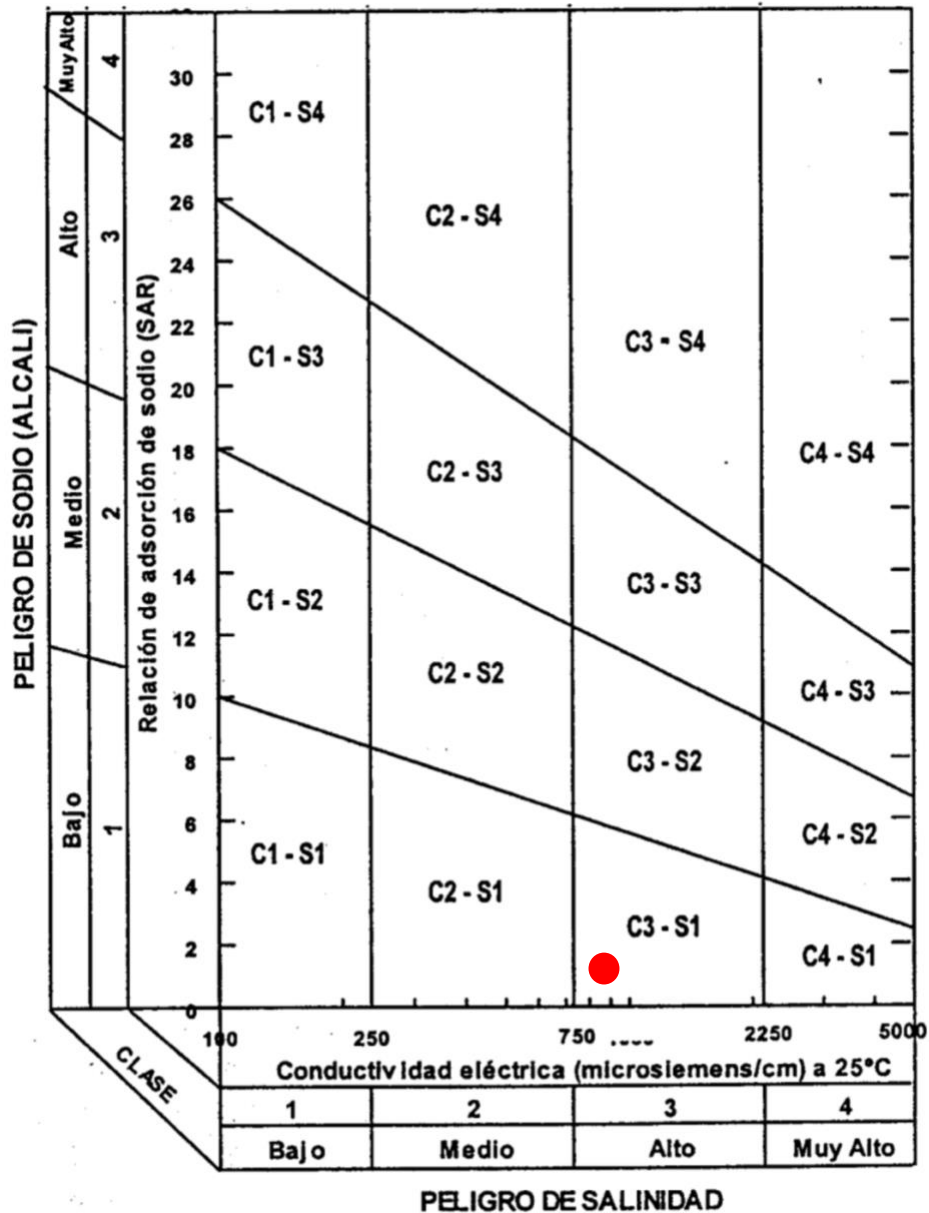


El porcentaje de sodio intercambiable es aproximadamente un 0,7% (gráfica 3).

2.3.4.5. Calidad del agua de riego. Norma Riverside.

La norma Riverside evalúa la calidad de las aguas de riego mediante la conductividad eléctrica (CE) a 25°C y la relación de adsorción de sodio (RAS).

- CE = 814 μ S/cm
- RAS = 1,08



Gráfica 4. Clasificación agua de riego según Normas Riverside. Fuente: SIAM.

La clasificación del agua de riego de la plantación es C3-S1, es decir, presenta alto peligro de salinidad y baja alcalinidad (gráfica 4).

2.3.4.6. Dureza del agua.

El grado de dureza se refiere al contenido en calcio de las aguas. Se expresa en grados hidrotimétricos franceses (G.H.F).

$$G.H.F = \frac{\text{Calcio} \left(\frac{mg}{L}\right) * 2,5 + \text{Magnesio} \left(\frac{mg}{L}\right) * 4,12}{10}$$

Tipo de agua	G.H.F. (°F)
Muy dulce	< 7
Dulce	7-14
Medianamente dulce	14-22
Medianamente dura	22-32
Dura	32-54
Muy dura	>54

Tabla 10. Clasificación del agua de riego según su dureza. Fuente: SIAM.

En este caso:

$$G.H.F = \frac{114,4 * 2,5 + 34,7 * 4,12}{10} = 42,9$$

Se trata de un **agua dura** (tabla 10).

2.3.4.7. Carbonato sódico residual (C.S.R). Índice de Eaton.

Se trata de un índice que mide la acción degradante del agua. Las concentraciones de los diferentes iones se expresan en meq/L.

$$C.S.R = ([CO_3^{2-}] + [CO_3H^-]) - ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])$$

	C.S.R (meq/L)
Recomendable	< 1,25
Poco recomendable	1,25-2,50
No recomendable	>2,50

Tabla 11. Clasificación del agua de riego según C.S.R. Fuente: SIAM.

$$C.S.R = (0 + 4,67) - (5,71 + 2,85) = -3,89$$

Según este índice, el agua de riego es **recomendable** (tabla 11) y el carbonato sódico residual no supondrá un problema.

2.3.4.8. Coeficiente alcalimétrico. Índice de Scott.

Este índice valora la calidad agronómica de un agua en función de las concentraciones de ion cloruro, sulfato y sodio. Es decir, el coeficiente K evalúa la toxicidad que pueden producir las concentraciones de los iones cloruro y sulfato, aportadas con el agua de riego y que permanecen en el suelo tras formar cloruro y sulfato de sodio respectivamente. El cálculo de este índice se basa, por tanto, en los tres siguientes axiomas:

- I. Si $[Na^+] - 0,65 * [Cl^-] \leq 0$ (valor negativo), entonces:

$$K_1 \text{ (mg/L)} = 2040 / [Cl^-].$$

II. Si $[Na^+] - 0,65 * [Cl^-] > 0$ (valor positivo) pero $< 0,48 * [SO_3^{2-}]$, entonces:

$$K_2 \text{ (mg/L)} = 6620 / ([Na^+] + 2,6 * [Cl^-]).$$

III. Si $([Na^+] - 0,65 * [Cl^-]) - (0,48 * [SO_3^{2-}]) \geq 0$ (valor positivo), entonces:

$$K_3 \text{ (mg/L)} = 662 / ([Na^+] - 0,32 * [Cl^-] - 0,43 * [SO_3^{2-}]).$$

Valor de K (K1, K2 y K3)	Calidad del agua
>18	Buena
6-18	Tolerable
1,2-6	Mediocre
<1,2	Mala

Tabla 12. Calidad del agua de riego según los valores de K. Fuente: SIAM.

En este caso:

- $[Na^+] - 0,65 * [Cl^-] = 39,8 - 0,65 * 16,1 = 29,34$ (valor positivo)
- $0,48 * [SO_3^{2-}] = 177,4 * 0,43 = 85,15$
- $29,34 < 85,15$, por lo tanto, el agua de riego se encuentra en el caso número II.

$$K_2 \text{ (mg/L)} = 6620 / ([Na^+] + 2,6 * [Cl^-]) = 6620 / (39,8 + 2,6 * 16,1) = 81 \text{ mg/L}$$

El agua es de buena calidad y no es necesario tomar precauciones (tabla 12).

2.3.4.9. Relación de calcio (Índice de Kelly).

Se utiliza para determinar el riesgo de alcalinización. El índice de Kelly valora la calidad del agua en función del tanto por ciento de calcio sobre el total de cationes expresado en porcentajes.

$$IK = \frac{Ca}{Ca + Mg + Na} * 100$$

Calidad del agua	Índice de Kelly
Mala	< 35%
Dudosa	35%
Buena	>35%

Tabla 13. Calidad del agua de riego según el índice de Kelly. Fuente: SIAM.

En este caso,

- Ca (meq/L) = 5,71
- Mg (meq/L) = 2,85
- Na (meq/L) = 1,73

$$IK = \frac{5,71}{5,71+2,83+1,73} * 100 = 55,6\%$$

El agua es de buena calidad respecto al índice de Kelly (tabla 13).

3. CONCLUSIÓN.

En general, se trata de un agua apta para riego. Es necesario destacar su contaminación por exceso de nitratos. El pH es correcto, la CE no supera en ningún caso el umbral de peligrosidad y tanto el contenido total de sales como el riesgo de sodificación es bajo. La permeabilidad no se verá reducida, sin embargo, debido al alto contenido en arcillas del horizonte Bt será necesario vigilar y hacer controles periódicos sobre el drenaje del suelo respecto a la CE y el RAS del agua.

Según las normas Reverside, el riesgo de salinidad es alto y el de sodificación bajo. La precipitación de la zona de estudio es baja (414 mm). Lo que indica que habrá años en los que las precipitaciones no serán suficientes para lavar las sales del suelo, aunque no sean excesivamente elevadas. El problema de salinidad de irá acentuando a medida que vayan pasando los años. El olivo es medianamente tolerante a la salinidad. Sin embargo, hay ciertas variedades que son más tolerantes (Arbequina, Picual y Lechín de Sevilla) que otras. La productividad del olivo parece verse reducida en un 10% cuando la CE extracto saturado se encuentra entre 4 y 6 dS/m, siendo el primer valor para variedades menos tolerantes y el segundo para variedades más tolerantes. Se cuantifica en una reducción relativa del rendimiento entre 7,7 y 5,5 % por cada unidad dS/m de aumento de CE del extracto saturado.

Se trata de un agua dura, por lo que es recomendable vigilar la precipitación de sales en los goteros. El carbonato sódico residual no supondrá un problema, no hay toxicidades derivadas por los iones cloruro, sulfato y sodio, y la relación de Calcio es óptima.

4. BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS

BARRANCO et al. *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa (2017).

GARCÍA ZAMORANO et al. *Suelo, Riego, Nutrición y Medio Ambiente del Olivar*. Ed. Junta de Andalucía. (2010).

IBAR ALBIÑANA, Leandro. *Guía completa del olivo*. USA: Ed. de vecchi (2018).

**ANEJO III. ESTUDIO DEL
SECTOR DEL OLIVAR.**

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	- 4 -
2.	DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL OLIVAR.....	- 4 -
2.1.	A NIVEL MUNDIAL.....	- 4 -
2.2.	A NIVEL EUROPEO.	- 5 -
2.3.	EL OLIVO EN ESPAÑA.....	- 6 -
2.4.	EL OLIVO EN LA REGIÓN DE MURCIA.....	- 11 -
3.	ACEITE DE OLIVA.....	- 12 -
4.	ACEITUNA DE MESA.	- 16 -
5.	FUTURO DEL SECTOR.....	- 16 -
6.	ECONOMÍA DEL ACEITE DE OLIVA.	- 16 -
6.1.	EL MERCADO DEL ACEITE DE OLIVA.	- 16 -
6.1.1.	<i>Sector del olivo en la Unión Europea. Normativa PAC.</i>	- 17 -
6.1.2.	<i>La oferta del aceite de oliva.</i>	- 17 -
6.1.3.	<i>La demanda del aceite de oliva.</i>	- 20 -
6.2.	ESTUDIO ECONÓMICO DEL OLIVAR.....	- 20 -
7.	VARIEDADES LOCALES.....	- 22 -
8.	DENOMINACIÓN DE ORIGEN.	- 23 -
9.	BIBLIOGRAFÍA.	- 24 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Superficie de olivar en España en 2018. Fuente: MAPA, Anuarios de Estadística..	- 6 -
Tabla 2.	Rendimiento del olivar en España en 2018. Fuente: MAPA, Anuarios de Estadística.....	- 6 -
Tabla 3.	Superficie de olivar en España. Fuente: elaboración propia con datos MAPA.	- 8 -
Tabla 4.	Superficie de olivar en la región de Murcia. Fuente: elaboración propia.	- 11 -

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Distribución del cultivo del olivo por países. Fuente: elaboración propia.....	- 5 -
Gráfica 2.	Plantaciones de olivo en la cuenca mediterránea. Fuente: FAO.	- 5 -
Gráfica 3.	Distribución de la producción de olivar en 2018. Fuente: elaboración propia. .	- 6 -
Gráfica 4.	Evolución del rendimiento de la superficie en producción. Fuente: elaboración propia.	- 7 -
Gráfica 5.	Zonas oleicas de España. Fuente: MAPA.	- 8 -
Gráfica 6.	Superficie del olivar en España por CCAA. Fuente: elaboración propia.	- 9 -
Gráfica 7.	Evolución del regadío en España. Fuente: elaboración propia.	- 10 -
Gráfica 8.	Superficie de regadío y secano. Fuente: elaboración propia.	- 10 -
Gráfica 9.	Evolución del rendimiento en la región de Murcia. Fuente: elaboración propia.	- 11 -

Gráfica 10. Principales zonas olivareras de la región de Murcia. Fuente: Portal CARM. .-	12 -
Gráfica 11. Países productores de aceite de oliva en 2013. Fuente: FAO.....-	13 -
Gráfica 12. Productores de aceite de oliva en la UE en 2013. Fuente: FAO.....-	13 -
Gráfica 13. Exportaciones de España. Fuente: FAO.....-	14 -
Gráfica 14. Distribución de la producción de aceite de oliva en la campaña 2017/18 en España. Fuente: elaboración propia.-	15 -
Gráfica 15. Distribución de la producción de aceite de oliva en la campaña 2017/18 en la región de Murcia. Fuente: elaboración propia.-	15 -
Gráfica 16. Evolución de los precios de la tierra de olivar y de labor a lo largo de los últimos 30 años. Fuente: elaboración propia.-	18 -
Gráfica 17. Evolución de los precios del aceite de oliva (€/100 kg). Fuente: elaboración propia.-	19 -
Gráfica 19. Variedades de olivo dominantes en España. Fuente: MAPA.....-	22 -
Gráfica 20. Denominaciones de origen protegidas en España. Fuente: MAPA.....-	23 -

1. INTRODUCCIÓN.

El objetivo de este anejo es estudiar el sector del olivo desde dos perspectivas: una visión más general de la olivicultura en el mundo y en Europa, y otro punto de vista más concreto de España y la región de Murcia. A partir de la bibliografía consultada, se realiza una actual aproximación de la distribución de la producción del olivar, los productos obtenidos, el comercio, el consumo, los precios, las denominaciones de origen y las variedades comerciales.

2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL OLIVAR.

2.1. A nivel mundial.

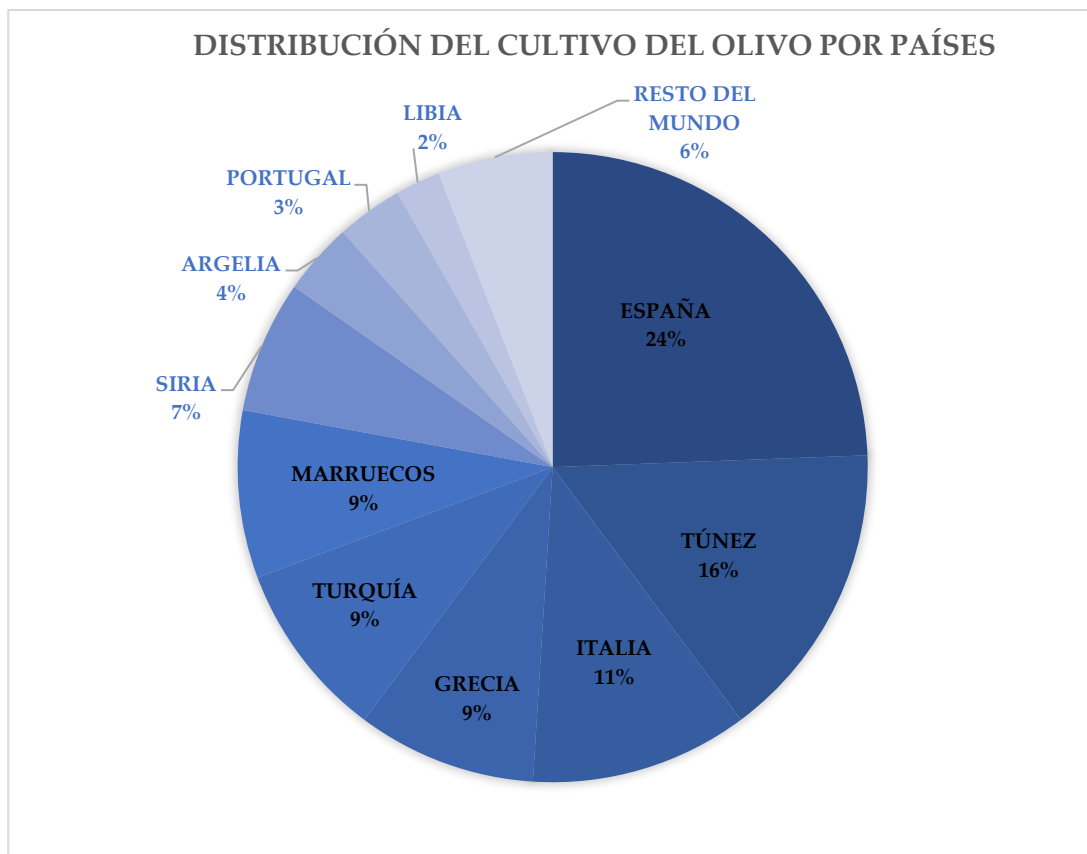
Los productos derivados del cultivo del olivo forman parte de la alimentación básica de los pueblos instalados alrededor de la cuenca mediterránea (Europa, norte de África y Asia). El olivo es originario de la zona costera de la actual Siria y se expandió, gracias a los romanos, por toda la zona costera del mar Mediterráneo. En España, fueron principalmente los árabes los que estimularon su cultivo. A partir del descubrimiento de América, el olivo se extendió por todo el mundo: México, Perú, Chile, Argentina (s. XVI), EEUU (s. XVII), Australia, China y Brasil (s. XX)¹.

El olivo está presente en más de 40 países y ocupaba en 2019 un total de 11,5 millones de ha en todo el mundo². El 97,9% de esta superficie se concentra en los países mediterráneos: España, Italia, Grecia, Turquía, Siria, Libia, Túnez, Argelia y Marruecos (gráfica 2). La mayoría se cultivan en condiciones extensivas de secano (150 olivos/ha) y escasa mecanización³.

¹ BARRANCO et al. *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa (2017). p. 5.

² *Ibid.*, p. 4.

³ *Ibid.*, p. 4.



Gráfica 1. Distribución del cultivo del olivo por países. Fuente: elaboración propia.

Los países con mayor superficie de olivar son España (2.515.800 ha.), Túnez (1.588.620 ha.), Italia (1.156.784 ha.) y Grecia (1.156.784 ha.)⁴. La producción global es de 16 millones de toneladas de aceituna, el 90% se destinan a aceite y el 10% a aceite de mesa.

2.2. A nivel europeo.

La mitad de la superficie total de olivar en el mundo se encuentra en la Unión Europea. Hay cuatro países principalmente productores: España (50,5% de la superficie de la UE), Italia (22,6%), Grecia (18,8%) y Portugal (7,1%). A un nivel menor se encuentran Francia, Croacia, Chipre y Eslovenia. España (50,6%) lidera en producción de aceite



Gráfica 2. Plantaciones de olivo en la cuenca mediterránea. Fuente: FAO.

de oliva por delante de Italia (23,5%) y Grecia (17,9%). Respecto, a la producción

⁴ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 5.

de aceituna de mesa, España se mantiene en primera posición (52,5 %) y Grecia (34%) supera a Italia (10,5%)⁵.

2.3. El olivo en España.

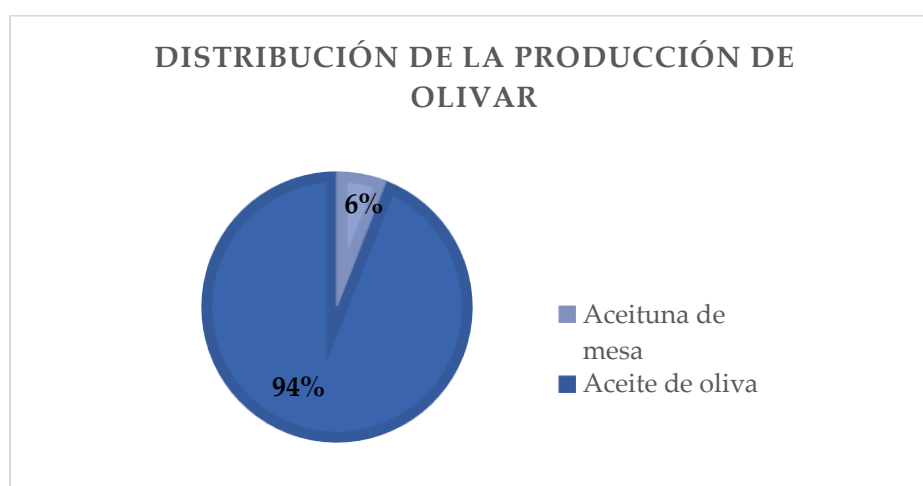
España es el país con mayor superficie de olivo, consecuentemente es el mayor productor de aceite de oliva y de aceituna de mesa del mundo. Todas las regiones son productoras excepto Asturias y Cantabria⁶. Según las estadísticas del Ministerio de Agricultura en 2018 había un total de 2.579.001 ha, el 77% corresponde a secano y el 23% a regadío (tabla 1). El 94% se destina a almazara y el 6% a aceituna de mesa⁷ (tabla 2).

Cultivo	Superficie en plantación regular (hectáreas)				
	Total			En producción	
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío
Olivar de aceituna de mesa	131.099	34.881	165.980	129.175	33.663
Olivar de aceituna de almazara	1.872.778	540.243	2.413.021	1.776.807	503.478
Olivar total	2.003.877	575.124	2.579.001	1.905.982	537.141

Tabla 1. Superficie de olivar en España en 2018. Fuente: MAPA, Anuarios de Estadística.

Cultivo	Rendimiento			Producción total de aceituna (toneladas)	Destino de la producción (toneladas)	
	De la superficie en producción (kg/ha)		De árboles diseminados (kg/árbol)		Aceituna para aderezo (destino mesa)	Aceituna para almazara (destino aceite)
	Secano	Regadío				
Olivar de aceituna de mesa	2.796	5.757	4	555.033	431.898	123.135
Olivar de aceituna de almazara	3.469	6.158	8	9.264.536	172.208	9.092.328
Olivar total	3.423	6.133	7	9.819.569	604.106	9.215.463

Tabla 2. Rendimiento del olivar en España en 2018. Fuente: MAPA, Anuarios de Estadística.



Gráfica 3. Distribución de la producción de olivar en 2018. Fuente: elaboración propia.

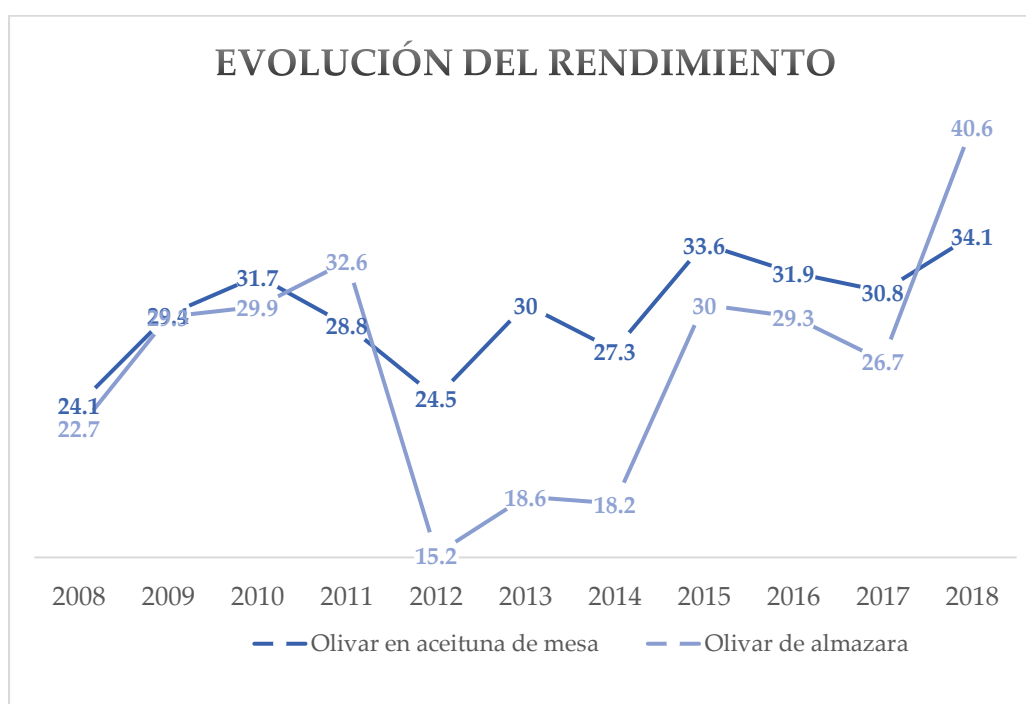
⁵ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 6.

⁶ *Ibid.*, p. 6.

⁷ Anuario de Estadística 2019 del MAPA.

Históricamente, la superficie del olivar tuvo un descenso brusco en la década de los 60 que se recuperó a nivel nacional a partir de los años 80⁸. Sin embargo, las únicas comunidades que han logrado igualar o superar las cifras anteriores a 1965 han sido Andalucía, Castilla La Mancha y Extremadura. La superficie se ha mantenido más o menos constante en los últimos veinte años con un ligero descenso desde 2008. El olivar en producción (la superficie total ha sufrido una mayor bajada) destinado a aceituna de mesa ha perdido 2 mil ha. La destinada a aceite de oliva un total de 72 mil ha. Andalucía posee el 62% del olivar nacional y es la principal responsable de la recuperación de la superficie⁹.

Cabe destacar que, aunque la superficie ha disminuido, el rendimiento ha aumentado considerablemente. En el caso de la aceituna de mesa, el rendimiento ha pasado de 24,1 qm/ha a 34,1 qm/ha. El rendimiento del olivar destinado a aceite de oliva a pasado de 22,7 qm/ha a 40,6 qm/ha desde 2008¹⁰.



Gráfica 4. Evolución del rendimiento de la superficie en producción. Fuente: elaboración propia.

⁸ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 7.

⁹ *Ibid.*, p. 8.

¹⁰ Anuario de Estadística 2019 del MAPA.

En España están establecidas diez zonas olivereras según su geografía. La zona en la que se encuentra la plantación del proyecto es Levante que abarca las provincias de Murcia, Alicante y Valencia¹¹. En ella se puede encontrar una gran diversidad respecto a las especies plantadas. En la tabla 5 se muestra la distribución de la superficie de olivar por comunidades autónomas.

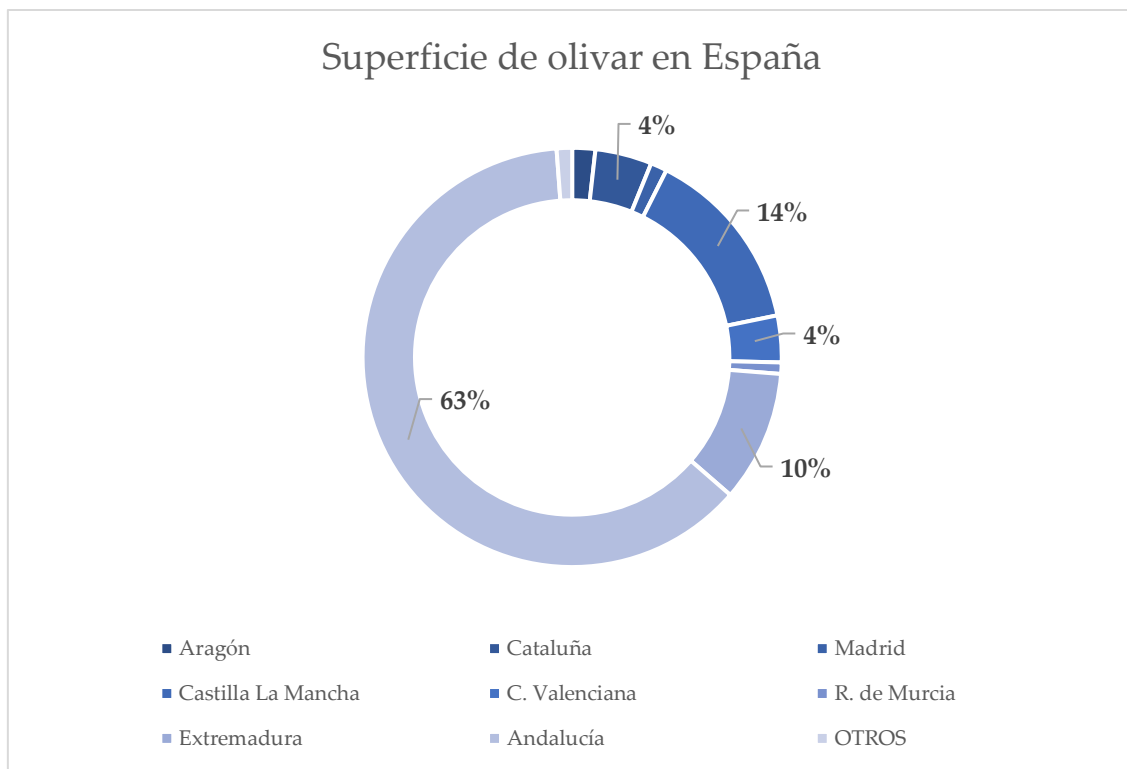


Gráfica 5. Zonas oleicas de España. Fuente: MAPA.

Superficie de olivar (ha)								
Comunidad Autónoma	Aceituna de mesa			Aceite de oliva			Total	Porcentaje
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	Total		
Galicia	-	-	-	272		272	272	0,01
País Vasco	-	-	-	271	90	361	361	0,01
Navarra	-	-	-	3.233	4.194	7.427	7.427	0,29
La Rioja	-	-	-	2.954	2.708	5.662	5.662	0,22
Aragón	-	-	-	34.198	11.704	45.902	45.902	1,78
Cataluña	336	77	336	90.222	22.305	112.527	112.863	4,38
Baleares	73	35	108	8.032	384	8.416	8.524	0,33
Castilla y León	548	-	548	6.520	1.069	7.589	8.137	0,32
Madrid	111	-	111	32.192	549	32.741	32.852	1,27
Castilla La Mancha	-	232	232	348.458	21.330	369.788	370.020	14,35
C. Valenciana	229	202	431	79.756	12.765	92.521	92.952	3,60
R. de Murcia	395	524	919	16.816	4.864	21.680	22.599	0,88
Extremadura	62.338	6.019	68.357	17.4176	18.816	192.992	261.349	10,13
Andalucía	67.047	27.734	94.781	1.075.648	439.220	1.514.868	1.609.649	62,41
Canarias	22	58	80	30	245	275	355	0,01
TOTAL	131.099	34.881	165.980	1.872.778	540.243	2.413.021	2.579.001	

Tabla 3. Superficie de olivar en España. Fuente: elaboración propia con datos MAPA.

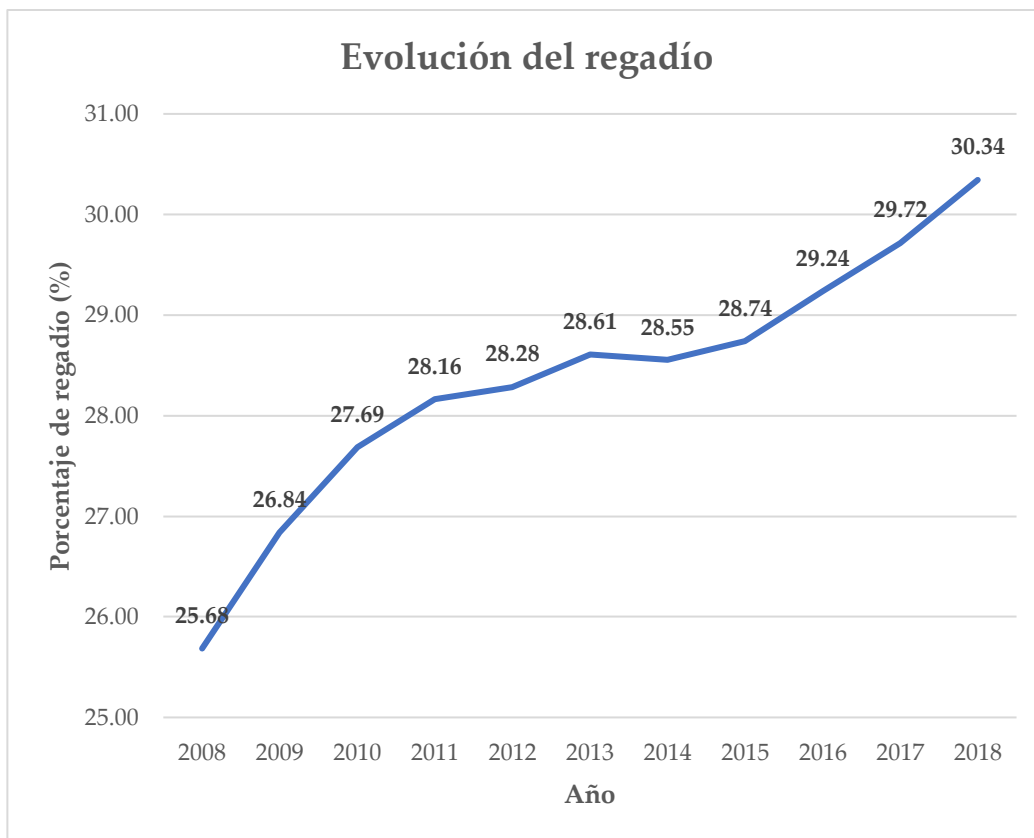
¹¹ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 9.



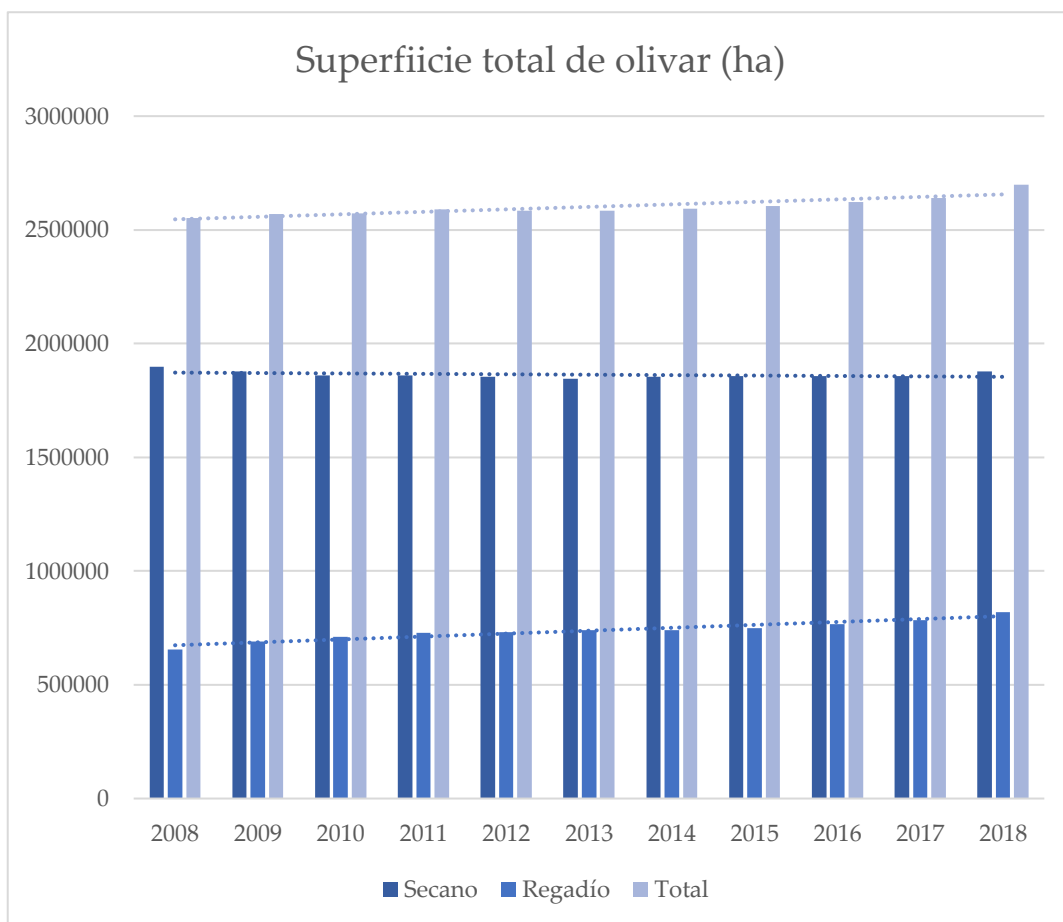
Gráfica 6. Superficie del olivar en España por CCAA. Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, es necesario considerar que el olivo siempre se ha cultivado en condiciones de secano, soportando intensas sequías y con producciones aceptables. Sin embargo, se ha comprobado de manera experimental que la instalación de riego en la plantación aumenta considerablemente su rendimiento. A partir de los años 90, se ha impulsado la puesta en marcha del regadío. Los recursos hídricos en España son escasos, por lo tanto, es importante que el riego se planifique de una manera muy eficiente sin agotar los límites de las cuencas hidrográficas. De esta manera, uno de los objetivos del presente proyecto es realizar los cálculos sobre las necesidades de riego del olivar con rigor. La evolución del regadío en el olivar tiene una tendencia positiva. Desde 2008 han aumentado las ha de regadío un 5% (gráfica 7)¹². Actualmente, el olivo de secano aún supone el 70% de las plantaciones, sin embargo, la tendencia se sitúa a favor de un regadío eficiente.

¹² Anuario de Estadística 2019 del MAPA.



Gráfica 7. Evolución del regadío en España. Fuente: elaboración propia.



Gráfica 8. Superficie de regadío y secano. Fuente: elaboración propia.

2.4. El olivo en la Región de Murcia.

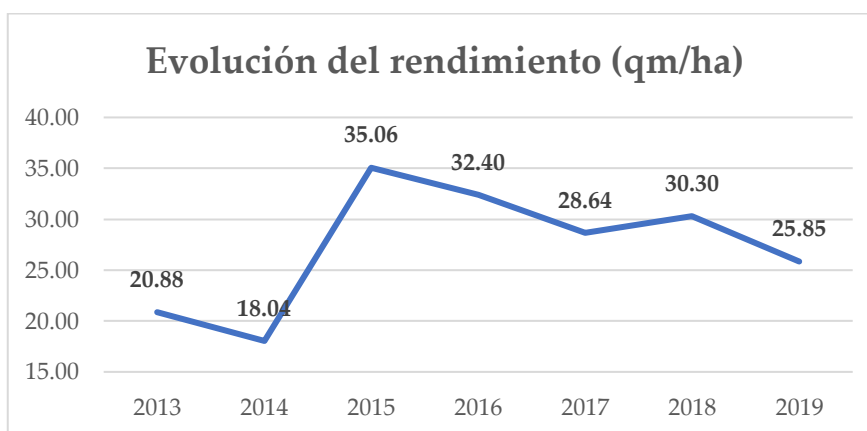
El sector agrícola ocupa en la economía de la región de Murcia un puesto fundamental. De la superficie total de la región, un 36% de su territorio son tierras de cultivo, de las cuales el 46% se explotan como regadío y el 54% restante como secano en 2019. Las tierras ocupadas por cultivos leñosos suponen el 48% (45% regadío y 55% secano). El olivo no es la principal plantación de la región, pero ocupa un puesto significativo con un total de 22 mil ha¹³:

Superficie olivar en 2020 (ha)			
	Secano	Regadío	TOTAL
Olivar total	17.344	5.551	22.895
Aceituna de mesa	380	520	900
Aceituna para aceite	16.964	5031	21.995

Tabla 4. Superficie de olivar en la región de Murcia. Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, el olivo supone el 5% de la tierra cultivada. El 96% se destina a almazara y el 4% a aceituna de mesa (tabla 4). Se cultiva en gran medida en secano, un 76% frente a un 24% de regadío.

Respecto a la serie histórica, cabe destacar que a lo largo de los últimos 10 años la superficie de olivar total se ha mantenido constante con una ligera subida (600 ha). Este aumento se debe principalmente a un incremento en el olivar destinado a aceite ya que el destinado a aceituna de mesa ha experimentado una caída desde 2013. Los rendimientos en la región de Murcia no alcanzan la media nacional, en el año 2018, la producción fue de 30,3 qm/ha (gráfica 9). Esto se debe principalmente a que las plantaciones del olivar son extensivas, de secano y con poca innovación. Además, muchas de ellas siguen cosechando los frutos de olivos centenarios.

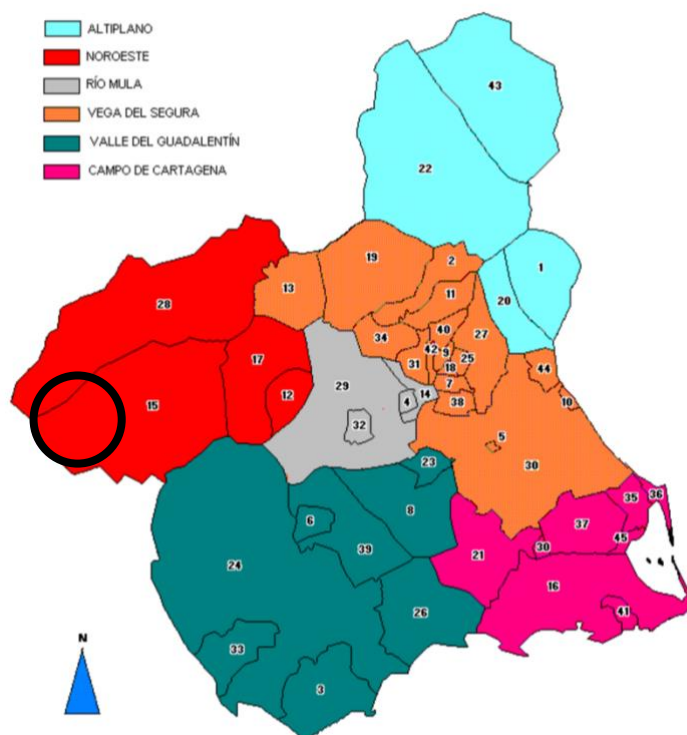


Gráfica 9. Evolución del rendimiento en la región de Murcia. Fuente: elaboración propia.

¹³ Estadística Agraria de Murcia 2018/19.

Dentro de la Región de Murcia, caben destacar cuatro comarcas principalmente olivareras:

- a) Altiplano.
- b) Noroeste: se trata de la comarca en la que se encuentra la explotación del proyecto.
- c) Río Mula.
- d) Valle del Guadalentín: mayor concentración de olivares de la región.
- e) Vega del Segura.



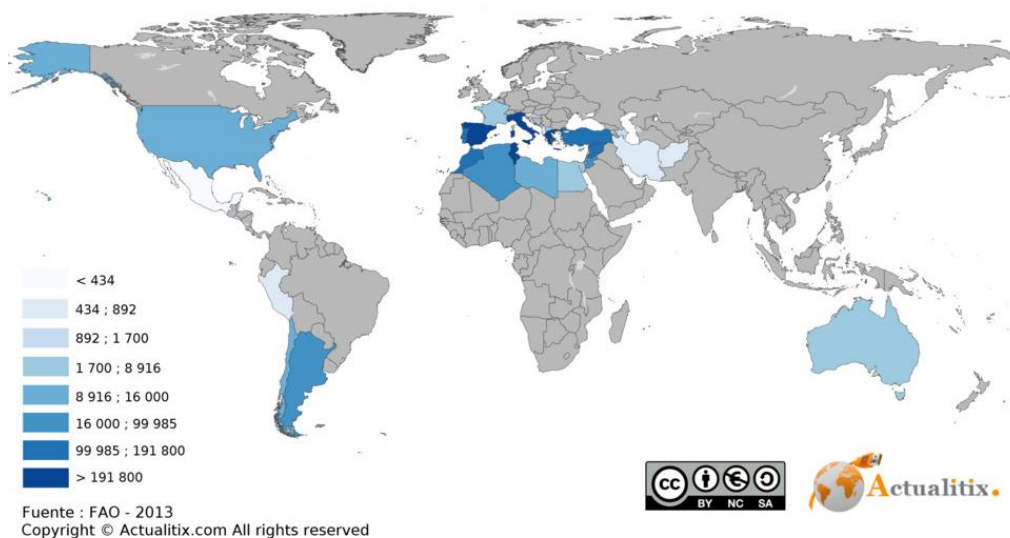
Gráfica 10. Principales zonas olivareras de la región de Murcia. Fuente: Portal CARM.

3. ACEITE DE OLIVA.

El principal destino de las aceitunas recogidas en los olivos es la producción de aceite de oliva. Su producción mundial va en aumento desde la década de los años 90. Ha pasado de 1,45 millones de toneladas en la campaña 1990/91 a 3 millones en la campaña 2014/15, con un récord en 2011/12 con 3,32 millones de t. En apenas 30 años, la producción ha aumentado un 50%. También se observa un aumento de su consumo asociado al de producción¹⁴. Los principales productores, así como consumidores del mundo son los países mediterráneos. Sin embargo, cabe destacar el aumento de las importaciones en EEUU, Brasil, Japón, Canadá, Australia, China y Rusia. La UE con España a la cabeza junto a Túnez son los principales exportadores. Este aumento del consumo se debe

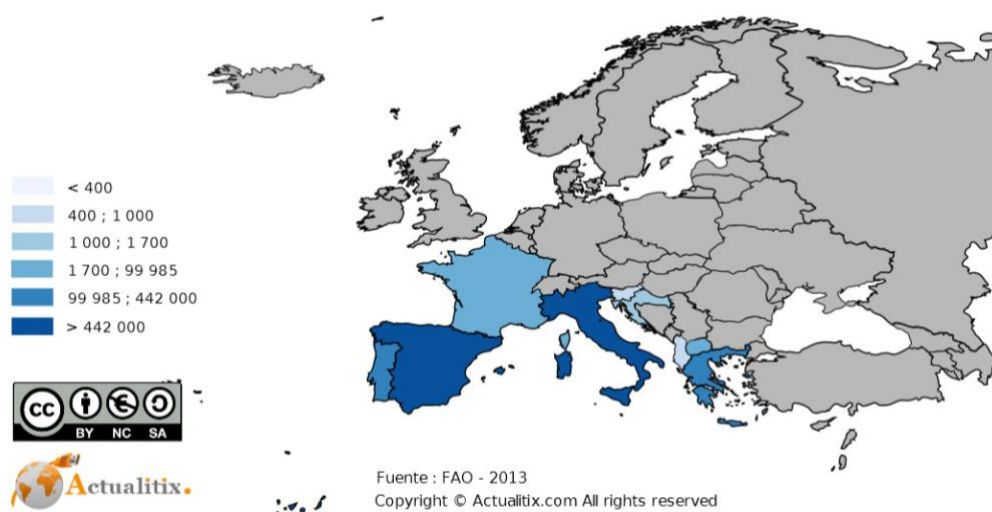
¹⁴ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 11.

principalmente a los beneficios para la salud asociados con el aceite de oliva frente a otras grasas.



Gráfica 11. Países productores de aceite de oliva en 2013. Fuente: FAO

La Unión Europea es la principal productora de aceite de oliva con España, Italia y Grecia a la cabeza. Dentro de España, destaca Andalucía y dentro de Andalucía, la provincia de Jaén en la que se producen los mayores rendimientos. Portugal también muestra un fuerte crecimiento de la producción. El consumo medio anual también se ha incrementado¹⁵, sobretodo en los países no productores (Francia, Alemania, Reino Unido) frente a los productores. Respecto al consumo per cápita, Grecia se encuentra en primera posición con 12,8 kg de aceite por habitante y año, seguido por España (11,3 kg), Italia (10,5 kg) y Portugal (7,2 kg). En el extremo opuesto, se encuentran países como Polonia, Hungría o Bulgaria que no alcanzan los 0,4 kg¹⁶.

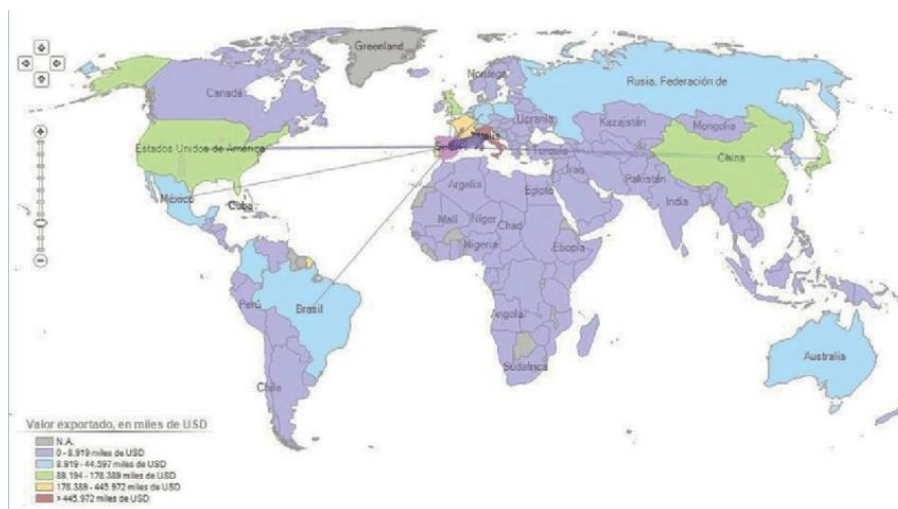


Gráfica 12. Productores de aceite de oliva en la UE en 2013. Fuente: FAO

¹⁵ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 17.

¹⁶ *Ibid.*, p. 19.

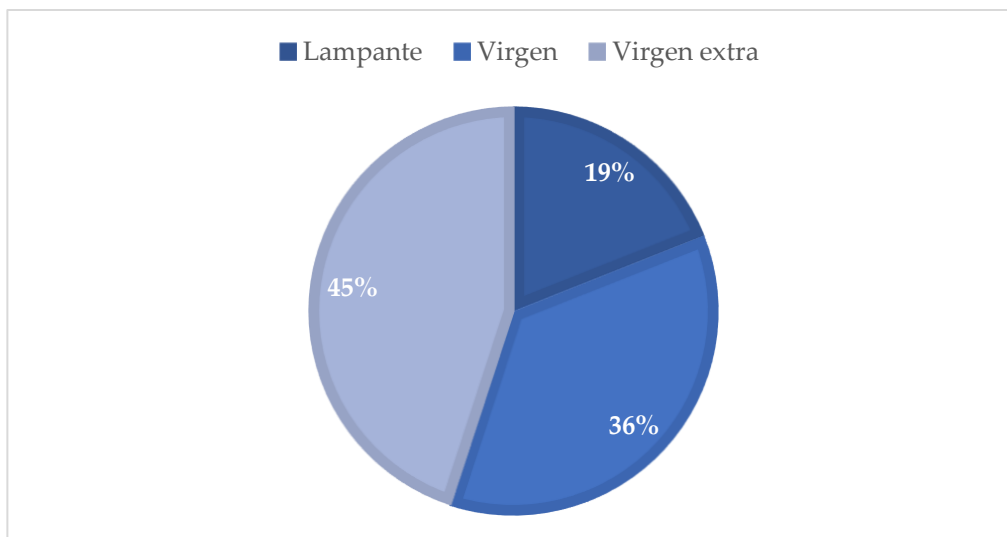
La producción de aceite de oliva de España tiene una tendencia ascendente, con las alteraciones típicas del olivo en el clima mediterráneo debidas a la climatología no favorable (escasas precipitaciones) o a la vecería propia del olivar. En consecuencia, ciertas campañas tienen muy bajas producciones. El principal productor es Andalucía (90% de la producción nacional), destacan las provincias de Jaén, Córdoba y Granada, Castilla la Mancha (8%). Las comunidades con mayor consumo son Galicia, País Vasco y Canarias. Los principales países a los que se exporta son Italia, Francia, Portugal, EEUU, Reino Unido y China¹⁷. España tiene suficiente aceite de oliva como para abastecer su propia demanda. Sin embargo, debido a las condiciones comerciales, hay campañas en las que se importa aceite, principalmente de Túnez.



Gráfica 13. Exportaciones de España. Fuente: FAO.

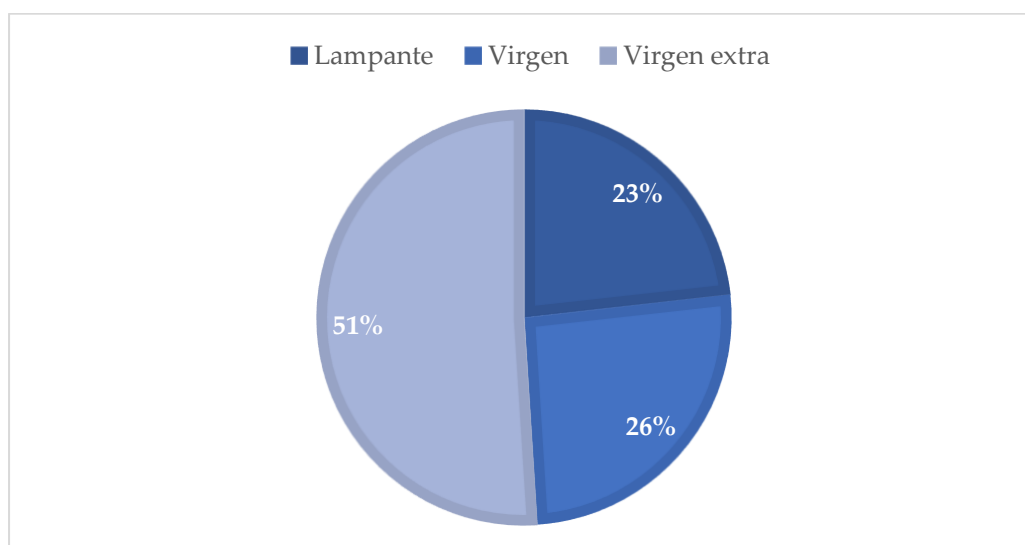
El aceite de oliva producido se clasifica según su acidez en: lampante (superior a 2 grados de acidez), virgen (entre 0,8 y 2) y virgen extra (inferior a 0,8). El aceite producido en España durante la campaña 2018-2019 fue:

¹⁷ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 21.



Gráfica 14. Distribución de la producción de aceite de oliva en la campaña 2017/18 en España. Fuente: elaboración propia.

Las aceitunas recogidas para el presente proyecto tendrán como destino las almazaras para la producción de aceite de oliva. Murcia es la séptima región productora de España. El récord de producción se produjo en la campaña 2017/18 con un total de 16,6 millones de litros producidos entre las 45 almazaras de la Región. El principal destino del aceite murciano es el mercado regional y nacional. La actividad exportadora está muy condicionada a la existencia de excedentes. El 75% de las exportaciones son para Italia, el resto se reparten entre Japón, Emiratos Árabes Unidos, Francia, Alemania y Sudáfrica. La mayoría de las almazaras tienen maquinaria con menos de quince años de antigüedad según la Consejería de Agricultura. La distribución de la producción en la campaña 2017/18 según la acidez del aceite de oliva en la región de Murcia fue:



Gráfica 15. Distribución de la producción de aceite de oliva en la campaña 2017/18 en la región de Murcia. Fuente: elaboración propia.

4. ACEITUNA DE MESA.

El 10% de la producción mundial de aceitunas se destina a aceitunas de mesa. Su producción mundial al igual que su consumo ha aumentado en los últimos 30 años. El principal productor es la UE, seguido de Egipto, Turquía, Argelia y Siria. La cuenca mediterránea supone el 94% de la producción mundial. El papel a nivel mundial de la UE, aún siendo la mayor productora, es menos significativo que en el aceite de oliva. La producción en países de América Latina como Brasil o Perú también presenta una importancia relativa que en el caso del aceite. Su consumo también está asociado a los países productores pero el consumo en los no productores también va en aumento¹⁸. El exportador principal es la UE y los importadores son EEUU, Brasil, Rusia, Arabia Saudí. El balance en la Cuenca Mediterránea es positivo, la producción supera ampliamente el consumo, lo que permite la exportación.

En España, la principal zona productora es Andalucía donde destaca la provincia de Sevilla (60% de la producción nacional). La producción para aceituna verde supone el 70% de la total. La negra, aunque menor porcentaje, tiene mayor estabilidad¹⁹. Respecto al consumo per cápita, España se sitúa en 2,5 kg por persona y año. Las comunidades con mayor consumo son Cataluña, Aragón, Valencia y Baleares. Las exportaciones se realizan principalmente a EEUU, Italia y Rusia.

5. FUTURO DEL SECTOR.

El futuro del sector está marcado con una demanda creciente del aceite de oliva, principalmente en los países no productores y no asociados tradicionalmente al olivo. La brecha entre los países productores y no productores será cada vez menor sobretodo en los países con niveles adquisitivos altos preocupados con la salud, que asocian la dieta mediterránea con el aceite de oliva. El fomento de la dieta mediterránea será un punto clave. La producción tendrá que estar ligada a la sostenibilidad medioambiental, al turismo, la gastronomía o la salud. El incremento de la producción vendrá ligado a la mejora de las técnicas de cultivo (incremento de riegos eficientes, mecanización de la recogida, etc.). La obtención de variedades más rentables que sean capaces de superar las amenazas fitosanitarias será también clave²⁰.

6. ECONOMÍA DEL ACEITE DE OLIVA.

6.1. El mercado del aceite de oliva.

El mercado del aceite de oliva se divide en dos: *mercado primario o en origen* formado por los productores (agricultor) y las almazaras (industriales o

¹⁸ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 25.

¹⁹ *Ibid.*, p. 30.

²⁰ *Ibid.*, p. 32.

cooperativas), y el *mercado secundario o en destino* formado por los demandantes (consumidores, importadores e industrias alimentarias) y los oferentes (envasadoras, refinadores, etc.)²¹.

6.1.1. Sector del olivo en la Unión Europea. Normativa PAC.

La Política Agraria Común supone en algunos puntos de la Región de Murcia hasta un 40% de los ingresos recibidos en la renta agraria. Es, por ello, importante conocer la normativa PAC para el olivar.

El actual sistema de ayudas de la PAC está basado en un sistema de pagos con siete componentes: 1) pago básico por hectárea; 2) pago verde o ecológico (suministro de bienes públicos medioambientales no remunerados por el mercado); 3) pago a los agricultores jóvenes; 4) pago redistributivo para fortalecer la ayuda a las 30 primeras hectáreas; 5) ayuda a zonas con desventajas naturales; 6) régimen simplificado para pequeños agricultores; 7) ayudas vinculadas a la producción por motivos económicos o sociales (pagos acoplados)²². Los pagos acoplados no se producen en el sector olivarero. Tampoco el olivo está sujeto a intervención pública.

Los objetivos son integrar un sistema de pago único por explotación, favorecer el desarrollo rural, flexibilizar las normas de intervención pública y control de la oferta²³, mantener al agricultor en el campo, el fomento de un sector agrícola diversificado, cuidado del medio ambiente y fortalecimiento del tejido socioeconómico de las zonas rurales.

6.1.2. La oferta del aceite de oliva.

La aceituna es un producto vecero, hay ciertos años con poca producción, lo que afecta a los precios de mercado del aceite y a los costes de producción. La evolución de ambos parámetros es fundamental para el diagnóstico del sector²⁴.

6.1.2.1. Precios de los medios de producción.

Si se observan las series históricas de los inputs del cultivo del olivo (mano de obra, fertilizantes, fitosanitarios, repuesto maquinaria y energía), todos han aumentado su precio en los últimos 30 años. Actualmente, el menor gasto es la reparación maquinaria y el mayor la mano de obra (supone un 60% de los gastos anuales del olivar) que se ha multiplicado por tres. La variación media de los medios de producción es un 138%. Los precios de estos parámetros afectan al principal factor de producción: la tierra de olivar. Los precios de la tierra del

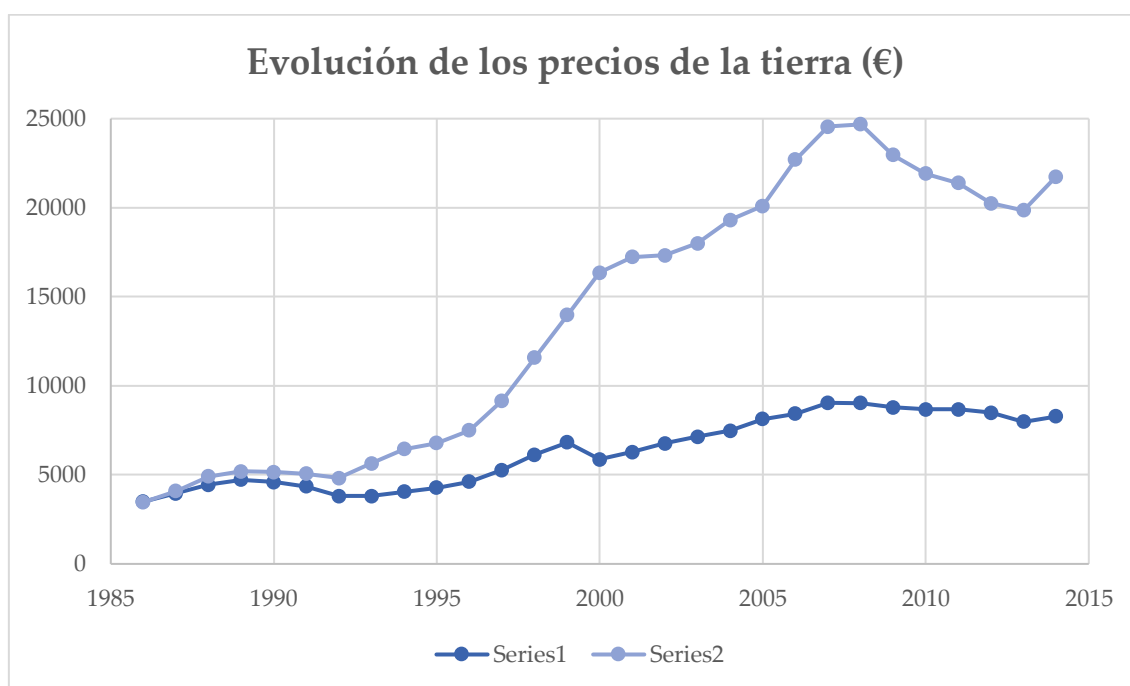
²¹ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 946.

²² *Ibid.*, p. 953.

²³ *Ibid.*, p. 952.

²⁴ *Ibid.*, p. 954.

olivar se han incrementado un 528% a lo largo de los últimos 30 años²⁵. En la siguiente gráfica se muestra la evolución de los precios de la tierra de olivar (serie 1) y de otras tierras de cultivo (serie 2):



Gráfica 16. Evolución de los precios de la tierra de olivar y de labor a lo largo de los últimos 30 años.
Fuente: elaboración propia.

El incremento del precio de las tierras del olivar es muy superior al de las tierras de labor (gráfico 16). Este incremento tan significativo se debe principalmente a las subvenciones de la PAC recibidas en el olivar: crecientes ayudas a la producción, y el rechazo a los cultivos tradicionales como consecuencia de la ayuda por superficie de las reformas de 1992 a 1998²⁶.

6.1.2.2. Precios percibidos por los agricultores.

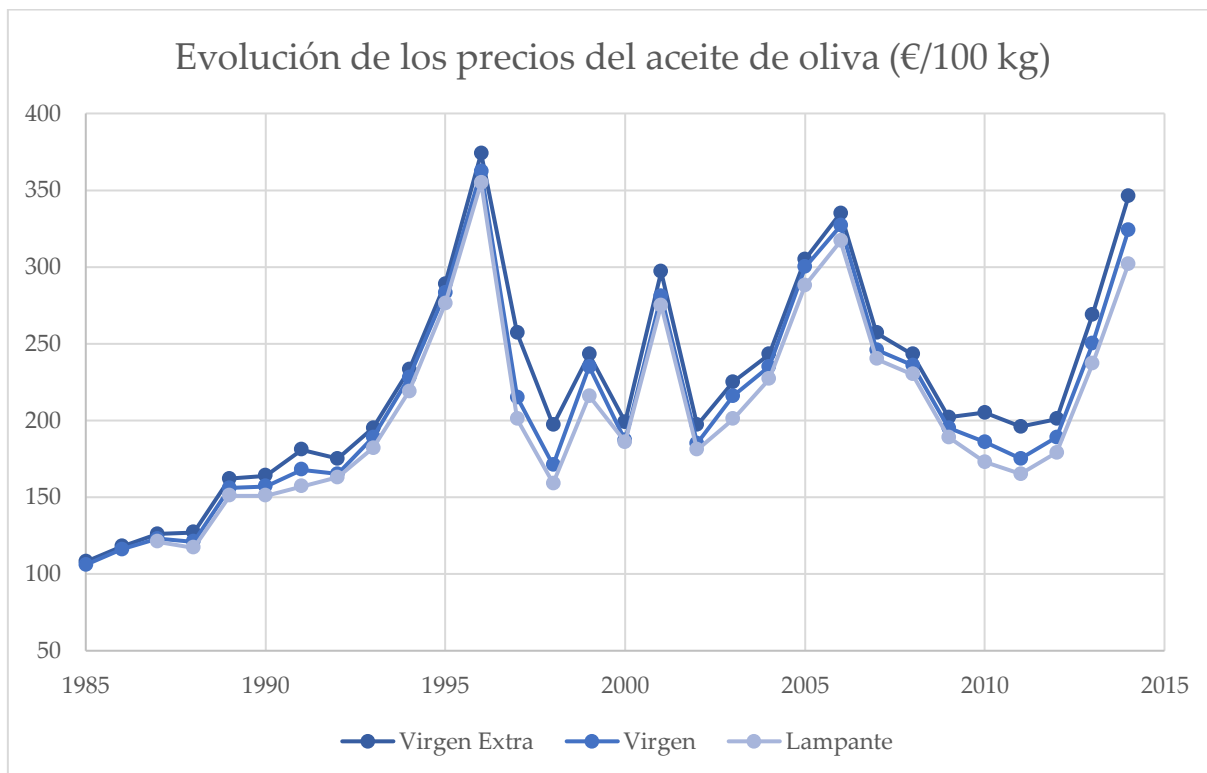
La evolución de los precios percibidos por los agricultores según el tipo de aceite de oliva viene representada en la gráfica 17. El precio del virgen extra se ha incrementado un 221%, el virgen un 206% y el lampante un 150%²⁷. La subida de precios ha permitido el aumento del poder adquisitivo de los agricultores y una mejora de su renta. El aumento del precio por kilo de aceite producido cambia de tendencia con el aumento excesivo de la producción, esto afecta en mayor medida a los aceites de peor calidad (lampantes). Un incremento incontrolado de las plantaciones de olivar motivado por las altas subvenciones e ingresos que recibe el sector puede provocar una reducción de los precios (exceso de oferta frente a la misma demanda). La producción debe aumentar sólo si la demanda

²⁵ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 956.

²⁶ *Ibid.*, p. 957.

²⁷ *Ibid.*, p. 958.

también lo hace. Sin embargo, las exportaciones de aceite de oliva están en aumento.



Gráfica 17. Evolución de los precios del aceite de oliva (€/100 kg). Fuente: elaboración propia.

6.1.2.3. Ingresos percibidos por los agricultores.

Los ingresos que perciben los agricultores se deben a las aceitunas vendidas en las almazaras (precio percibido por kg de aceituna producida según su calidad) y a la ayuda a la producción obtenida de aceite²⁸.

Los ingresos recibidos por el aceite lampante han aumentado un 16%, por el virgen un 24% y por el virgen extra un 25%. Este incremento se debe al aumento de los precios, pero fundamentalmente por las subvenciones recibidas. La rentabilidad del olivar se debe a la PAC. Esto es claramente visible entre 1992-1998, en este período, los ingresos de los agricultores se dispararon debido a las ayudas recibidas por producción. Tras las reformas de 1998, en las que se eliminaron dicha subvención, los ingresos disminuyeron obligando a los agricultores a aumentar los ingresos (aumento de la producción, sustitución de olivar tradicional por el intensivo) o reducir los gastos (sustitución de la mano de obra por maquinaria en la recolección)²⁹.

²⁸ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 961.

²⁹ *Ibid.*, p. 961.

6.1.2.4. Estructura empresarial.

En España, en 2011 había un total de 2 millones de explotaciones agrarias de olivar. Un 70% de la producción transforma la aceituna en aceite en almazaras cooperativas. El sector ha tenido un carácter tradicionalmente vertical, la mayoría de las almazaras no refinaban, ni envasaban ni comercializaban el producto. Sin embargo, tras las últimas reformas de la PAC, sumado a las caídas de los precios del aceite en los últimos años, se ha producido una tendencia horizontal del sector, lo que provoca una mayor implicación de las cooperativas en la comercialización del producto final³⁰.

6.1.3. La demanda del aceite de oliva.

La demanda del aceite de oliva está condicionada fundamentalmente por:

- a) Precio del aceite de oliva.
- b) Precio del aceite de girasol.
- c) La renta familiar disponible.
- d) La población.

La venta del aceite de oliva ha aumentado desde 1975, si bien sufre altibajos constantes debido a la alternancia de las buenas y malas cosechas que repercuten en el precio³¹. En general, el consumo del aceite de oliva es siempre mayor que el de girasol, cuyo consumo se mantiene constante a lo largo de los años. En los últimos tiempos, el de girasol ha perdido presencia en el mercado, no a favor del aceite de oliva sino de otros aceites de semilla. Un aumento de los precios como consecuencia de malas cosechas provoca una rápida disminución del consumo.

Los dos aceites son bienes sustitutivos, un incremento de precios en uno de ellos reduce su demanda en beneficio de la demanda del otro, la PAC ha modificado la relación de precios que existía entre ambos, las alteraciones en la cosecha también han tenido incidencia en los precios. El aumento de las plantaciones a partir de los años 90 provoca grandes cosechas, reduce el precio del producto e incita el consumo. En la actualidad, los consumidores demandan una mayor calidad del aceite y variedad en el producto³².

6.2. Estudio económico del olivar.

Las principales variables económicas del cultivo del olivar son: la superficie, la productividad, la mano de obra, los gastos totales, las subvenciones, los ingresos totales y el margen bruto directo. Todas las variables son mayores en el cultivo del regadío que en el de secano, incluso en la superficie media de las explotaciones³³.

³⁰ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 963.

³¹ *Ibid.*, p. 965.

³² *Ibid.*, p. 968.

³³ *Ibid.*, p. 984.

a) Ingresos del cultivo.

Los ingresos están clasificados en dos grupos: por venta (importe recibido por producto cosechado y vendido) y por subvenciones (ayudas totales de los organismos oficiales). Estas últimas son fundamentales ya que suponen entre el 30 y el 40% de los ingresos. La economía del olivar depende de las subvenciones de la PAC.

b) Gastos del cultivo.

Los gastos se pueden clasificar en:

- Gastos de fertilizantes.
- Gastos de fitosanitarios.
- Gastos de maquinaria.
- Gastos de mano de obra.
- Gastos de transformación³⁴.

En secano, los costes asociados al uso de fertilizantes y mano de obra son los que aumentan más significativamente ante los aumentos de productividad de una explotación. En cambio, en regadío, a medida que la productividad es mayor, aumenta también el gasto relativo por fertilizantes, pero disminuye el de mano de obra. Esto puede deberse a un mejor aprovechamiento o a la utilización de maquinaria para la recolección. La partida de gastos más importantes es la mano de obra. Esto explica la importancia social de este cultivo³⁵.

c) Margen bruto del olivar.

Las parcelas de mayor rentabilidad económica son aquellas de mayor productividad. También hay un mayor margen en las explotaciones de regadío respecto a las de secano. Sin embargo, las de regadío con baja producción (primeros años de plantación) suelen tener márgenes negativos. La expansión del cultivo sólo se debe hacer en intensivo de regadío y con una sustitución de la maquinaria por la mano de obra durante la recolección. Las ayudas de la UE se van a ir reduciendo según las perspectivas financieras, sin embargo, la incidencia medioambiental y social del cultivo permitirá mantener las ayudas en menor proporción³⁶.

³⁴ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 986.

³⁵ *Ibid.*, p. 988.

³⁶ *Ibid.*, p. 991.

7. VARIEDADES LOCALES.

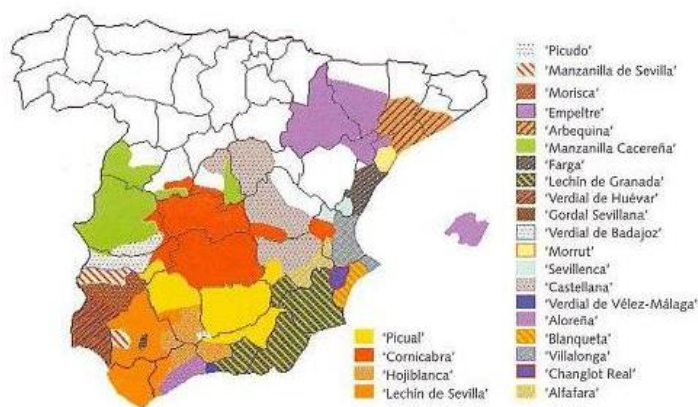
El material vegetal del olivo cultivado en España es muy heterogéneo. Está compuesto por un gran número de variedades muy antiguas y rústicas. Se han clasificado en cuatro categorías en función de su importancia y difusión: principales, secundarias, difundidas y locales. En total, hay 24 variedades principales distribuidas por el territorio español (gráfica 19). Las más importantes en superficie son Picual (960.000 ha), Cornicabra (269.000 ha), Hojiblanca (257.000 ha) y Arbequina (115.000 ha). Las variedades más presentes en la región de Murcia son Lechin de Granada, Manzanilla, Cornicabra, Picual y Arbequina. La más extendida por el territorio murciano es la variedad Cuquillo o Lechin de Granada que ocupa alrededor de un 70% de la superficie. Se trata de una variedad de aceite distribuida por las provincias de Granada, Almería y Murcia con una superficie total de 36.000 ha (12º posición en el ránking nacional)³⁷.

Gráfica 18. Variedades de olivo dominantes en España. Fuente: MAPA

Se trata de una variedad muy rústica que se adapta muy bien a terrenos calizos y a la sequía. Tiene un período de maduración tardío (desde mediados de Diciembre hasta mediados de Enero), es de pequeño tamaño y presenta dificultad de recolección. Tiene buena productividad, elevado rendimiento graso y produce aceite de buena calidad. Es susceptible a repilo y tuberculosis³⁸. Sus características comerciales son:

- Peso del fruto (g): 2,1
- Relación pulpa/hueso: 5,6
- Rendimiento graso: 18,8%
- Ácido oleico: 70,9%
- Estabilidad del aceite (horas a 98,8°C): 58,3

Ninguna variedad reúne todas las características deseables. Un fruto pequeño, susceptibilidad a enfermedades, una dificultosa recogida o una buena adaptación a fuertes sequías (cada vez más intensas debidas al cambio climático) son algunas de las complejidades que presentan las variedades.



³⁷ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 70.

³⁸ *Ibid.*, p. 79.

8. DENOMINACIÓN DE ORIGEN.

España protege su aceite y cuenta en la actualidad con 28 denominaciones de origen protegidas repartidas por todo el país y otras en proceso de reconocimiento. Esto permite definir el origen de los aceites y las variedades utilizadas, garantizando además la producción, elaboración y transformación del producto en sus zonas geográficas. Andalucía con un total de 12 denominaciones de origen es la comunidad autónoma que más destaca. La región de Murcia no cuenta con ninguna denominación de origen en el cultivo de la aceituna.



Gráfica 19. Denominaciones de origen protegidas en España. Fuente: MAPA.

9. BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS

BARRANCO et al. *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa (2017).

IBAR ALBIÑANA, Leandro. *Guía completa del olivo*. USA: Ed. de vecchi (2018).

WEB

Anuario de estadística del MAPA 2019. MAPAMA. Recuperado de:

<https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/default.aspx>

Anuario de estadística agraria regional de la Región de Murcia. CARM.

Recuperado de:

[https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=1174&RASTRO=c1415\\$m&IDTIPO=100](https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=1174&RASTRO=c1415$m&IDTIPO=100)

Sistema de Información de Precio en Origen. POOLRED. Recuperado de:

<http://www.poolred.com/>

**ANEJO IV.
ESTABLECIMIENTO DE LA
PLANTACIÓN.**

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	- 3 -
2.	DISEÑO DE LA PLANTACIÓN.	- 3 -
2.1.	FACTORES LIMITANTES DE LA PLANTACIÓN.....	- 3 -
2.1.1.	Factores climáticos.....	- 3 -
2.1.2.	Factores edafológicos e hídricos.....	- 4 -
2.2.	ELECCIÓN DE LA VARIEDAD.....	- 4 -
2.2.1.	Plantación monovarietal o polivarietal.....	- 4 -
2.2.2.	Características de las variedades.....	- 5 -
2.2.3.	Variedad escogida.....	- 7 -
2.3.	TIPO DE PLANTACIÓN.....	- 8 -
2.4.	DENSIDAD Y MARCO DE LA PLANTACIÓN.....	- 10 -
2.5.	ORIENTACIÓN DE LAS FILAS.....	- 11 -
3.	REALIZACIÓN DE LA PLANTACIÓN.....	- 12 -
3.1.	PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	- 12 -
3.2.	SELECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL.....	- 13 -
3.3.	ÉPOCA DE LA PLANTACIÓN.....	- 14 -
3.4.	COLOCACIÓN DE LOS PLANTONES.....	- 14 -
3.5.	TUTORADO Y PROTECCIÓN DE LOS PLANTONES.....	- 15 -
3.5.1.	Tutorado.....	- 15 -
3.5.2.	Protecciones.....	- 16 -
3.6.	RIEGO DE IMPLANTACIÓN E INSTALACIÓN DEL RIEGO POR GOTEO.....	- 16 -
3.7.	CALENDARIO DE OPERACIONES.....	- 17 -
4.	CONCLUSIÓN.....	- 17 -
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	- 18 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Características de las principales variedades de Olivo.....	- 6 -
Tabla 2.	Calendario de operaciones.....	- 17 -

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Parámetros que describen las dimensiones de un seto.....	- 9 -
Gráfica 2.	Orientación de las filas.....	- 11 -
Gráfica 3.	Estaquillas de olivo procedentes de nebulización.....	- 13 -
Gráfica 4.	Etiqueta azul de planta certificada.....	- 14 -
Gráfica 5.	Esquema de plantación.....	- 15 -

1. INTRODUCCIÓN.

El objetivo principal que debe buscar una plantación comercial de olivar es la rentabilidad económica sin olvidar la sostenibilidad de las explotaciones (optimización de los recursos). La rentabilidad será mayor cuanto más alta sea la diferencia entre el valor de la cosecha y los gastos de cultivo realizados¹. Ambos están condicionados por el medio de cultivo en el que se sitúa el olivar, por la forma en la que se ejecuta la plantación y por las técnicas de cultivo empleadas (poda, abonado, riego y manejo del suelo). Las condiciones que debe cumplir un olivar para que sea rentable son:

- Cosechar un producto aceptado en el mercado (demandado y de buena calidad).
- Minimizar el período improductivo.
- Aprovechar de manera eficaz y sostenible el medio y sus recursos (máxima mecanización y respeto al medio ambiente).

Para cumplir con estas condiciones, es necesario considerar las técnicas de cultivo adaptadas a aumentar la productividad (número y tamaño del fruto) así como el rendimiento del aceite. También es preciso elegir una variedad que se adapte a las exigencias climatológicas y edafológicas del lugar de la plantación. Es fundamental tener en cuenta los controles fitosanitarios para evitar plagas y enfermedades. Por último, es muy importante, teniendo en cuenta que el olivar es una inversión a largo plazo, realizar estudios previos necesarios para conocer aspectos de la variedad a emplear, el suelo y el clima que pueden condicionar la rentabilidad de la plantación².

2. DISEÑO DE LA PLANTACIÓN.

2.1. Factores limitantes de la plantación.

Los dos principales factores limitantes de un olivar son el agua y la luz. Al tratarse de una plantación en regadío, la limitación de agua vendrá dada por la concesión anual de la comunidad de regantes y no por la precipitación. Para que la luz no suponga una limitación, se diseña la plantación de modo que no se produzcan sombreamientos indeseables de unos árboles a otros.

2.1.1. Factores climáticos.

La zona de plantación es seca (414 mm anuales), aunque se trate de un cultivo muy adaptado a la sequía, la productividad aumenta con las aportaciones de

¹ BARRANCO et al. *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa (2017). p. 292.

² *Ibid.*, p.292.

agua. Por ello, la plantación se realiza en regadío. Las temperaturas bajas no serán limitantes y el riesgo por heladas tanto tempranas como tardías es muy bajo. Sin embargo, a lo largo de la temporada estival se producen temperaturas máximas por encima de 35 °C que puede paralizar la fotosíntesis y la capacidad germinativa del polen.

2.1.2. Factores edafológicos e hídricos.

Se trata de un suelo calcáreo. A pesar de la presencia del horizonte Bt entre los 30 y 75 cm de profundidad, el suelo no presenta problemas de drenaje y encharcamiento. Sin embargo, pueden aparecer ciertos problemas de aireación en las raíces más profundas del olivo. Por otro lado, hay una buena retención de agua y nutrientes. Otros factores a tener en cuenta para el diseño de la plantación son el pH básico del suelo y su bajo contenido en materia orgánica.

Respecto al agua de riego, cabe destacar el alto riesgo de salinidad. Si bien la presencia de sales no es muy alta, es necesario tener en cuenta que habrá años en los que la precipitación sumada agua de riego no serán suficientes para lavar las mismas y el problema de salinidad irá aumentando a lo largo del tiempo. Hay ciertas variedades que son más tolerantes que otras a la salinidad. Por otra parte, se trata de un agua dura, por lo que será necesario vigilar la precipitación de la cal en los goteros.

2.2. Elección de la variedad.

Es necesario conocer las características de cada una de las variedades a emplear para seleccionar aquellas que se adecúen mejor a los objetivos de mercado, la rentabilidad de la plantación y los condicionantes del terreno.

2.2.1. Plantación monovarietal o polivarietal.

La mayoría de los olivares españoles son monovariantales. Si bien no se han detectado fracasos en el cuajado del fruto atribuibles a la ausencia de polinización cruzada, se ha observado que se produce un retraso de la fecundación con el polen de una misma variedad. Esto puede derivar en una insuficiente fecundación y, por tanto, en la conveniencia de establecer polinizadores.

Bajo ciertas condiciones, la presencia de variedades polinizadoras puede representar una garantía para que el cuajado de los frutos sea suficiente. Estas circunstancias son:

- Temperaturas bajas (<15 °C) o altas (>30 °C) durante la floración.
- Déficits temporales de agua y nutrientes.

- Baja relación hoja/inflorescencia³.

La elección de plantar variedades polinizadoras depende principalmente de la variedad principal.

2.2.2. Características de las variedades.

Existe una gran diversidad de variedades de olivo en España destinadas a almazara. La elección se realizará sobre las que previamente se han considerado más productivas y adaptadas al territorio, y en función del marco de plantación: extensivo, intensivo o superintensivo (en seto). Las variedades que se van a someter a estudio para su posible plantación son:

- Picual: es la variedad de mayor importancia de España y en el mundo. Produce un aceite de gran calidad y estable con elevado contenido de ácido oleico. Es muy precoz.
- Hojiblanca: Apreciada por su resistencia a suelos calizos, es la tercera con mayor superficie en España. Produce un aceite de buena calidad.
- Arbequina: es la cuarta con mayor superficie. Es resistente al frío y susceptible a suelos calizos. Tiene buen rendimiento graso y excelente calidad de aceite.
- Cornicabra: Es la segunda más extendida en España. Tiene una gran capacidad de adaptación. Tiene buena calidad de aceite.
- Lechín de Granada: Variedad muy rústica con gran adaptación a suelos calizos y a la sequía. Es la más extendida en la Región de Murcia. Tiene una excelente calidad de aceite.
- Arbosana: alta productividad y precocidad. Produce un aceite de oliva muy estable.
- Sikitita: obtenida del cruce de dos variedades de olivo: picual y arbequina. Es precoz, tiene una producción alta y escaso vigor. Produce un aceite poco estable.
- Oliana: resultado del cruce entre arbequina y arbosana. Es la variedad de menor vigor. Tiene una elevada productividad.

A continuación, se recogen en la tabla 1⁴ las principales características de cada una de las variedades y su adaptación a la zona de plantación. En rojo se señalan las variedades que más se adaptan a la plantación.

³ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 176.

⁴ *Ibid.*, p. 73-75.

	Picual	Hojiblanca	Arbequina	Lechín de Granada	Cornicabra	Sikitita	Oliana	Arbosana
Productividad	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Entrada en producción	Precoz	Media	Precoz	Precoz	Tardía	Precoz	Precoz	Precoz
Floración	Media	Media-tardía	Media	Tardía	Tardía	Media		Tardía
Maduración	Precoz	Tardía	Precoz	Tardía	Tardía	Precoz	Precoz	Media
Vecería	Baja	Media	Baja	Alta	Alta	Baja	Baja	Baja
Tamaño del fruto	Medio	Grande	Pequeño	Pequeño	Medio	Pequeño	Pequeño	Pequeño
Rendimiento graso	Alto	Bajo	Medio	Alto	Alto	Alto		
Calidad del aceite	Bueno	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Bueno	Excelente	Excelente
Estabilidad	Alta	Media	Baja	Media	Baja	Baja		Alta
Facilidad de recolección	Alta	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta		Baja
Tolerancia al frío	Media	Media	Baja	Media	Alta	Alta	Alta	Media
Tolerancia a la sequía	Baja	Alta	Media	Alta	Alta	Alta		Baja
Tolerancia a la salinidad	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Tolerancia a caliza	Baja	Alta	Media-Baja	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Resistencia a repilo	Sensible	Sensible	Resistente	Sensible	Sensible			Resistente
Resistencia a tuberculosis	Resistente	Sensible	Resistente	Sensible	Sensible			Sensible
Resistencia a verticilosis	Sensible	Sensible	Sensible	Sensible	Sensible	Sensible		Sensible
Resistencia a mosca	Sensible	Sensible	Sensible	Sensible	Sensible			Resistente
Peso del fruto (g)	3,2	4,8	1,9	2,1	3,0	2,4	1,6	
Relación pulpa/hueso	5,6	7,9	4,6	5,6	7,2		Alta	Baja
Rendimiento graso (%)	22,1	17,1	20,5	18,8	18,1	Alto		19%
Ácido oleico (%)	78,4	76,1	66,2	70,9	56,9	Medio		74%
Estabilidad del aceite	119,4	53,2	40,5	58,3	27,1	Bajo		Alto

Tabla 1. Características de las principales variedades de Olivo. Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Variedad escogida.

El destino de la aceituna cosechada es la almazara, por ello, es necesario escoger una variedad cuyo aceite sea de buena calidad y cuya productividad sea alta. Por otra parte, al tratarse de un olivar en seto (superintensivo), lo ideal sería elegir una variedad cuya entrada en la producción sea precoz para recuperar lo antes posible la inversión y un vigor reducido. Una producción constante es también muy importante en el olivar en seto, por ello, es importante descartar las variedades veceras como Hojiblanca, Lechín de Granada o Cornicabra. Por otra parte, también se va a descartar la Picual al tener un vigor medio. A continuación, se exponen las limitaciones respecto a la zona de estudio de las variedades más adaptadas a la plantación.

- Arbequina: bastante oferta, poca estabilidad del aceite y resistencia medio-baja a la caliza. Con valores de CaCO_3 inferiores al 55% no suelen darse problemas de clorosis férrica en olivo. El suelo de nuestra plantación presenta valores inferiores en los dos primeros horizontes, pero ligeramente superiores en el horizonte Bt entre los 30 y 75 cm de profundidad.
- Sikitita: la principal limitación que presenta esta variedad es que está protegida internacionalmente y para su utilización es necesario obtener una correspondiente licencia. Tiene muy poco vigor. En un suelo con ciertas limitaciones como la compactación es problemática su plantación.
- Oliana: es la que presenta menor vigor, por lo tanto, presenta la misma limitación que la anterior. Además, en zonas más cálidas presenta un peor rendimiento graso.
- Arbosana: sensible a la tuberculosis y cosecha tardía (precios un poco más bajos).

Se opta por combinar dos variedades: **Arbosana y Arbequina**. La segunda se cosecha tres semanas después que la primera, por lo que es una opción ideal combinar las dos en la misma parcela.

Arbosana es una variedad nueva en la mayoría de los mercados, está en una fase muy buena y es la más productiva. Presenta un vigor medio-bajo ideal para el terreno y ramifica bien. Es originaria de la región del Penedes, por lo que, a diferencia de otras variedades, no es muy resistente al frío. Sin embargo, el factor frío en la zona de la plantación no es un factor determinante. La probabilidad de heladas tempranas y tardías es muy baja. Es muy productiva y regular temporada tras temporada. Presenta una floración más tardía. Aguanta bien el repilo y el verticilium, además de la mosca del olivo. Es susceptible a tuberculosis. Cuenta con una alta capacidad de enraizamiento y expansión. La maduración es tardía. Su aceituna es de pequeño tamaño y su forma es ovalada y ligeramente asimétrica. Alcanza un color violeta durante la maduración. El

rendimiento graso es medio pudiendo alcanzar el 19%. La recolección es difícil pero mecanizada, posee una alta dificultad de desprendimiento. El tiempo de empleo de vendimiadoras aumenta un 25% comparado con el de otras variedades de olivo. El aceite de oliva que produce es afrutado y resistente a la oxidación. Es una combinación de gustos dulces, amargos y picantes, de intensidad media- alta. Su aroma es altamente concentrado, pero inferior a la de Arbequina. Posee propiedades muy interesantes y contiene un 74% de ácido oleico. Presenta un alto contenido en polifenoles. El aceite extra virgen es excelente para su consumo en crudo.

Arbequina es una variedad que da mucha confianza y está muy difundida en el olivar en seto. Tiene una elevada productividad (se trata de la tercera con mejor rendimiento). No presenta apenas vecería. Es resistente al frío y susceptible a clorosis férrica en terrenos muy calizos. Su entrada en producción es precoz. Su fruto es pequeño. El aceite de oliva que produce tiene buen rendimiento graso (20,5%) y es de excelente calidad, aunque es de baja estabilidad. Tiene cierta tolerancia a reptilo y verticilosis.

Por otra parte, la plantación polivarietal garantizará un suficiente cuajado de los frutos bajo la incidencia de ciertas condiciones limitantes. Hay una creciente evidencia sobre los efectos positivos de la polinización cruzada el olivo. La polinización en el olivo es fundamentalmente anemófila, es decir, el transporte se hace a través del viento. En los últimos ensayos, se concluye que el efecto positivo del polinizador se extiende 40 m en el sentido del viento dominante. La asociación de bloques de más de una variedad que garantices un buen cuajado sólo supone ventajas. La recolección mecanizada se ve facilitada si se establece un número de filas pares por bloque. Además, la época de maduración de las variedades no es coincidente. Arbosana se cosecha tres semanas después que Arbequina. Por último, la época de floración es coincidente. La plantación polivarietal también diversifica la plantación.

2.3. Tipo de plantación.

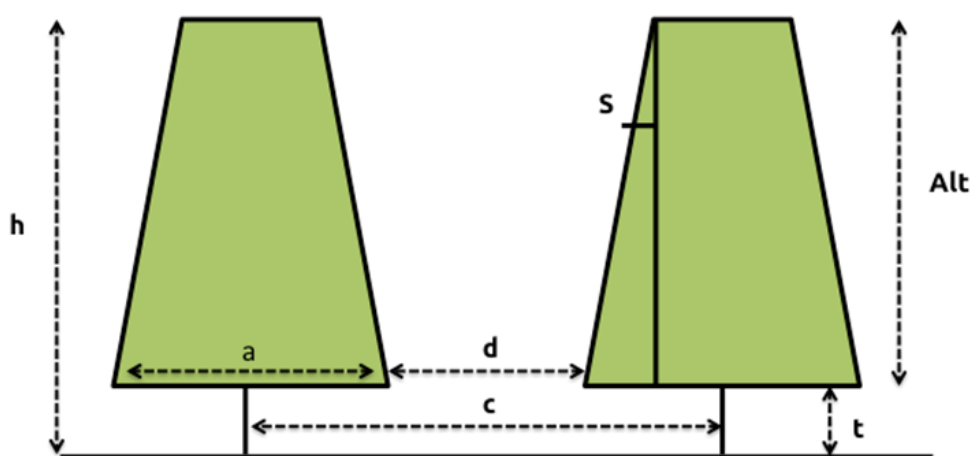
La plantación de olivar en este caso se va a realizar en **seto** (superintensivo). El objetivo es mecanizar la poda y la recolección para disminuir así los costes de mano de obra. La recolección se realizará con vendimiadora. En el olivar en seto, la copa ocupa menos volumen, pero consigue incrementar la superficie foliar externa (SFE)⁵. Adecuadamente diseñadas y manejadas, todo el volumen de copa está iluminado y la productividad se debe evaluar a partir de la SFE. Se trata de un sistema de conducción en el que la vegetación se distribuye de forma continua a lo largo de la línea de plantación. Para conseguir que las copas se unan es

⁵ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 313.

necesario reducir la distancia de los árboles en la línea. Se trata de una copa continua con hojas de pequeño tamaño cuyos frutos se concentran localizados en zonas bien iluminadas. Las hojas y los frutos están en ramas flexibles.

Las ventajas para de este tipo de plantación es la mecanización integral de la recolección, con independencia de la fecha, que es rápida y de bajo coste, y las producciones elevadas desde los primeros años. La aceituna se desprende con dificultad, sin embargo, se obtiene un aceite de alta calidad ya que permite la recolección temprana cuando la calidad organoléptica es mayor. Además, la aceituna llega a la almazara a escasas horas de la recolección. El coste del establecimiento del olivar en seto es muy elevado, por lo que alcanzar la máxima producción en el menor tiempo posible, es un objetivo prioritario. La rentabilidad de estas plantaciones depende de su vida útil que se estima entre 15 y 20 años.

Dependiendo de los parámetros geométricos y morfológicos se pueden conseguir setos con características muy diferentes⁶. La porosidad es un aspecto fundamental porque determina el microclima del seto, la penetración de productos fitosanitarios y la incidencia de la luz en el interior. Sus características determinan la producción, la sanidad y la calidad.



Gráfica 1. Parámetros que describen las dimensiones de un seto. Fuente: BARRANCO et al. (2017).

- h = altura del seto desde el suelo ($h = \text{Alt} + t$).
- Alt = altura de la vegetación.
- S = pendiente respecto a la vertical ($s = 0$ en setos verticales).
- d = distancia en la base entre dos setos ($d = c - a$).
- a = anchura de la base.
- c = ancho de la calle.
- t = altura libre del tronco para facilitar la recolección y la aplicación de herbicidas.

⁶ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 314.

Las dimensiones de los setos dependen de la variedad, condiciones de cultivo, de su manejo (principalmente riego, fertilización y poda) y fundamentalmente de la máquina con la que se va a recolectar. El seto más extendido es el de menos de 1,5 m de ancho para recolección con vendimiadora modificada (altura máxima de 3 m).

Las características óptimas que debe tener un seto, con porosidad del 20%, para alcanzar la máxima productividad son: $Alt \leq d$, por lo tanto, $Alt/d < 1^7$. Si la porosidad se reduce, d deberá incrementarse o reducirse Alt y a . El período de cuajado de fruto es el más sensible a la falta de radiación. El diseño del seto modifica la iluminación de las aceitunas y, por lo tanto, condiciona la composición del aceite. Las zonas más iluminadas producen aceitunas con una mayor cantidad de ácido palmítico y linoleico, y menor de oleico. Son aceites más estables debido a su mayor contenido de polifenoles.

2.4. Densidad y marco de la plantación.

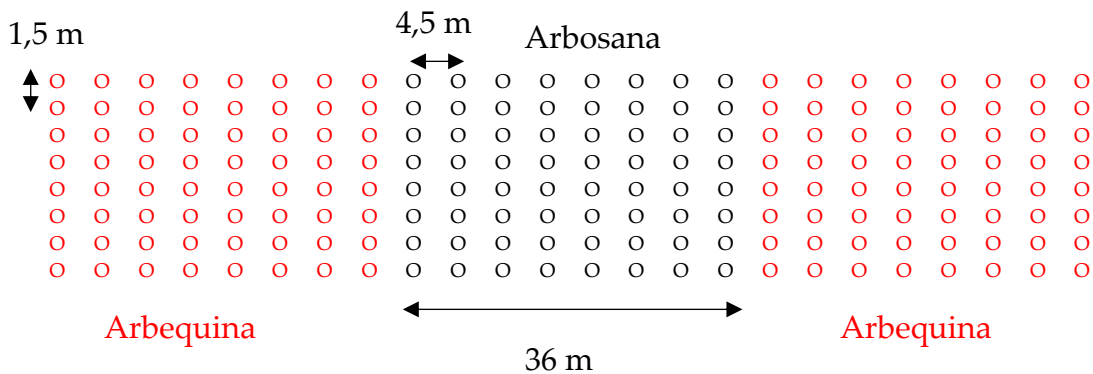
La densidad de plantación varía entre 900 y 2500 olivos/ha. Teniendo en cuenta la respuesta de los componentes del rendimiento a la radiación, se debe respetar la relación $Alt/d < 1$ para asegurar una adecuada iluminación de las zonas más bajas y una porosidad del 20% que se consigue con setos de anchuras inferiores a 1,5 metros. La altura del seto depende de la máquina, hasta 3 metros desde el suelo es viable. El ancho de la calle se recomienda que sea mayor de 4 metros. En las plantaciones con reducida disponibilidad de agua como es el caso, los setos se deben plantar en calles más espaciadas con el objetivo de reducir la superficie foliar expuesta por ha y la transpiración. En Arbequina, la distancia entre plantas suele variar entre 1,35 y 2 metros.

En este caso se ha optado por un marco de **4,5 x 1,5 metros** en ambas variedades. La densidad sería por tanto de 1481 olivos/ha. La altura del seto será de 2,5 metros. Por lo tanto, atendiendo a los parámetros establecidos en la gráfica 1, el seto de nuestra plantación queda con lo siguientes parámetros:

- $h = 3$ m
- $Alt = 2,5$ m
- $d = 3,5$ m
- $a = 1$ m
- $c = 4,5$ m
- $t = 0,5$ m

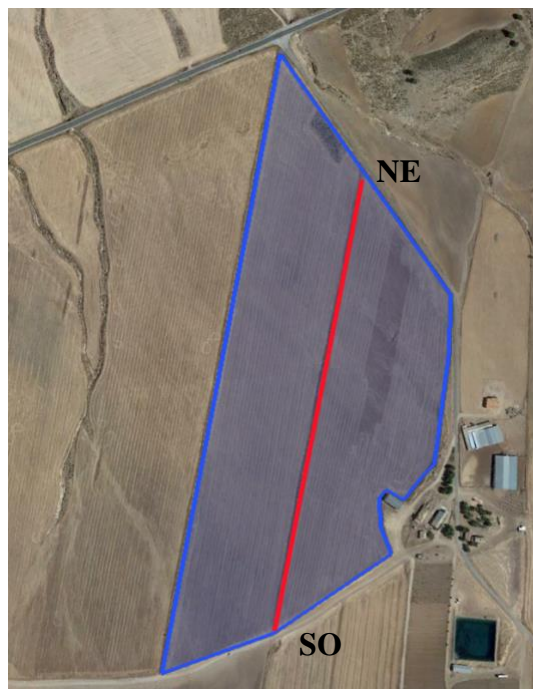
⁷ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 322.

Por otra parte, atendiendo al criterio de 40 m necesarios para una exitosa polinización cruzada, la plantación de las variedades se realiza por bloques de 8 filas cada uno.



2.5. Orientación de las filas.

La orientación de los setos modifica la cantidad y distribución de la radiación dentro de la copa del olivo y su efecto en los distintos procesos fisiológicos⁸. Los diferentes ensayos indican que cuando el seto está bien diseñado, el efecto de la orientación es reducido. Las ligeras diferencias entre las distintas orientaciones pueden no compensar otros condicionantes como la facilidad en el movimiento de la maquinaria. La zona de plantación no tiene limitación por frío, encharcamiento, viento o radiación por lo tanto, la orientación de las filas se basa en la facilidad de movimiento de la maquinaria y sería NE-SO.



Gráfica 2. Orientación de las filas. Fuente: elaboración propia.

⁸ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 324.

3. REALIZACIÓN DE LA PLANTACIÓN.

3.1. Preparación del terreno.

La preparación del terreno previa a la plantación es fundamental porque de ella depende el correcto desarrollo de los olivos y su productividad. El propósito es conseguir que el suelo tenga las características físicas y químicas adecuadas. La finca alcanza hasta un 5% de pendiente, por lo que no será necesario realizar trabajos expresos de movimientos de tierras. El relieve es muy homogéneo. Al final del verano previo a la plantación (finales de agosto-septiembre), con el terreno seco, se realiza un subsolado. De esta manera se romperá el suelo hasta la profundidad que alcancen las raíces del olivo (60 cm). Con el objetivo de decelerar la degradación del suelo y los daños causados por la erosión, es fundamental realizar el menor laboreo posible y reducir la profundidad labrada a las necesidades del cultivo. Este primer laboreo tiene como objetivos disminuir la evaporación, eliminar la costra superficial, favorecer el enraizamiento profundo (resistencia a déficits de agua) y la aireación del suelo. No hay elementos gruesos que dificulten la labor.

Es importante también realizar una enmienda orgánica del terreno. El principal objetivo es mejorar su contenido en el primer horizonte (0-22 cm) que contiene apenas un 0,63%. El propósito es elevarla hasta un 1%, sería ideal aumentarla un poco más pero el coste de la enmienda orgánica es grande. Se realiza con un compost fresco de $K_1=0,45$ y 25% de materia seca. El objetivo es elevarla un 0,37%, por lo tanto:

$$10000 \frac{m^2}{ha} * 0,22 m * 1,5 \frac{t}{m^3} = 3300 \frac{t}{ha}$$

$$3300 * 0,0037 MO = 12,21 t de MO/ha$$

$$\frac{12,21}{(0,45 * 0,25)} = 109 t estiércol$$

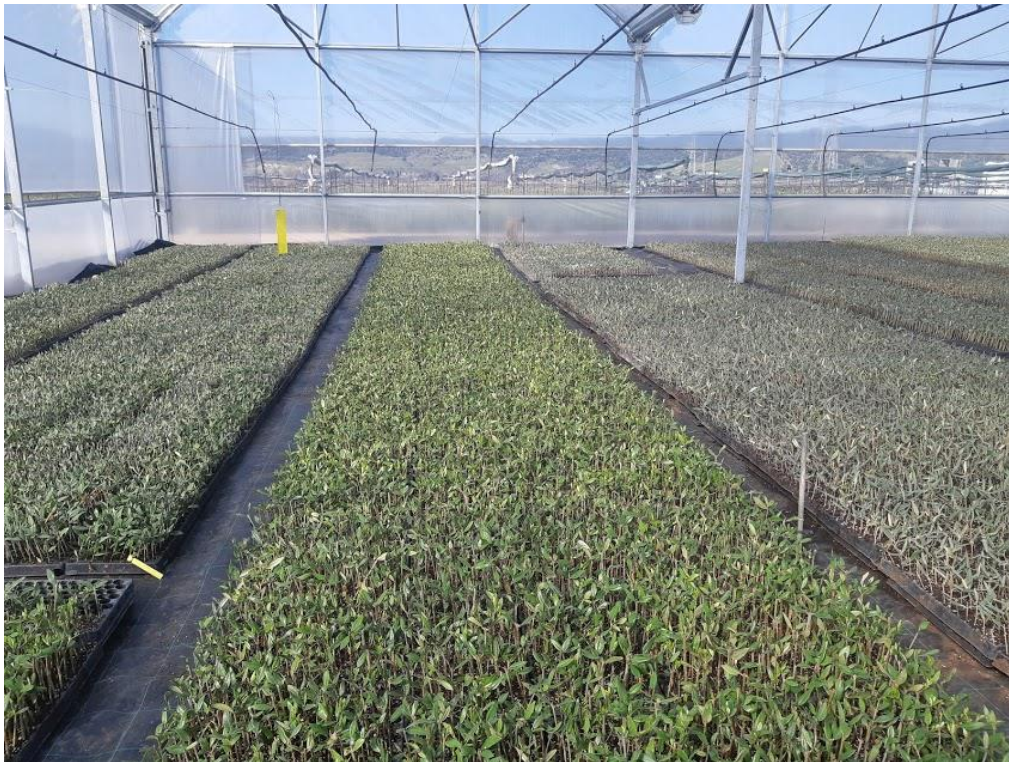
Los niveles de materia orgánica de los siguientes años se corregirán por fertirrigación y la incorporación de los restos de poda. La enmienda se realizará entre uno y dos meses después del subsolado. Además, se acompañará con el pase de un cultivador con una profundidad de 20 cm. A continuación, se llevarán a cabo las labores necesarias para dejar el terreno lo más nivelado posible.

En el momento de la plantación, el replanteo no va a ser preciso puesto que la plantación se realizará con máquinas plantadoras. Sólo será necesario marcar el inicio y el fin de las líneas, la máquina avanza a lo largo de la recta orientada

colocando la planta a la distancia fijada. Es muy importante realizar con precisión el marcado de las líneas para que los anchos de la calle se mantengan en toda la parcela. Esto facilitará el trabajo posterior de las máquinas.

3.2. Selección del material vegetal.

La plantación es a un solo pie. Se ha escogido una planta certificada para evitar recibir material infectado procedente de nebulización (gráfica 3) con el objetivo de mantener vivas las estaquillas hasta que enraízan. La planta de vivero deber ser pequeña (6-8 meses), formada por un solo eje, con un buen sistema radical (raíces de color blanquecino) y en buen estado. Debe de tener hojas verdes e indicios de vigor y crecimiento⁹. No debe presentar ataques de enfermedad o plaga y estar certificada sanitariamente. La calidad de la planta certificada se asegura con la presencia de una etiqueta azul (gráfica 4) que indica la procedencia, el productor y la variedad. En el traslado deben protegerse y si se tienen que almacenar hasta la plantación se realizará al aire libre. Los plantones procederán de multiplicación con la técnica de estaquillas puestas a enraizar.



Gráfica 3. Estaquillas de olivo procedentes de nebulización. Fuente: Viveros La Conchuela.

⁹ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 304.



Gráfica 4. Etiqueta azul de planta certificada. Fuente: Viveros La Conchuela.

La plantación es de 22 ha. Si sembramos en un marco de 4,5 x 1,5, son 1481 olivos/ha. En total, se necesitan 32.482 plantones. Se calcula un porcentaje de reposición del 5% con lo cual el total de plantones que se tienen que adquirir en el vivero son 34.110 unidades, es decir, 17.055 de cada variedad.

3.3. Época de la plantación.

Para una mayor garantía de éxito, la plantación se puede llevar a cabo en dos épocas del año. Si hay heladas, la primavera es la mejor opción. Si no se producen, es preferible realizarla en otoño ya que se necesitará menos agua¹⁰. Los plantones son muy sensibles al frío, dado que el riesgo de heladas no es nulo durante el invierno, es preferible realizar la plantación durante la segunda quincena de febrero.

3.4. Colocación de los plantones.

Los plantones se plantan a partir de una máquina de plantación. La máquina, guiada por GPS, avanza orientada según las líneas marcadas. Mediante este sistema se puede conseguir una gran precisión de disposición a la vez que se agiliza el proceso de plantación. Se pueden llegar a plantar hasta 10.000 olivos en una jornada de trabajo. Se estima que en cuatro días acaban los trabajos de plantación. El tamaño del hoyo tiene que estar relacionado con el de la planta. En seto, el tamaño de la planta es pequeño, por lo que se utiliza un rejón para abrir un pequeño surco. La máquina realiza las siguientes tareas:

- 1) Coloca la planta en el suelo.

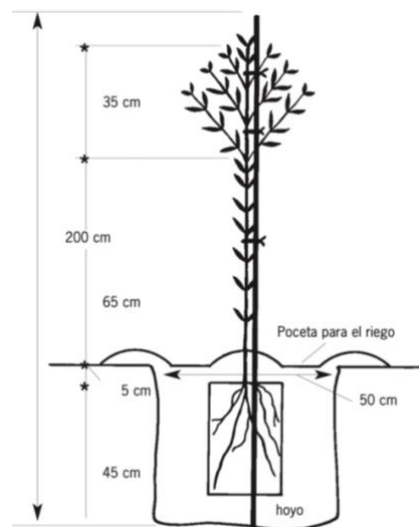
¹⁰ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 306.

- 2) Compacta alrededor del cepellón para evitar bolsas de aire y lograr un contacto eficaz entre el terreno de asiento y el cepellón de la planta de vivero.
- 3) Introduce los tutores. El correcto alineado de los troncos verticales de los olivos en la línea reducirá los daños de las máquinas en los árboles.
- 4) Extiende los ramales de riego.

3.5. Tutorado y protección de los plantones.

3.5.1. Tutorado.

Un tutor es una barra de apoyo para la nueva planta, la sostiene y la mantiene en posición vertical con respecto al terreno hasta que el tronco tenga el grosor suficiente para mantenerse solo. La formación en eje central requiere de la colocación de un tutor de 2 m de longitud. El tutor que se va a emplear es el de caña de bambú de 20 mm de diámetro. Es el más económico y persiste durante los años que se necesita hasta que el árbol adquiera el grosor suficiente. El tutorado lo realiza la máquina de plantación. No se trata ni de una zona ventosa ni pedregosa, por lo tanto, no es necesario instalar una estructura de postes y alambres. La caña de bambú debe estar lo suficientemente clavada en el terreno para que impida el movimiento por efecto del viento o el peso de la copa. Por otra parte, no se debe atar la planta al tutor con materiales rígidos que puede producir rozaduras o estrangulamientos. Se debe usar material elástico que permita la movilidad del tronco y debe atarse en 2-3 sitios diferentes para evitar balanceos. Se utilizarán altos de PVC elásticos para la fijación de la planta al tutor. Es necesario la vigilancia frecuente de las ataduras para corregir posiciones defectuosas. Por último, los tutores deben colocarse orientados hacia los vientos dominantes, de tal modo que no empujen al olivo hacia el tutor¹¹.



Gráfica 5. Esquema de plantación. Fuente: BARRANCO et al. (2017).

¹¹ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 307.

3.5.2. Protecciones.

Las protecciones son elementos cilíndricos que se colocan alrededor del tronco (envolviendo el plantón y separado de sí mismo) que protegen a la planta de roedores, especialmente durante los primeros años en los que la corteza es blanda y apetecible, en gran parte por los conejos. La altura de protección es 50 cm. Deben ser tubos con perforaciones para evitar un aumento de la humedad en el interior causante de enfermedades y plagas. Tampoco deben ceñirse al tronco para permitir una correcta ventilación. Generalmente son de plástico. Por otra parte, es fundamental para proteger al plantón la no aplicación de herbicidas en sus inmediaciones. Si es imprescindible, debe hacerse mediante rociado de mochila a mano¹².

3.6. Riego de implantación e instalación del riego por goteo.

Es fundamental instalar las tuberías primarias y secundarias de riego previamente a la plantación. Con una retroexcavadora, se abre en el terreno una zanja de 100 cm de profundidad y 40 cm de ancho en la que se coloca las tuberías. Las tuberías son de PVC y se instalarán desde la toma general del agua hasta los distintos sectores en los que se divide la parcela. La tubería queda totalmente encerrada.

Por otra parte, se vierten dos capas de arena fina de unos 25 cm de espesor, una para asentar la tubería y otra por encima para proteger. Se llenarán los huecos restantes con arena y gravilla. De esta manera, se evitan posibles daños y se protege del paso de la maquinaria. La instalación de la tubería portagoteros la realiza la máquina de plantación en ese mismo momento.

Por último, es importante dar un primer riego a los plantones recién colocados para que el cepellón de la planta quede bien compacto y unido al terreo. Además, se debe evitar que la planta consuma toda el agua del cepellón y sufra sequía. Se debe aportar 50 l/pie.

¹² BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 308.

3.7. Calendario de operaciones.

A continuación, se presenta el calendario de operaciones para el establecimiento de la plantación:

	A	S	O	N	D	E	F	M	A	MY	J	JL
Subsolado	■	■										
Enmienda orgánica		■	■									
Pase de cultivador		■	■									
Nivelado			■									
Señalización de las líneas						■						
Recogida plántones de vivero							■					
Plantación ¹³							■					
Unión tutor-árbol + Protección							■					
Riego							■					

Tabla 2. Calendario de operaciones. Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIÓN.

Con el objetivo de cumplir con la expectativa de rentabilidad económica, se decide establecer una plantación polivarietal en seto. Las variedades productoras son Arbequina y Arbosana establecidas en bloques de 8 filas que aseguren la polinización cruzada. El marco de plantación es 4,5 x 1,5 m y la altura del seto no debe superar los 2,5 m. Las filas presentarán orientación NO-SE.

La preparación del terreno se realizará mediante una serie de trabajos previos a la plantación: desolado, enmienda orgánica con pase de cultivador, nivelado y señalización de las líneas. Los plántones son comprados en vivero, certificados y de calidad. La plantación se realiza la segunda quincena del mes de febrero mediante una máquina especializada. Además, los árboles se tutoran y protegen. Se aplica riego inmediatamente después de plantar.

¹³ La plantación incluye colocar la planta, compactar el suelo alrededor del cepellón, colocación del tutor y extender los ramales de riego.

5. BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS

BARRANCO et al. *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa (2017).

IBAR ALBIÑANA, Leandro. *Guía completa del olivo*. USA: Ed. de vecchi (2018).

ANEJO V. RIEGO.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	- 4 -
2.	LAS RELACIONES HÍDRICAS DEL OLIVO.....	- 4 -
2.1.	RIEGO DEFICITARIO.....	- 6 -
2.2.	RIEGO POR GOTEO.....	- 6 -
3.	DISEÑO AGRONÓMICO. PROGRAMACIÓN DE RIEGOS.....	- 7 -
3.1.	EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO.....	- 7 -
3.1.1.	Evapotranspiración de referencia (ET_0).....	- 7 -
3.1.2.	Coefficiente de cultivo (k_c).....	- 8 -
3.1.3.	Evapotranspiración máxima (ET_c).....	- 12 -
3.2.	PROGRAMACIÓN DE LOS RIEGOS.....	- 12 -
3.2.1.	Reserva de agua almacenada.....	- 12 -
3.2.2.	Necesidades netas de riego.....	- 14 -
3.2.3.	Cálculo de los emisores.....	- 18 -
3.2.4.	Separación entre los emisores.....	- 18 -
3.2.5.	Frecuencia y tiempo de riego.....	- 20 -
3.2.6.	Sectores de riego.....	- 20 -
4.	DISEÑO HIDRÁULICO.....	- 22 -
4.1.	CÁLCULO HIDRÁULICO DE LOS RAMALES Y LOS PORTA-RAMALES.....	- 23 -
4.1.1.	Subunidad 1.....	- 25 -
4.1.2.	Subunidad 2.....	- 26 -
4.1.3.	Subunidad 3.....	- 27 -
4.1.4.	Subunidad 4.....	- 28 -
4.1.5.	Subunidad 5.....	- 29 -
4.1.6.	Subunidad 6.....	- 30 -
4.1.7.	Subunidad 7.....	- 31 -
4.2.	CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	- 33 -
4.3.	EQUIPO DE BOMBEO.....	- 35 -
5.	INSTALACIÓN DE RIEGO.....	- 38 -
5.1.	CABEZAL DE RIEGO.....	- 38 -
5.1.1.	Sistema de filtrado.....	- 38 -
5.1.2.	Contador general.....	- 38 -
5.2.	RED DE DISTRIBUCIÓN DEL AGUA.....	- 39 -
5.2.1.	Tuberías.....	- 39 -
5.2.2.	Emisores.....	- 39 -
5.3.	AUTOMATIZACIÓN DEL RIEGO.....	- 39 -
5.3.1.	Programador.....	- 39 -
5.3.2.	Electroválvulas.....	- 40 -
5.4.	SISTEMA DE FERTIRRIGACIÓN.....	- 40 -
5.5.	DESAGÜES.....	- 41 -
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	- 42 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efectos del déficit hídrico en los diferentes procesos del olivo.....	- 5 -
Tabla 2. Valores de evapotranspiración de referencia mensuales y anual.....	- 7 -
Tabla 3. Valores de F2 para el cálculo de kt.....	- 9 -
Tabla 4. Cálculo de kt.....	- 9 -
Tabla 5. Cálculo de ks.....	- 10 -
Tabla 6. Cálculo de kg.....	- 11 -
Tabla 7. Cálculo de kc.....	- 11 -
Tabla 8. Cálculo de la evapotranspiración máxima (ETc).....	- 12 -
Tabla 9. Datos de CC (cm ³ /cm ³) del suelo.....	- 13 -
Tabla 10. Datos de PM (cm ³ /cm ³) del suelo.....	- 13 -
Tabla 11. Cálculo de la precipitación efectiva (mm).....	- 14 -
Tabla 12. Balance hídrico.....	- 15 -
Tabla 13. Balance hídrico de riego deficitario.....	- 17 -
Tabla 14. Disposición de la línea de riego en una fila de árboles.....	- 19 -
Tabla 15. Necesidades netas de riego e intervalo entre riegos.....	- 20 -
Tabla 16. Tiempo de riego.....	- 20 -
Tabla 17. Cálculo de las subunidades de riego.....	- 32 -
Tabla 18. Cálculo del caudal y presión de las subunidades de riego.....	- 32 -
Tabla 19. Emisores de las subunidades.....	- 33 -
Tabla 20. Diámetros de las tuberías comerciales.....	- 34 -
Tabla 21. Nudo de consumo más desfavorable.....	- 34 -
Tabla 22. Cálculo de la tubería primaria.....	- 35 -
Tabla 23. Dimensionamiento de la bomba.....	- 37 -
Tabla 24. Características principales de la bomba.....	- 37 -

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Diseño subunidades de riego.....	- 22 -
Gráfica 2. Subunidades de riego.....	- 24 -
Gráfica 3. Disposición de laterales en terciaria.....	- 24 -
Gráfica 4. Alimentación de laterales y terciarias.....	- 25 -
Gráfica 5. Cálculo subunidad 1.....	- 26 -
Gráfica 6. Cálculo subunidad 2.....	- 27 -
Gráfica 7. Cálculo subunidad 3.....	- 28 -
Gráfica 8. Cálculo subunidad 4.....	- 29 -
Gráfica 9. Cálculo subunidad 5.....	- 30 -
Gráfica 10. Cálculo subunidad 6.....	- 31 -
Gráfica 11. Cálculo subunidad 7.....	- 32 -
Gráfica 12. Distribución de la tubería primaria.....	- 34 -
Gráfica 13. Bomba NB 50-250/263 AF2ABQQE.....	- 36 -
Gráfica 14. Curva característica de bombeo.....	- 36 -

1. INTRODUCCIÓN.

El olivo es un cultivo mediterráneo muy adaptado a la sequía y se ha cultivado tradicionalmente en secano. En los últimos años, con el objetivo de aumentar la productividad de las plantaciones, se ha desarrollado en gran medida el olivar de regadío. Actualmente, alcanza ya el 25% de la superficie total. El regadío está relacionado con un aumento considerablemente del rendimiento y, por lo tanto, con un incremento del desarrollo económico de la región. El agua de riego a la agricultura está muy financiada y presenta un precio muy inferior al que se cobra para otros usos¹.

El agua será un recurso cada vez más escaso, por ello, es fundamental aumentar la eficiencia de su uso. En este caso, los acuíferos que aportan el agua de la plantación están a término de sobrepasar los límites de explotación. Por lo tanto, la concesión de agua es limitada y puede fluctuar año tras año. En este sentido, la planificación de los riegos debe ser eficaz y óptima. El riego por goteo parece el más adecuado que cualquier otro en el caso del olivar porque con un coste similar al de otros sistemas tiene una mayor eficiencia potencial. Su programación debe realizarse en función de la disponibilidad de agua (concesión de la comunidad de regantes), la climatología (precipitación y evapotranspiración) y el tipo de suelo (textura). En esta plantación de regadío, se tiene en cuenta la reserva de agua acumulada en el suelo durante la estación lluviosa y se aplicará riego deficitario.

En el presente anejo se establecen las obras necesarias para la distribución del agua en la parcela. Para ello, es necesario calcular las necesidades hídricas del olivo y emplear los materiales ofertados por los instaladores de riego. El agua de la balsa es bombeada hasta la caseta de riego de la plantación. Desde allí, una bomba impulsa el agua hasta los distintos sectores a través de una tubería principal de PVC que disponen de una electroválvula. El hidrante dispone de un limitador de caudal, de forma que no se emplee más caudal que el asignado. Los sectores de riego se calculan para aprovechar al máximo dicho caudal. La red continúa con una tubería porta-ramales, también de PVC, de la que parte los ramales en los cuales se encuentran integrados los emisores.

2. LAS RELACIONES HÍDRICAS DEL OLIVO.

La productividad del olivo responde negativamente a la falta de agua. El correcto manejo del agua en producción de olivar bajo riego por goteo requiere información sobre la demanda de agua del cultivo, así como características de retención de agua del suelo. Un riego excesivo podría lixiviar nutrientes de la

¹ BARRANCO et al. *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa (2017). p. 463.

zona de la raíz, mientras que la carencia de humedad resultaría en estrés del cultivo.

El objetivo de las plantas es adquirir la máxima cantidad de CO₂ necesario para la fotosíntesis a través de los estomas minimizando la pérdida de agua por transpiración en los mismos. El olivo, una especie mediterránea, dispone de una serie de adaptaciones morfológicas que le permiten alcanzar una productividad anual, sin limitación hídrica, superior a la mayoría de los cultivos herbáceos que compiten con él en climas similares. Maximiza la fotosíntesis por unidad de agua consumida mediante un patrón de apertura estomática: máxima apertura durante las primeras horas de la mañana y reducida en las horas centrales del día. Las tasas de fotosíntesis se reducen como consecuencia de este cierre estomático parcial con respecto a la mayoría de los cultivos herbáceos. Este hecho queda compensado por la naturaleza perenne del olivo. El olivo evita la deshidratación a partir de estos mecanismos. El estado hídrico del árbol debe ser favorable incluso en situaciones de limitación hídrica. También es necesario considerar que el olivo es capaz de captar agua del suelo por debajo del punto de marchitez permanente. Además, cuenta con extenso sistema radical. Todo ello hace que el olivo presente una capacidad extraordinaria de adaptación a la sequía². A continuación, en la tabla 1 se resumen las respuestas observadas en los procesos de crecimiento y producción del olivo al aplicarles déficit hídrico en sus distintas etapas de desarrollo:

Proceso	Período	Efecto del déficit hídrico
Crecimiento vegetativo	Todo el año	Reducción del crecimiento y nº de flores del año siguiente
Desarrollo de yemas florales	Febrero-Abril	Reducción del nº de flores y aborto ovárico
Floración	Mayo	Reduce fecundación
Cuajado de frutos	Mayo-Junio	Aumenta la alternancia
Crecimiento inicial del fruto	Junio-Julio	Disminuye el tamaño del fruto
Crecimiento posterior del fruto	Agosto-Cosecha	Disminuye el tamaño del fruto
Acumulación de aceite	Julio- Noviembre	Disminuye el contenido de aceite del fruto

Tabla 1. Efectos del déficit hídrico en los diferentes procesos del olivo. Fuente: Barranco et al. (2017).

Estos efectos son importantes a la hora de considerar una posible aplicación de riego deficitario.

² BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 465.

2.1. Riego deficitario.

Si las necesidades del olivar son superiores a la disponibilidad de agua de riego, sobre todo en algunos años secos, es necesario evaluar la opción de riego deficitario: aplicación de una dotación de riego inferior a las necesidades máximas del cultivo. Estas estrategias intentan maximizar el beneficio por unidad de agua aplicada. Es necesario conocer las respuestas productivas del cultivo a aplicaciones deficitarias en las distintas fases de su desarrollo. En este caso concreto, el riego deficitario se aplica de la siguiente manera:

- a) En función de la disponibilidad de agua y de los precios del aceite y del agua, es aconsejable regar con dotaciones que cubran entre el 75% y el 95% de las necesarias para satisfacer la ET_c .
- b) Se deben establecer estrategias de riego para agotar la reserva de agua del suelo a lo largo de la estación seca.
- c) Debe concentrarse el déficit durante el verano, evitando el estrés hídrico en primavera y sobretodo en otoño cuando se determina el rendimiento graso.
- d) El riego deficitario queda completamente prohibido en el caso de olivares jóvenes ya que supone una reducción en el crecimiento y, por lo tanto, en su capacidad productiva.

El régimen deficitario ayudará además a controlar el vigor de los árboles. El desarrollo de esta estrategia después del cuajado y antes de la parada de verano permite reducir el crecimiento de los brotes³.

2.2. Riego por goteo.

Estos sistemas se basan en las aplicaciones de agua frecuentes y pequeñas. Es un sistema de ahorro comparado con otros sistemas. La eficiencia del riego está comprendida entre el 80-90%. El caudal más frecuente de un gotero es de 4 litros/hora. Los árboles se desarrollan, aunque solamente tengan el 30% del suelo humedecido; los jóvenes aún requieren menos suelo húmedo y, por lo tanto, su instalación puede ser progresiva. Si el movimiento capilar del agua dentro del suelo no es apropiado, habrá mas necesidad de emisores.

Las ventajas de este sistema son que casi no tiene gastos energéticos, no precisa terrenos nivelados y posibilita el uso de aguas con cierto nivel de salinidad, aunque haya riesgos en la zona de emisión. Se deben compensar con riegos de lavado, que generalmente son naturales (lluvias de otoño). La proliferación de malas hierbas es mucho menor y, además, es localizada a los puntos de emisión. Por ello se puede recurrir al sistema de aplicación de herbicidas en las aguas de

³ BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 329.

riego. Otra importante ventaja del sistema es la posibilidad de aplicar los abonos disueltos en el agua de riego (fertirrigación), lo que supone una indudable mejoría en lo que respecta a la localización de los elementos minerales necesarios para el desarrollo del árbol y en lo que concierne al abaratamiento de esta operación de cultivo.

Los principales inconvenientes de este sistema están en relación con la circulación de maquinaria dentro de la explotación, especialmente en la recolección. Por otra parte, existe posibilidad de que haya obstrucción de los emisores (arena, precipitados de calcio, hierro y otros minerales), lo que generalmente se evita con un adecuado pre-filtrado y filtrado, un correcto uso de productos fertilizantes. Además de una limpieza adecuada de las instalaciones, elementos y operaciones indispensables en los sistemas de riego localizado.

3. DISEÑO AGRONÓMICO. PROGRAMACIÓN DE RIEGOS.

3.1. Evapotranspiración del cultivo.

Para alcanzar la máxima producción es fundamental asegurar que el contenido de agua del suelo disponible para el olivo sea suficiente para que pueda extraer toda el agua que demanda la atmósfera. Esta cantidad de agua, unida a la que se pierde por evaporación desde la superficie del suelo, constituye lo que se conoce como *evaporación máxima del cultivo* (ET_c) y debe de satisfacerse para que la producción de olivo no se reduzca como consecuencia de déficit hídrico. Para el cálculo de las necesidades de agua de riego de un olivar adulto, para determinar ET_c , se utiliza la metodología FAO del balance de agua⁴. ET_c se calcula como:

$$ET_c = ET_0 * kc$$

- ET_c : evapotranspiración máxima del cultivo.
- ET_0 : evapotranspiración de referencia.
- kc : coeficiente del cultivo.

3.1.1. Evapotranspiración de referencia (ET_0).

Cuantifica la demanda evaporativa de la atmósfera. Los datos de ET_0 se han recogido en el SIAR (Sistema de Información Agroclimática para el Regadío) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. La serie de datos recogida es de 20 años.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
ET_0 (mm)	45,10	56,01	85,95	112,23	148,80	184,66	200,81	179,70	119,42	81,77	48,21	38,54	1301,84

Tabla 2. Valores de evapotranspiración de referencia mensuales y anual. Fuente: elaboración propia.

⁴BARRANCO et al., *op.cit.*, p. 467.

3.1.2. Coeficiente de cultivo (k_c).

Expresa la relación entre la evapotranspiración de un cultivo y la ET_0 cuando cubre totalmente el suelo. Cuantifica el efecto del propio cultivo. Varía con la cobertura del suelo y en algunos casos con la frecuencia de lluvias. En el caso del olivar es muy variable en función de la edad o de las restricciones de manejo. No es constante a lo largo del año y nunca alcanza la cobertura completa ($k_c = 1$). Es variable en función de la fracción de suelo cubierto. Su variabilidad es causada por la complejidad de los factores que influyen en la ET_c y que interaccionan entre ellos en función del tipo de olivar, del clima y del riego.

El método de cálculo de k_c mes a mes que se utiliza es el puesto en marcha gracias a la investigación realizada conjuntamente por el Instituto de Agricultura Sostenible de Córdoba y la Universidad de Córdoba. Se calcula como la suma de los siguientes coeficientes específicos:

$$k_c = k_t + k_s + k_g$$

1) k_t = coeficiente de transpiración. Se calcula como:

$$k_t = Qd * F1 * F2$$

- Qd : fracción de radiación interceptada:

$$Qd = 1 - e^{-K_{ext} * Vu}$$

$$Vu = V_o \left(\frac{dp}{10000} \right)$$

$$V_o = \frac{1}{6} * \pi * D^2 * H$$

$$K_{ext} = 0,52 + 0,00079 * dp - 0,76 * e^{-1,25 * DAF}$$

$$DAF = 2 - 0,53 * (Vu - 0,5)$$

- K_{ext} : coeficiente de extinción de la radiación.
- Vu : volumen de copa por unidad de superficie (m^3/m^2).
- V_o : volumen de copa ($m^3/\text{árbol}$).
- dp : densidad de plantación (árboles/ha).
- D : diámetro medio de la copa (m).
- H : altura de la copa (m).
- DAF : densidad de área foliar (m^2/m^3).

- $F1 = 0,66$ (para densidades de plantación > 250 árboles/ha)

- F2: los valores de F2 se recogen en la tabla 3.

	E	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
F2	0,70	0,75	0,80	0,90	1,05	1,25	1,25	1,20	1,10	1,20	1,10	0,70

Tabla 3. Valores de F2 para el cálculo de kt. Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, en este caso:

- D = 1 m.
- H = Alt = 2,5 m.
- dp = 1481 olivos/ha.

	F2	F1	dp	D	H	Vu	Vo	DAF	DAF ⁵	Kext	Qd	kt
Enero	0,70	0,66	1481	1,00	2,50	0,19	1,31	2,16	2,0	1,63	0,27	0,13
Febrero	0,75	0,66	1481	1,00	2,50	0,19	1,31	2,16	2,0	1,63	0,27	0,13
Marzo	0,80	0,66	1481	1,00	2,50	0,19	1,31	2,16	2,0	1,63	0,27	0,14
Abril	0,90	0,66	1481	1,00	2,50	0,19	1,31	2,16	2,0	1,63	0,27	0,16
Mayo	1,05	0,66	1481	1,00	2,50	0,19	1,31	2,16	2,0	1,63	0,27	0,19
Junio	1,25	0,66	1481	1,00	2,50	0,19	1,31	2,16	2,0	1,63	0,27	0,22
Julio	1,25	0,66	1481	1,00	2,50	0,19	1,31	2,16	2,0	1,63	0,27	0,22
Agosto	1,20	0,66	1481	1,00	2,50	0,19	1,31	2,16	2,0	1,63	0,27	0,21
Septiembre	1,10	0,66	1481	1,00	2,50	0,19	1,31	2,16	2,0	1,63	0,27	0,20
Octubre	1,20	0,66	1481	1,00	2,50	0,19	1,31	2,16	2,0	1,63	0,27	0,21
Noviembre	1,10	0,66	1481	1,00	2,50	0,19	1,31	2,16	2,0	1,63	0,27	0,20
Diciembre	0,70	0,66	1481	1,00	2,50	0,19	1,31	2,16	2,0	1,63	0,27	0,13

Tabla 4. Cálculo de kt. Fuente: elaboración propia.

2) ks: coeficiente de evaporación del suelo.

$$ks = \left[0,28 - 0,18 * CS - 0,03 * ET_o + \frac{3,8 * FL * (1 - FL)}{ET_o} \right] * (1 - fw)$$

$$CS = \frac{\pi * D^2}{4 * \left(\frac{dp}{10000} \right)}$$

- CS = fracción de suelo cubierto (valores entre 0 y 1).
- ET_o = evapotranspiración de referencia.

⁵ Si DAF > 2, entonces DAF = 2.

- FL = frecuencia de lluvia (nº de lluvias en un mes/nº días del mes).
- fw = fracción de suelo mojado por los goteros (valores entre 0 y 1).
- D = diámetro medio de la copa (m).
- dp = densidad de plantación (árboles/ha).

Por lo tanto, en este caso:

- fw = 15%
- D = 1 m.
- dp = 1481 olivos/ha.

	dp	D	fw	CS	Eto (mm)	Eto/día (mm/día)	nº lluvias/mes	nº días/mes	FL	ks
Enero	1481	1,00	0	0,12	45,10	1,46	4	31	0,13	0,51
Febrero	1481	1,00	0	0,12	56,01	2,00	4	28	0,14	0,43
Marzo	1481	1,00	0	0,12	85,95	2,77	4	31	0,13	0,33
Abril	1481	1,00	0,15	0,12	112,23	3,74	5	30	0,17	0,25
Mayo	1481	1,00	0,15	0,12	148,80	4,80	5	31	0,16	0,19
Junio	1481	1,00	0,15	0,12	184,66	6,16	3	30	0,10	0,11
Julio	1481	1,00	0,15	0,12	200,8	6,48	1	31	0,03	0,07
Agosto	1481	1,00	0,15	0,12	179,70	5,80	3	31	0,01	0,12
Septiembre	1481	1,00	0,15	0,12	119,42	3,98	5	30	0,17	0,23
Octubre	1481	1,00	0,15	0,12	81,77	2,64	5	31	0,16	0,32
Noviembre	1481	1,00	0	0,12	48,21	1,61	5	30	0,17	0,54
Diciembre	1481	1,00	0	0,12	38,54	1,24	4	31	0,12	0,57

Tabla 5. Cálculo de ks. Fuente: elaboración propia.

3) kg: coeficiente de evaporación desde el suelo mojado por los goteros.

$$kg = \frac{1,4 * e^{-1,6 * Qd} + (4 * \frac{\sqrt{i-1}}{Eto})}{i} * fw$$

- Qd: fracción de radiación interceptada.
- i: Intervalo entre riegos (con riego diario i = 1).
- fw: fracción de suelo mojado por los goteros (valores entre 0 y 1).

Por lo tanto, en este caso:

- Qd = 0,271

- $i = 1$
- $fw = 15\%$.

	Qd	fw	i	Eto/día (mm/día)	kg
Enero	0,27	0	0	1,46	0
Febrero	0,27	0	0	2,00	0
Marzo	0,27	0	0	2,77	0
Abril	0,27	0,15	1	3,74	0,14
Mayo	0,27	0,15	1	4,80	0,14
Junio	0,27	0,15	1	6,16	0,14
Julio	0,27	0,15	1	6,48	0,14
Agosto	0,27	0,15	1	5,80	0,14
Septiembre	0,27	0,15	1	3,98	0,14
Octubre	0,27	0,15	1	2,64	0,14
Noviembre	0,27	0	0	1,61	0
Diciembre	0,27	0	0	1,24	0

Tabla 6. Cálculo de kg. Fuente: elaboración propia.

kg	kt	ks	kc
0	0,13	0,51	0,63
0	0,13	0,43	0,57
0	0,14	0,33	0,47
0,14	0,16	0,25	0,54
0,14	0,19	0,19	0,51
0,14	0,22	0,11	0,47
0,14	0,22	0,07	0,43
0,14	0,21	0,12	0,47
0,14	0,20	0,23	0,56
0,14	0,21	0,32	0,67
0	0,20	0,54	0,74
0	0,13	0,57	0,69

Tabla 7. Cálculo de kc. Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Evapotranspiración máxima (ETc).

$$ET_c = ET_0 * kc$$

	Eto (mm/mes)	Eto/día (mm/día)	kc	Etc (mm/mes)	Etc/día (mm/día)
Enero	45,10	1,46	0,63	28,59	0,92
Febrero	56,01	2,00	0,57	31,68	1,13
Marzo	85,95	2,77	0,47	40,64	1,31
Abril	112,23	3,74	0,54	60,79	2,03
Mayo	148,80	4,80	0,51	76,27	2,46
Junio	184,66	6,16	0,47	86,77	2,89
Julio	200,81	6,48	0,43	86,36	2,79
Agosto	179,70	5,80	0,47	84,75	2,73
Septiembre	119,42	3,98	0,56	67,36	2,25
Octubre	81,77	2,64	0,67	54,71	1,77
Noviembre	48,21	1,61	0,74	35,47	1,18
Diciembre	38,54	1,24	0,69	26,60	0,86
Total	1301,20			679,99	

Tabla 8. Cálculo de la evapotranspiración máxima (ETc). Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto,

- $ET_0 = 1301,20$ mm/año.
- $ET_c = 679,99$ mm/año.

El mes de junio es el de mayor demanda evaporativa con 86,774 mm/mes.

3.2. Programación de los riegos.

3.2.1. Reserva de agua almacenada.

Las técnicas de programación de riegos permiten calcular cuándo regar y qué dosis aplicar para alcanzar el objetivo. El método más extendido para el cálculo de riego es el balance de agua, que consiste en calcular las variaciones en el contenido de agua del suelo como la diferencia entre las entradas y las salidas de agua del sistema⁶. La ecuación del balance de agua se escribe como:

$$DAS_t = DAS_{t-1} + RN + PE - ETC$$

- DAS: déficit de agua en el suelo, es decir, el contenido de agua que le falta al suelo para estar lleno (mm) al inicio y al final del período de tiempo considerado.

⁶ 476.

- RN: riego neto.
- PE: precipitación efectiva.
- ETC: evapotranspiración máxima del cultivo.

DAS ha de ser siempre inferior a un valor umbral, denominado déficit permisible (DASP), para que la producción no se vea afectada por el déficit hídrico. Depende de las características hidrofísicas del suelo, que a su vez son función de su textura y de la profundidad de suelo explorado por las raíces. El agua disponible para el cultivo está determinada por la diferencia entre la capacidad de campo (CC) y el nivel de agotamiento permisible (PMP). Cuando el suelo está a capacidad de campo se considera que está lleno de agua y que, por tanto, DAS es 0. El agua disponible (AD) para el cultivo se obtiene por la diferencia entre CC y PMP mediante la siguiente expresión:

$$AD (mm) = (CC - PMP) * Zr$$

- Zr: profundidad del sistema radical expresada en mm. A efectos de seguridad, es conveniente limitar su valor a 1 m en el caso del olivo.

Los valores de CC y PMP dependen de las clases texturales y en este caso, se calcularon durante el análisis del suelo en el Anejo I.

	Horizonte A	Horizonte AB	Horizonte Bt	
CC (cm³/ cm³)	0,25	0,31	0,41	0,32

Tabla 9. Datos de CC (cm³/cm³) del suelo. Fuente: elaboración propia.

	Horizonte A	Horizonte AB	Horizonte Bt	
PM (cm³/ cm³)	0,15	0,20	0,28	0,21

Tabla 10. Datos de PM (cm³/cm³) del suelo. Fuente: elaboración propia.

DASP se calcula como una fracción del agua disponible. En el caso del olivo, puede agotarse hasta un 75% del agua disponible del suelo sin que su producción se vea afectada. Por tanto, para programar los riegos para máxima producción se establece como criterio el siguiente umbral:

$$DASP (mm) = 0,75 * (CC - PMP) * Zr$$

Por lo tanto, en este caso:

$$DASP (mm) = 0,75 * (0,323 - 0,207) * 1000 = 87 \text{ mm}$$

El déficit de agua en el suelo nunca debe superar los 87 mm. Optar por esta estrategia conlleva un riesgo en los años secos que puede reducir la producción. Lo más recomendable es ajustar el riego a las condiciones ambientales de cada

año. El riego de los inviernos secos debe comenzar entre marzo y abril para evitar el estrés hídrico en una fase muy sensible: la floración.

3.2.2. Necesidades netas de riego.

Una parte del agua de riego se pierde por escorrentía, solo la otra parte se infiltra y queda almacenada en el suelo a disposición del cultivo. La precipitación efectiva (PE) depende de la intensidad de la lluvia y de las características del suelo que afectan a la velocidad de infiltración. Suele estimarse como una fracción de la precipitación total. Puede ser calculada por el método del *Bureau of Reclamation* de Estados Unidos.

Si $P < 250$ mm/mes, $PE = P * ((125 - 0,2 * P) / 125)$. Por lo tanto:

	P (mm)	PE (mm/mes)	nº días/mes	PE (mm/día)
Enero	32,36	30,68	31	0,99
Febrero	32,22	30,57	28	1,09
Marzo	45,95	42,57	31	1,37
Abril	44,85	41,63	30	1,39
Mayo	38,82	36,41	31	1,18
Junio	20,28	19,62	30	0,65
Julio	6,44	6,37	31	0,21
Agosto	18,07	17,54	31	0,57
Septiembre	52,75	48,30	30	1,61
Octubre	44,76	41,56	31	1,34
Noviembre	39,83	37,29	30	1,24
Diciembre	37,73	35,45	31	1,14
	414,06	389,00		

Tabla 11. Cálculo de la precipitación efectiva (mm). Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto:

- P = 414 mm
- PE = 388 mm

Se va a despreciar las lluvias de escasa cuantía que se producen en el mes de julio, las cuales se pierden por evaporación directa antes de que el cultivo pueda utilizarlas. Las necesidades netas de riego se calculan para el mes de máxima necesidad, es decir, junio (87 mm/mes = 2,9 mm/día).

$$2,9 \text{ mm/ día} \times 6,75 \text{ m}^2/\text{árbol} = 19,58 \text{ L de agua/árbol y día.}$$

Las necesidades de agua quedan reflejadas en la tabla 12:

	Etc (mm/mes)	P (mm)	PE (mm/mes)	Etc-PE (mm)	RN (1)	Reserva	RN (2)	D	DAS
Enero	28,59	32,36	30,68	-2,09	0	12,8	0		
Febrero	31,68	32,23	30,57	1,11	1	11,6	0	1,11	1,11
Marzo	40,64	45,95	42,57	-1,93	0	13,6	0		1,11
Abril	60,79	44,85	41,63	19,16	20	0,0	18	1,16	2,27
Mayo	76,27	38,82	36,41	39,86	40	0,0	35	4,86	7,13
Junio	86,77	20,28	19,62	67,15	68	0,0	67	0,15	7,28
Julio	86,36	6,44	0,00	86,36	87	0,0	85	1,36	8,64
Agosto	84,75	18,07	17,54	67,20	68	0,0	67	0,20	8,84
Septiembre	67,36	52,75	48,30	19,06	20	0,0	18	1,06	9,90
Octubre	54,71	44,76	41,56	13,16	13	0,0	10	3,16	13,06
Noviembre	35,47	39,83	37,29	-1,82	0	1,8	0		
Diciembre	26,60	37,73	35,45	-8,85	0	10,7	0		
	679,99	414,06	381,62		317		300	13,06	

Tabla 12. Balance hídrico. Fuente: elaboración propia.

- RN (1): Riego neto ignorando la reserva de agua en el suelo (mm).
- RN (2): Riego neto aprovechando la reserva de agua en el suelo (mm).
- D: déficit de agua en el suelo (mm).
- DAS: déficit acumulado de agua en el suelo (mm).

El riego de la plantación va a seguir dos estrategias dependiendo de la pluviometría anual. La primera de ellas ignora la reserva de agua almacenada en el suelo durante los meses excedentarios de agua. Se va a realizar durante los años cuya precipitación invernal haya sido muy baja. El inconveniente que presenta es que se desperdicia agua y el caudal punto de riego es mayor. La segunda estrategia consiste en regar menos durante los meses de máxima demanda, de manera que el déficit sea compensado por la extracción de la reserva de agua al suelo. Puede aprovecharse la reserva de agua en el suelo en los meses más deficitarios siempre que no supere el déficit permisible, en este caso, 87 mm. Aunque la reserva de agua a lo largo del año no es muy grande, apenas alcanza los 14 mm, se va a utilizar siempre que se pueda.

- a) **Primera estrategia:** los valores de RN (1) de la tabla 12 indican el riego neto necesario cada mes ignorando la reserva de agua. La aportación anual sería 317 mm netos. La caudal punta correspondiente a julio es 87 mm/mes.
- b) **Segunda estrategia:** los valores de RN (2) de la tabla 12 indican el riego neto mensual de cada mes aprovechando la reserva de agua en el suelo. La aportación anual sería 300 mm netos y la caudal punta correspondiente a julio es 85 mm/mes sin agotar la reserva.

Con el objetivo de rentabilizar y maximizar el beneficio por unidad de agua aplicada se va a aplicar una estrategia de riego deficitario. El riego deficitario de esta plantación presenta las siguientes características:

- Se riega con dotaciones que cubran el 90% de las necesarias para satisfacer la ETc.
- Se aplica exclusivamente en los meses de julio y agosto, evitando el estrés hídrico en primavera y otoño (tras el cuajado).
- Se aplica a partir del tercer año de plantación. En olivos jóvenes el riego deficitario puede suponer una reducción del crecimiento y, por lo tanto, de su capacidad productiva.

Por lo tanto, las necesidades de agua a partir del tercer año quedan reflejadas en la tabla 13.

	Etc (mm/mes)	P (mm)	PE (mm/mes)	Etc-PE (mm)	RN (1)	Reserva	RN(2)	D	DAS	RDN (1)	RDN (2)
Enero	28,59	32,36	30,68	-2,09	0	12,8	0			0	0
Febrero	31,68	32,23	30,57	1,11	1	11,6	0	1,11	1,11	1	0
Marzo	40,64	45,95	42,57	-1,93	0	13,6	0		1,11	0	0
Abril	60,79	44,85	41,63	19,16	20	0,0	18	1,16	2,27	20	18
Mayo	76,27	38,82	36,41	39,86	40	0,0	35	4,86	7,13	40	35
Junio	86,77	20,28	19,62	67,15	68	0,0	67	0,15	7,28	68	67
Julio	86,36	6,44	0,00	86,36	87	0,0	85	1,36	8,64	78	77
Agosto	84,75	18,07	17,54	67,20	68	0,0	67	0,20	8,84	61	60
Septiembre	67,36	52,75	48,30	19,06	20	0,0	18	1,06	9,90	20	18
Octubre	54,71	44,76	41,56	13,16	13	0,0	10	3,16	13,06	13	10
Noviembre	35,47	39,83	37,29	-1,82	0	1,8	0			0	0
Diciembre	26,60	37,73	35,45	-8,85	0	10,7	0			0	0
	679,99	414,06	381,62		317		300	13,06		301	285

Tabla 13. Balance hídrico de riego deficitario. Fuente: elaboración propia.

- RDN (1): Riego deficitario neto ignorando la reserva de agua en el suelo (mm).
- RDN (2): Riego deficitario neto aprovechando la reserva de agua en el suelo (mm).

3.2.3. Cálculo de los emisores.

El emisor seleccionado para instalar en la plantación es un gotero autocompensante con caudal nominal de 4 L/h. Este tipo de emisores dan resultados muy satisfactorios en cuanto a eficiencia y uniformidad.

El diámetro de suelo mojado⁷ (Dm) se calcula:

$$Dm (m) = 0,7 + 0,11 * q$$

La superficie mojada (Sm) se calcula a partir del diámetro mojado:

$$Sm (m^2) = \frac{\pi * Dm}{4}$$

Finalmente, el nº de emisores/olivo (ne) que se deben instalar se calcula:

$$ne \geq \frac{a * b * P}{100 * Sm}$$

- q (L/h): caudal nominal del emisor = 4 L/h.
- $a \times b$ (marco de plantación) = 4,5 x 1,5 m.
- P : porcentaje de suelo mojado = 15 %.

Por lo tanto, para esta plantación:

$$Dm (m) = 0,7 + 0,11 * 4 = 1,14 m$$

$$Sm (m^2) = \frac{\pi * 1,14}{4} = 0,895 m^2$$

$$ne \geq \frac{4,5 * 1,5 * 15}{100 * 0,895} = 1,13$$

El número de emisores por olivo es 2.

3.2.4. Separación entre los emisores.

Para el cálculo de la separación entre emisores es necesario tener en cuenta que el fabricante recomienda para este tipo de cultivos un solapamiento del 30%. Por lo tanto, la separación entre emisores viene determinada:

$$Se = Rm \left(2 - \frac{a}{100} \right)$$

⁷ PASTOR Muñoz Cobo. *Cultivo del olivo con riego localizado*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa (2005).

Siendo:

- Se : separación entre emisores (m).
- Rm : radio mojado (m).
- a : solapamiento.

Para un emisor de 4 L/h en esta plantación, el diámetro de suelo mojado es 1,14 m, consecuentemente, el radio mojado es 0,57 m. Por lo tanto:

$$Se = 0,57 \left(2 - \frac{30}{100} \right) = 0,969 \text{ m}$$

La distancia comercial elegida entre goteros es 0,75 m.

Se instalan 2 emisores autocompensantes por olivo con un caudal nominal constante de 4L/h. Respecto a su disposición, están distribuidos en una línea simple (ramal) por fila de árboles con una separación de 0,75 m.

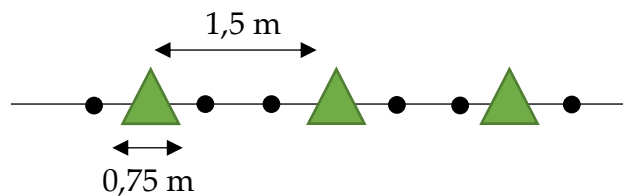


Tabla 14. Disposición de la línea de riego en una fila de árboles. Fuente: elaboración propia.

▲ Árbol. ● Emisor.

3.2.5. Frecuencia y tiempo de riego.

Para el cálculo de la frecuencia de riego, hay que tener en cuenta las necesidades de agua brutas. Se calculan dividiendo las necesidades netas por el coeficiente uniformidad en la distribución del agua, en este caso 0,95.

	NRb (mm/mes)				NRb (mm/día)				Intervalo entre riegos
	RD (1)	RD (2)	RDN (1)	RDN (2)	RD (1)	RD (2)	RDN (1)	RDN (2)	
Abril	21	19			0,7	0,6			7 días
Mayo	42	37			1,4	1,2			3 días
Junio	72	71			2,4	2,4			1 días
Julio	92	89	82	81	3,0	2,9	2,6	2,6	1 día
Agosto	72	71	64	63	2,3	2,3	2,1	2,0	2 días
Septiembre	21	19			0,7	0,6			7 días
Octubre	14	11			0,5	0,4			10 días

Tabla 15. Necesidades brutas de riego e intervalo entre riegos. Fuente: elaboración propia.

$$\text{Tiempo de riego } \left(\frac{h}{\text{día}}\right) = \frac{NRt * a * b}{N^{\circ}e * q} * I$$

Siendo:

- Nrt: Necesidades netas de riego (mm/día).
- a * b: marco de la plantación.
- N° e: número de emisores por planta.
- q: caudal nominal de los emisores.
- I: intervalo entre riegos (día).

	Tiempo de riego (h/día)				N° de riegos/mes
	RD (1)	RD (2)	RDN (1)	RDN (2)	
Abril	4,13	3,54			4
Mayo	3,54	3,04			10
Junio	2,03	2,03			30
Julio	2,53	2,45	2,19	2,219	31
Agosto	3,88	3,88	3,54	3,38	15
Septiembre	4,13	3,54			4
Octubre	3,38	2,53			3

Tabla 16. Tiempo de riego. Fuente: elaboración propia.

3.2.6. Sectores de riego.

El número de sectores de riego en los que se va a dividir la parcela depende del caudal disponible, es decir, de la concesión de la comunidad de regantes y el

caudal demandado para el tiempo de riego calculado. En esta plantación, el caudal disponible es 35 L/s.

$$N^{\circ} \text{ ha de riego simultáneo} = \frac{Q_{\text{demandado}}}{Q_{\text{disponible}}}$$

El caudal ficticio continuo es el correspondiente al mes de mayor requerimiento hídrico, en este caso, el mes de junio:

$$q_{fc} = \frac{86,7}{30} * \frac{10000}{24 * 3600} = 0,33 \frac{L}{s * ha}$$

$$\frac{0,33}{0,95} = 0,35 \frac{L}{s * ha}$$

Teniendo en cuenta que se riega durante 2,03 horas:

$$Q_{\text{demandado}} = \frac{0,35 * 24}{2,03} = 4,14 \frac{L}{s * ha}$$

Por lo tanto, el número de hectáreas que puede regarse simultáneamente son:

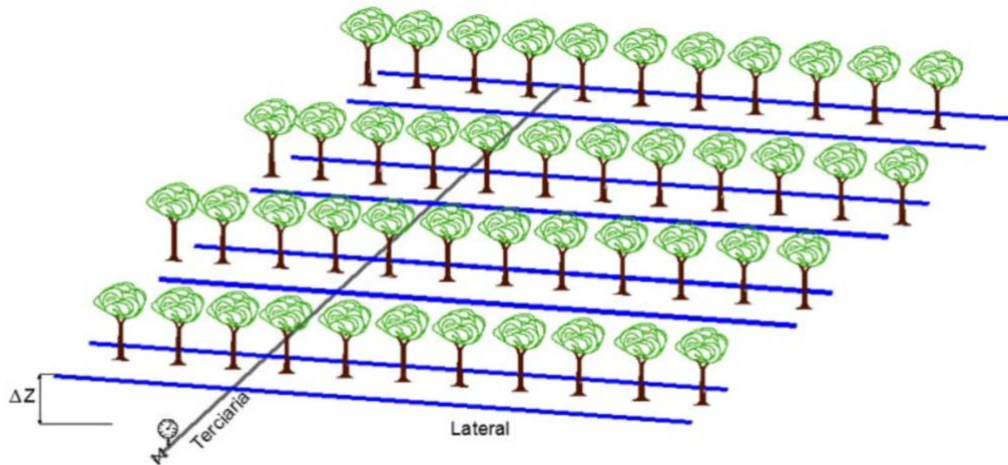
$$\frac{Q_{\text{demandado}}}{Q_{\text{ficticio}}} = \frac{4,14}{0,35} = 12 \text{ ha}$$

Por lo tanto, se decide dividir la parcela en 3 sectores de riego.

4. DISEÑO HIDRÁULICO.

Una de las partes fundamentales en el diseño del riego localizado son las subunidades de riego o conjunto de laterales (ramales) conectadas a una terciaria (tuberías porta-ramales) y controlados por un elemento de regulación de presión, manual o automático. El objetivo principal de cualquier sistema de riego es alcanzar la máxima eficiencia de aplicación y ello pasa por garantizar una alta uniformidad de distribución en subunidad.

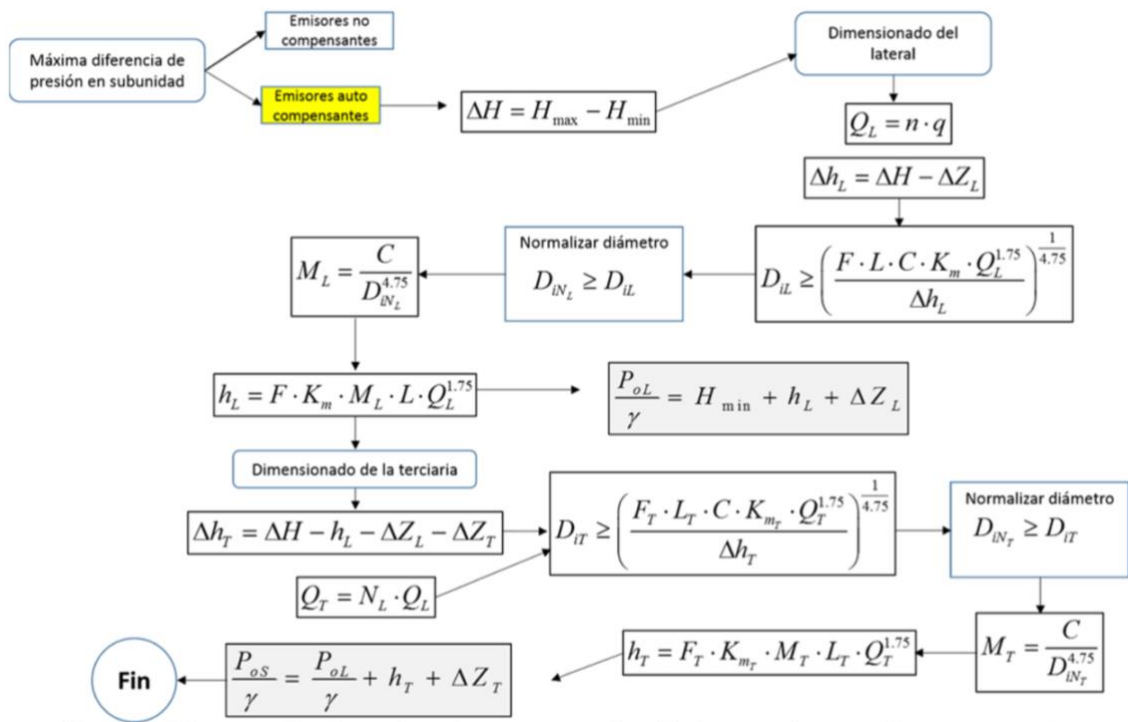
En este sentido, se realiza el cálculo de las subunidades de forma que sean lo más uniformes posibles y cuyas dimensiones sean las más favorables para el manejo y mantenimiento de estas. Su geometría debe cubrir la zona regable.



Gráfica 1. Diseño subunidades de riego. Fuente: DimSub.

Por otra parte, se calculan y definen las dimensiones de los diámetros de las tuberías lateral y terciaria. El agua se bombea desde la balsa. Una electrobomba bombea el agua hasta cada uno de los nudos de consumo. El caudal disponible es 35 L/s. Es necesario estimar los diámetros de los ramales y de la tubería porta-ramales, determinar la presión necesaria en cabeza de cada una de las unidades de riego, el diámetro de la tubería principal y la potencia de bombeo.

La metodología de cálculo de subunidades del programa para emisores auto compensantes se ilustra en el siguiente diagrama:



4.1. Cálculo hidráulico de los ramales y los porta-ramales.

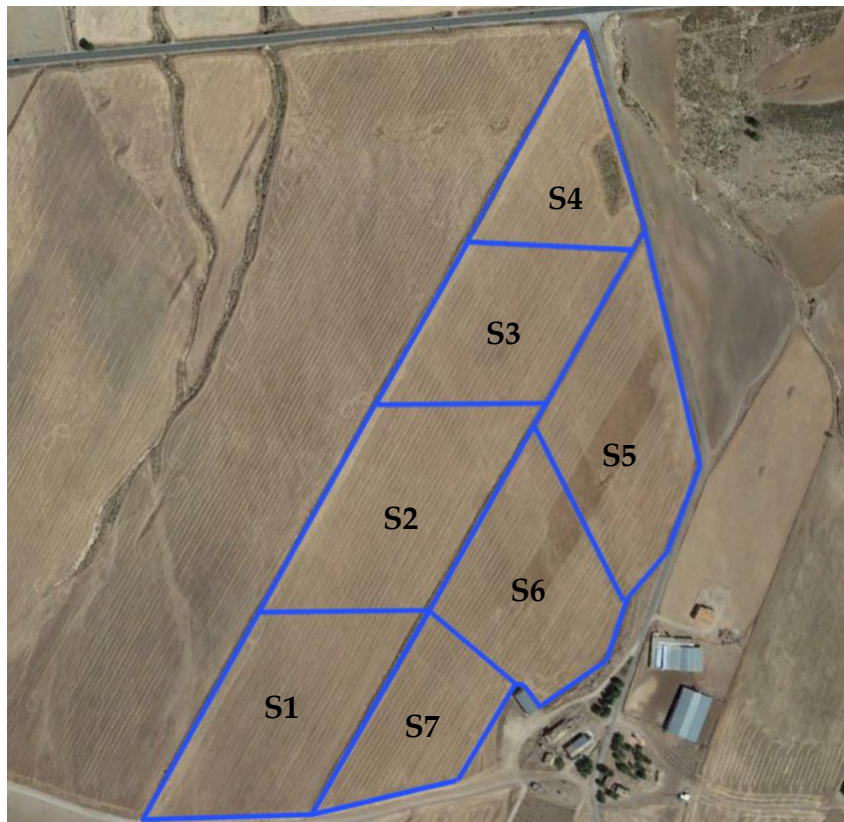
El cálculo de la red terciaria y de los laterales se realiza usando criterios de optimización técnica-económica. Los diámetros se ajustan a las características de la parcela. El cálculo se realiza mediante la aplicación informática DimSub desarrollada por el departamento de Ingeniería Rural de la UPV.

Se trata del diseño y dimensionado de siete subunidades de riego con emisores auto compensantes en una parcela con ligera pendiente. El caudal del emisor es 4L/h con un rango de auto compensación de 10 a 40 mca. Su longitud equivalente es 0,3 m. Los emisores están integrados en una tubería telescópica lateral PVC UNE EN 1451 de diámetro interior 21,2 mm y están dispuestos a 0,75 m en el lateral.

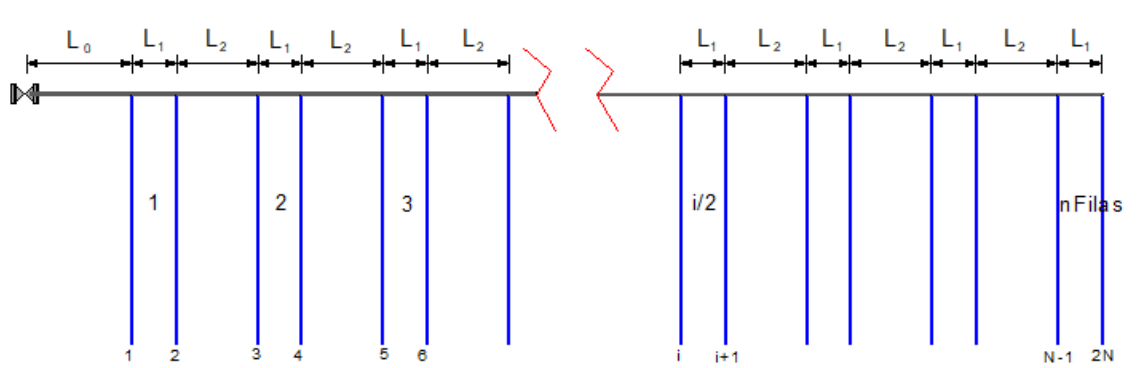
La superficie regable es 22 ha y el marco de plantación es 4,5 x 1,5 m con ramal simple por fila de plantas. La separación entre ramales es 4,5 m. Los laterales están alimentados por un punto intermedio. La geometría de las subunidades S1, S2, S3, S5, S6 y S7 es regular y la S4 presenta geometría irregular (se calcula con la longitud lateral de máxima distancia).

Subunidad	Nº ramales	Longitud de los ramales (m)
S1	40	250
S2	40	250
S3	40	200
S4	40	250 ⁸
S5	45	250
S6	45	200
S7	35	250

Tabla 17. Subunidades de riego.

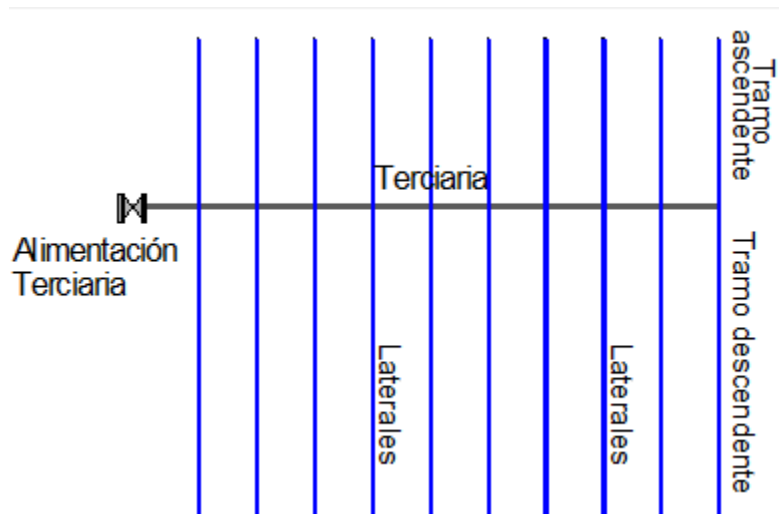


Gráfica 2. Subunidades de riego. Fuente: elaboración propia.



Gráfica 3. Disposición de laterales en terciaria. Fuente: DimSub.

⁸ Longitud del máximo ramal.



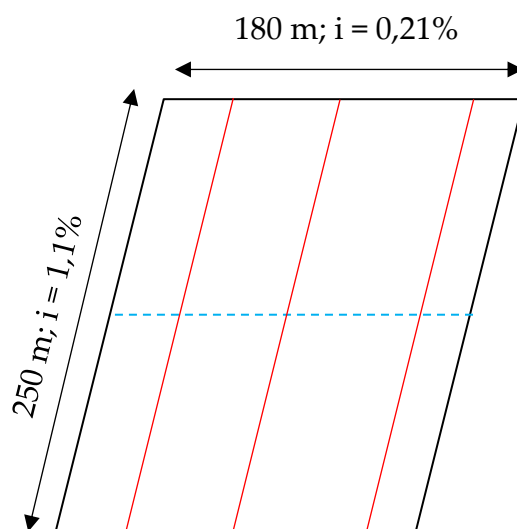
Gráfica 4. Alimentación de laterales y terciarias. Fuente: DimSub.

En este caso,

- $L0 = 1 \text{ m.}$
- $L1 = 1 \text{ m.}$
- $L2 = 3,5 \text{ m.}$

4.1.1. Subunidad 1.

El número de ramales en esta subunidad es 40 y el coeficiente mayorante (Km) se ha estimado en 1,2. En la siguiente figura se muestra la disposición de la tubería porta-ramales (azul) y de los ramales (rojo).



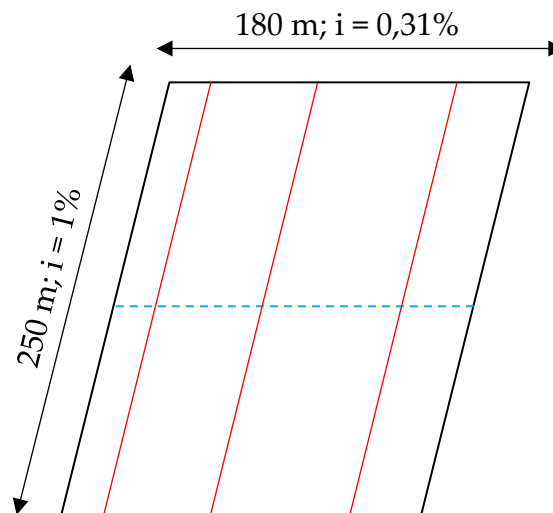
Alimentación lateral alimentado por el medio alimentado por un punto item		Material terciaria PVC UNE EN 1451 PE 40 UNE EN 12201 PE 100 UNE EN 1220		Alimentación terciaria Alimentada por el extremo Alimentada por el medio		Geometría Subunidad Rectangular Irregular	
Tipo Emisor No compensante Auto compensante		Emisor auto compensante Presión mínima 10 m Presión Máxima 40 m Coste emisor y lateral €/m		Disposición Laterales Un lateral por fila de plantas Doble lateral fila de plantas		Dimensionado Lateral	
Denominación		Variables Dimensionado Lateral Variación Presión Subunidad 30 m Nº emisores lateral 334 Desnivel lateral 2.75 m Pérdida de carga admisible 27.25 m Coeficiente mayorante 1.4 Coeficiente C Blasius 0.466 Coeficiente M Blasius 2.34E-07		Tipo terciaria Característica única Tubería telescópica		Dimensionado Terciaria	
Caudal emisor 4 Longitud equivalente 0.3 m Distancia inicial S0 0.25 m Separación emisores S 0.75 m Longitud lateral 250 m Diámetro Interior Lateral 21.2 mm Pendiente lateral 1.1 % Coeficiente de variación CV 7 % Temperatura de cálculo 20 °C		Variables Dimensionado Terciaria Máxima Variación Presión 27.25 mca Caudal por derivación 1336 l/h Longitud terciaria 176.5 m Coeficiente Christiansen 0.364 Desnivel Terciaria 0.37 m Pérdida de carga admisible 26.88 m Caudal terciaria 53440 l/h Diámetro mínimo Terciaria 58.7 mm		Datos Terciaria Coef. Mayorante, Km 1.2 Nº laterales terciaria 40 Distancia inicial (Lo) 1 m Separación laterales (L) 4.5 m Pendiente terciaria 0.21 %		Resultados Terciaria Diám. Interior Superior 59 mm Diam. Nominal Superior 63 mm Diám. interior inferior 46.8 mm Diam. Nominal inferior 50 mm Longitud Tramo I 145 m Longitud Tramo II 31.5 m Coeficiente Beta r 1 Pérdida carga terciaria 26.69 m Presión inicio ter. 39.8 m Presión final terciaria 12.7 m Variación presión Terciaria 27.06 m	
Resultados Lateral Caudal Inicio Lateral 1336 l/h Longitud Tramo Descente 163.62 m Longitud Tramo Ascendente 86.38 m Pérdida Carga T. Descen. 2.71 mca Pérdida Carga T. Ascen. 0.48 mca Presión Requerida inicio 12.75 mca Presión mínima T. Descen. 10 mca Presión mínima T. Ascen. 11.32 mca Variación de Presión 2.75 mca Uniformidad Emisión 93.7 %						Mediciones Imprimir Exportar Resultados Leer Datos Grabar Datos Salir	

Gráfica 5. Cálculo subunidad 1. Fuente: DimSub.

El diámetro comercial de la tubería porta-ramales es 63/50. El tramo descendente tiene 164 m y el ascendente 86 m.

4.1.2. Subunidad 2.

La subunidad 2 tiene las mismas dimensiones que la subunidad 1. La pendiente lateral es 1% y la terciaria es 0,31%. El número de ramales es 40. En la siguiente figura se muestra la disposición de la tubería porta-ramales (azul) y de los ramales (rojo)



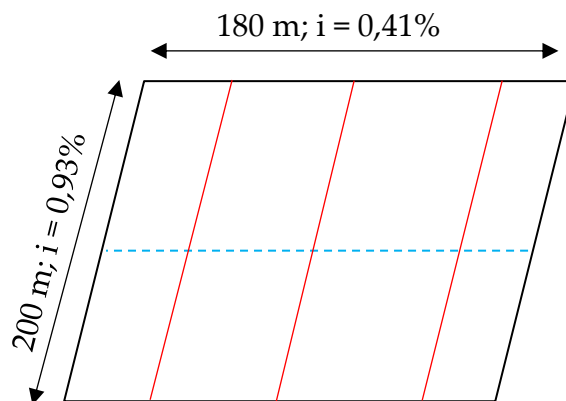
Alimentación lateral alimentado por el medio alimentado por un punto intern	Material terciaria PVC UNE EN 1451 PE 40 UNE EN 12201 PE 100 UNE EN 1220	Alimentación terciaria Alimentada por el extremo Alimentada por el medio	Geometría Subunidad Rectangular Irregular
Tipo Emisor No compensante Auto compensante	Emisor auto compensante Presión mínima 10 m Presión Máxima 40 m Coste emisor y lateral €/m	Disposición Laterales Un lateral por fila de plantas Doble lateral fila de plantas	Dimensionado Lateral Geometría Subunidad
Denominación	Variables Dimensionado Lateral Variación Presión Subunidad 30 m Nº emisores lateral 334 Desnivel lateral 2.5 m Pérdida de carga admisible 27.5 m Coeficiente mayorante 1.4 Coeficiente C Blasius 0.466 Coeficiente M Blasius 2.34E-07	Tipo terciaria Característica única Tubería telescópica	Dimensionado Terciaria Poner Resultados en tabla Ver Esquema Mediciones Imprimir
Caudal emisor 4 Longitud equivalente 0.3 m Distancia inicial So 0.25 m Separación emisores S 0.75 m Longitud lateral 250 m Diámetro Interior Lateral 21.2 mm Pendiente lateral 1 % Coeficiente de variación CV 7 % Temperatura de cálculo 20 °C	Resultados Lateral Caudal Inicio Lateral 1336 l/h Longitud Tramo Descendente 160.62 m Longitud Tramo Ascendente 89.38 m Pérdida Carga T. Descen. 2.58 mca Pérdida Carga T. Ascen. 0.52 mca Presión Requerida inicio 12.61 mca Presión mínima T. Descen. 10 mca Presión mínima T. Ascen. 11.19 mca Variación de Presión 2.61 mca Uniformidad Emisión 93.7 %	Datos Terciaria Coef. Mayorante, Km 1.2 Nº laterales terciaria 40 Distancia inicial (Lo) 1 m Separación laterales (L) 4.5 m Pendiente terciaria 0.31 %	Resultados Terciaria Diám. Interior Superior 59 mm Diam. Nominal Superior 63 mm Diam. Nominal inferior 46.8 mm Diám. interior inferior 50 mm Longitud Tramo I 145 m Longitud Tramo II 31.5 m Coeficiente Beta r 1 Pérdida carga terciaria 26.69 m Presión inicio ter. 39.9 m Presión final terciaria 12.6 m Variación presión Terciaria 27.24 m

Gráfica 6. Cálculo subunidad 2. Fuente: DimSub.

El diámetro comercial de la tubería porta-ramales es 63/50. El tramo descendente tiene 161 m y el ascendente 89 m.

4.1.3. Subunidad 3.

El número de ramales de la subunidad es 40. En la siguiente figura se muestra la disposición de la tubería porta-ramales (azul) y de los ramales (rojo)



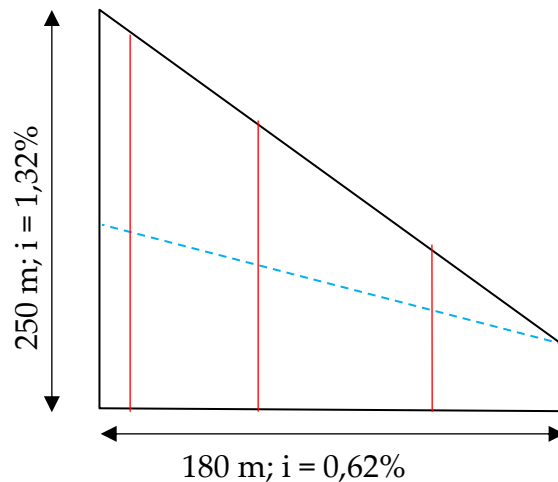
Alimentación lateral	alimentado por el medio alimentado por un punto intern	Material terciaria	PVC UNE EN 1451 PE 40 UNE EN 12201 PE 100 UNE EN 1220	Alimentación terciaria	Alimentada por el extremo Alimentada por el medio	Geometría Subunidad	Rectangular Irregular
Tipo Emisor	No compensante Auto compensante	Emisor auto compensante	Presión mínima 10 m Presión Máxima 40 m Coste emisor y lateral €/m	Disposición Laterales	Un lateral por fila de plantas Doble lateral fila de plantas	Dimensionado Lateral	
Denominación		Variables Dimensionado Lateral	Variación Presión Subunidad 30 m Nº emisores lateral 267 Desnivel lateral 1.86 m Pérdida de carga admisible 28.14 m Coeficiente mayorante 1.4 Coeficiente C Blasius 0.466 Coeficiente M Blasius 2.34E-07	Datos Terciaria	Coef. Mayorante, Km 1.2 Nº laterales terciaria 40 Distancia inicial (Lo) 1 m Separación laterales (L) 4.5 m Pendiente terciaria 0.41 %	Dimensionado Terciaria	
Caudal emisor 4	Longtud equivalente 0.3 m			Resultados Terciaria	Diám. Interior Superior 59 mm Diam. Nominal Superior 63 mm Diám. interior inferior 46.8 mm Diám. Nominal inferior 50 mm Longitud Tramo I 68.5 m Longitud Tramo II 108 m Coeficiente Beta r 1 Pérdida carga terciaria 27.06 m Presión inicio ter. 39.5 m Presión final terciaria 11.7 m Variación presión Terciaria 27.79 m	Poner Resultados en tabla	
Distancia inicial So 0.5 m	Separación emisores S 0.75 m	Variables dimensionado Terciaria	Máxima Variación Presión 28.32 mca Caudal por derivación 1068 l/h Longitud terciaria 176.5 m Coeficiente Christiansen 0.364 Desnivel Terciaria 0.72 m Pérdida de carga admisible 27.6 m Caudal terciaria 42720 l/h Diámetro mínimo Terciaria 53.7 mm			Ver Esquema	
Longtud lateral 200 m	Diámetro Interior Lateral 21.2 mm					Mediciones	
Pendiente lateral 0.93 %	Coeficiente de variación CV 7 %					Imprimir	
Temperatura de cálculo 20 °C						Exportar Resultados	
Resultados Lateral	Caudal Inicio Lateral 1068 l/h					Leer Datos	
	Longtud Tramo Descente 136.75 m					Grabar Datos	
	Longtud Tramo Ascendente 63.25 m					Salir	
	Pérdida Carga T. Descen. 1.65 mca						
	Pérdida Carga T. Ascen. 0.2 mca						
	Presión Requerida inicio 11.68 mca						
	Presión mínima T. Descen. 10 mca						
	Presión mínima T. Ascen. 10.89 mca						
	Variación de Presión 1.68 mca						
	Uniformidad Emisión 93.7 %						

Gráfica 7. Cálculo subunidad 3. Fuente: DimSub.

El diámetro comercial de la tubería porta-ramales es 63/50. El tramo descendente tiene 137 m y el ascendente 63 m.

4.1.4. Subunidad 4.

El número de ramales es 40. En la siguiente figura se muestra la disposición de la tubería porta-ramales (azul) y de los ramales (rojo)



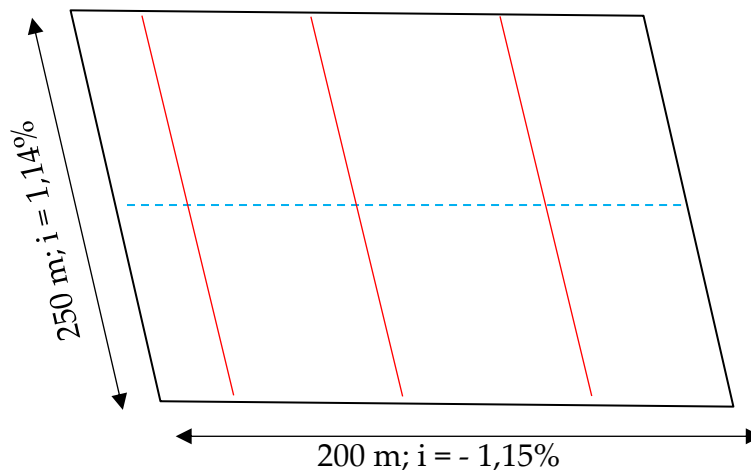
Alimentación lateral	alimentado por el medio alimentado por un punto interm	Material terciaria	PVC UNE EN 1451 PE 40 UNE EN 12201 PE 100 UNE EN 1220	Alimentación terciaria	Alimentada por el extremo Alimentada por el medio	Geometría Subunidad	Rectangular Irregular
Tipo Emisor	No compensante Auto compensante	Emisor auto compensante	Presión mínima 10 m Presión Máxima 40 m Coste emisor y lateral €/m	Disposición Laterales	Un lateral por fila de plantas Doble lateral fila de plantas	Dimensionado Lateral	
Denominación		Variables Dimensionado Lateral	Variación Presión Subunidad 30 m Nº emisores lateral 334 Desnivel lateral 3.3 m Pérdida de carga admisible 26.7 m Coeficiente mayorante 1.4 Coeficiente C Blasius 0.466 Coeficiente M Blasius 2.34E-07	Tipo terciaria	Característica única Tubería telescópica	Dimensionado Terciaria	
Caudal emisor 4		Variables dimensionado Terciaria	Máxima Variación Presión 26.97 mca Caudal por derivación 1336 l/h Longitud terciaria 176.5 m Coeficiente Christiansen 0.364 Desnivel Terciaria 1.09 m Pérdida de carga admisible 25.88 m Caudal terciaria 53440 l/h Diámetro mínimo Terciaria 59.1 mm	Datos Terciaria	Coef. Mayorante, Km 1.2 Nº laterales terciaria 40 Distancia inicial (Lo) 1 m Separación laterales (L) 4.5 m Pendiente terciaria 0.62 %	Poner Resultados en tabla	
Longitud equivalente 0.3 m				Resultados Terciaria	Diám. Interior Superior 70.4 mm Diám. Nominal Superior 75 mm Diám. interior inferior 59 mm Diám. Nominal inferior 63 mm Longitud Tramo I 5.5 m Longitud Tramo II 171 m Coeficiente Beta r 1 Pérdida carga terciaria 24.93 m Presión inicio ter. 39.1 m Presión final terciaria 13 m Variación presión Terciaria 26.03 m	Ver Esquema	
Distancia inicial So 0.25 m						Mediciones	
Separación emisores S 0.75 m						Imprimir	
Longitud lateral 250 m						Exportar Resultados	
Diámetro Interior Lateral 21.2 mm						Leer Datos	
Pendiente lateral 1.32 %						Grabar Datos	
Coeficiente de variación CV 7 %						Salir	
Temperatura de cálculo 20 °C							
Resultados Lateral							
Caudal Inicio Lateral 1336 l/h							
Longitud Tramo Descendente 169.62 m							
Longitud Tramo Ascendente 80.38 m							
Pérdida Carga T. Descen. 2.99 mca							
Pérdida Carga T. Ascen. 0.39 mca							
Presión Requerida inicio 13.03 mca							
Presión mínima T. Descen. 10 mca							
Presión mínima T. Ascen. 11.58 mca							
Variación de Presión 3.03 mca							
Uniformidad Emisión 93.7 %							

Gráfica 8. Cálculo subunidad 4. Fuente: DimSub.

El diámetro comercial de la tubería porta-ramales es 75/63. El tramo descendente tiene 170 m y el ascendente 80 m.

4.1.5. Subunidad 5.

El número de ramales en esta subunidad es 45. En la siguiente figura se muestra la disposición de la tubería porta-ramales (azul) y de los ramales (rojo).



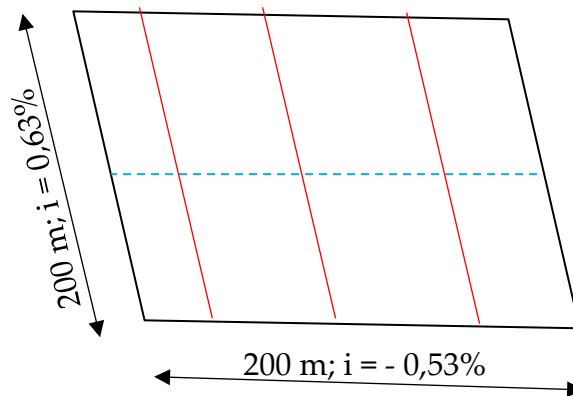
Alimentación lateral	alimentado por el medio	Material terciaria	PVC UNE EN 1451	Alimentación terciaria	Alimentada por el extremo	Geometría Subunidad	Rectangular
Tipo Emisor	alimentado por un punto interm	PE 40 UNE EN 12201	PE 100 UNE EN 1220	Alimentada por el medio		Irregular	
Denominación		Emisor auto compensante		Disposición Laterales	Un lateral por fila de plantas		
Caudal emisor	4	Presión mínima	10 m	Doble lateral fila de plantas		Dimensionado Lateral	
Longitud equivalente	0.3 m	Presión Máxima	40 m	Tubería telescópica		Dimensionado Terciaria	
Distancia inicial So	0.25 m	Coste emisor y lateral	€/m	Datos Terciaria		Poner Resultados en tabla	
Separación emisores S	0.75 m	Variables Dimensionado Lateral		Coef. Mayorante, Km	1.2	Ver Esquema	
Longitud lateral	250 mm	Variación Presión Subunidad	30 m	Nº laterales terciaria	45	Mediciones	
Diámetro Interior Lateral	21.2 mm	Nº emisores lateral	334	Distancia inicial (Lo)	1 m	Imprimir	
Pendiente lateral	1.14 %	Desnivel lateral	2.85 m	Separación laterales (L)	4.5 m	Exportar Resultados	
Coeficiente de variación CV	7 %	Pérdida de carga admisible	27.15 m	Pendiente terciaria	-1.15 %	Leer Datos	
Temperatura de cálculo	20 °C	Coeficiente mayorante	1.4			Grabar Datos	
Resultados Lateral		Coeficiente C Blasius	0.466	Resultados Terciaria		Salir	
Caudal Inicio Lateral	1336 l/h	Coeficiente M Blasius	2.34E-07	Diám. Interior Superior	70.4 mm		
Longitud Tramo Descen	164.38 m	Variables dimensionado Terciaria		Diam. Nominal Superior	75 mm		
Longitud Tramo Ascendente	85.62 m	Máxima Variación Presión	27.22 mca	Diám. interior inferior	59 mm		
Pérdida Carga T. Descen.	2.75 mca	Caudal por derivación	1336 l/h	Diám. Nominal inferior	63 mm		
Pérdida Carga T. Ascen.	0.47 mca	Longitud terciaria	199 m	Longitud Tramo I	28 m		
Presión Requerida inicio	12.78 mca	Coeficiente Christiansen	0.364	Longitud Tramo II	171 m		
Presión mínima T. Descen.	10 mca	Desnivel Terciaria	-2.29 m	Coeficiente Beta r	1		
Presión mínima T. Ascen.	11.34 mca	Pérdida de carga admisible	29.51 m	Pérdida carga terciaria	29.29 m		
Variación de Presión	2.78 mca	Caudal terciaria	60120 l/h	Presión inicio ter.	39.8 m		
Uniformidad Emisión	93.7 %	Diámetro mínimo Terciaria	61.6 mm	Presión final terciaria	12.8 m		
				Variación presión Terciaria	27 m		

Gráfica 9. Cálculo subunidad 5. Fuente: DimSub.

El diámetro comercial de la tubería porta-ramales es 75/63. El tramo descendente tiene 165 m y el ascendente 85 m.

4.1.6. Subunidad 6.

El número de ramales en esta subunidad es 45. En la siguiente figura se muestra la disposición de la tubería porta-ramales (azul) y de los ramales (rojo)



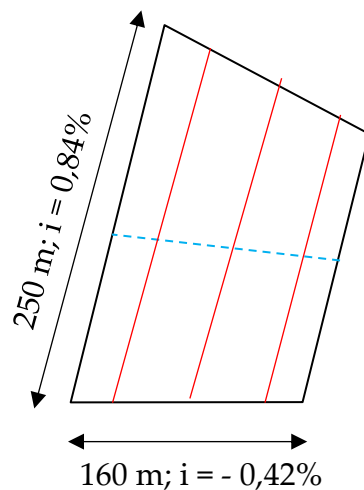
Alimentación lateral	alimentado por el medio	Material terciaria	PVC UNE EN 1451	Alimentación terciaria	Alimentada por el extremo	Geometría Subunidad	Rectangular
Tipo Emisor	Auto compensante	PE 40 UNE EN 12201		Alimentada por el medio		Irregular	
Denominación		PE 100 UNE EN 1220					
Emisor auto compensante				Disposición Laterales	Un lateral por fila de plantas	Dimensionado Lateral	
Presión mínima	10 m			Doble lateral fila de plantas		Dimensionado Terciaria	
Presión Máxima	40 m			Tipo terciaria	Característica única	Poner Resultados en tabla	
Coste emisor y lateral	€/m			Tubería telescópica		Ver Esquema	
Variables Dimensionado Lateral				Datos Terciaria		Mediciones	
Variación Presión Subunidad	30 m			Coef. Mayorante, Km	1.2	Imprimir	
Nº emisores lateral	267			Nº laterales terciaria	45	Exportar Resultados	
Desnivel lateral	1.26 m			Distancia inicial (Lo)	1 m	Leer Datos	
Pérdida de carga admisible	28.74 m			Separación laterales (L)	4.5 m	Grabar Datos	
Coeficiente mayorante	1.4			Pendiente terciaria	-0.53 %	Salir	
Coeficiente C Blasius	0.466			Resultados Terciaria			
Coeficiente M Blasius	2.34E-07			Diám. Interior Superior	59 mm		
Variables dimensionado Terciaria				Diam. Nominal Superior	63 mm		
Máxima Variación Presión	28.65 mca			Diám. interior inferior	46.8 mm		
Caudal por derivación	1068 l/h			Diám. Nominal inferior	50 mm		
Longitud terciaria	199 m			Longitud Tramo I	113.5 m		
Coeficiente Christiansen	0.364			Longitud Tramo II	85.5 m		
Desnivel Terciaria	-1.05 m			Coeficiente Beta r	1		
Pérdida de carga admisible	29.71 m			Pérdida carga terciaria	29.5 m		
Caudal terciaria	48060 l/h			Presión inicio ter.	39.8 m		
Diámetro mínimo Terciaria	56.7 mm			Presión final terciaria	11.3 m		
				Variación presión Terciaria	28.45 m		

Gráfica 10. Cálculo subunidad 6. Fuente: DimSub.

El diámetro comercial de la tubería porta-ramales es 63/50. El tramo descendente tiene 126 m y el ascendente 74 m.

4.1.7. Subunidad 7.

El número de ramales en esta subunidad es 35. En la siguiente figura se muestra la disposición de la tubería porta-ramales (azul) y de los ramales (rojo)



Alimentación lateral alimentado por el medio / alimentado por un punto intern

Tipo Emisor No compensante / Auto compensante

Material terciaria PVC UNE EN 1451 / PE 40 UNE EN 12201 / PE 100 UNE EN 1220

Alimentación terciaria Alimentada por el extremo / Alimentada por el medio

Geometría Subunidad Rectangular / Irregular

Disposición Laterales Un lateral por fila de plantas / Doble lateral fila de plantas

Tipo terciaria Característica única / Tubería telescópica

Datos Terciaria Coef. Mayorante, Km: 1.2; Nº laterales terciaria: 35; Distancia inicial (Lo): 1 m; Separación laterales (L): 4.5 m; Pendiente terciaria: -0.42 %

Resultados Terciaria Diám. Interior Superior: 59 mm; Diam. Nominal Superior: 63 mm; Diám. interior inferior: 46.8 mm; Diám. Nominal inferior: 50 mm; Longitud Tramo I: 59.5 m; Longitud Tramo II: 94.5 m; Coeficiente Beta r: 1; Pérdida carga terciaria: 27.76 m; Presión inicio ter.: 39.5 m; Presión final terciaria: 12.4 m; Variación presión Terciaria: 27.12 m

Emisor auto compensante Presión mínima: 10 m; Presión Máxima: 40 m; Coste emisor y lateral: €/m

Variables Dimensionado Lateral Variación Presión Subunidad: 30 m; Nº emisores lateral: 334; Desnivel lateral: 2.1 m; Pérdida de carga admisible: 27.9 m; Coeficiente mayorante: 1.4; Coeficiente C Blasius: 0.466; Coeficiente M Blasius: 2.34E-07

Variables dimensionado Terciaria Máxima Variación Presión: 27.62 mca; Caudal por derivación: 1336 l/h; Longitud terciaria: 154 m; Coeficiente Christiansen: 0.364; Desnivel Terciaria: -0.65 m; Pérdida de carga admisible: 28.26 m; Caudal terciaria: 46760 l/h; Diámetro mínimo Terciaria: 53.7 mm

Resultados Lateral Caudal Inicio Lateral: 1336 l/h; Longitud Tramo Descendente: 155.38 m; Longitud Tramo Ascendente: 94.62 m; Pérdida Carga T. Descen.: 2.35 mca; Pérdida Carga T. Ascen.: 0.61 mca; Presión Requerida inicio: 12.38 mca; Presión mínima T. Descen.: 10 mca; Presión mínima T. Ascen.: 10.98 mca; Variación de Presión: 2.38 mca; Uniformidad Emisión: 93.7 %

Gráfica 11. Cálculo subunidad 7. Fuente: DimSub.

El diámetro comercial de la tubería porta-ramales es 63/50. El tramo descendente tiene 155 m y el ascendente 95 m.

Subunidad	Sector	Diámetro lateral (mm)	Longitud laterales (m)	Diámetro terciarias (mm)	Longitud terciarias (m)	Material	Alimentación laterales	Alimentación laterales
S1	1	25	10000	63/50	180	PVC	P. intermedio	P. extremo
S2	3	25	10000	63/50	180	PVC	P. intermedio	P. extremo
S3	2	25	8000	63/50	180	PVC	P. intermedio	P. extremo
S4	2	25	5088	75/63	180	PVC	P. intermedio	P. extremo
S5	3	25	11250	75/63	200	PVC	P. intermedio	P. extremo
S6	1	25	9000	63/50	200	PVC	P. intermedio	P. extremo
S7	2	25	8750	63/50	160	PVC	P. intermedio	P. extremo

Tabla 18. Cálculo de las subunidades de riego. Fuente: elaboración propia.

Subunidad	Caudal inicio terciaria (L/s)	Presión requerida inicio (mca)	Presión requerida inicio terciaria (mca)
S1	14,8	12,59	39,8
S2	14,8	12,61	39,9
S3	11,9	11,68	39,5
S4	7,5	13,03	39,1
S5	16,7	12,78	39,8
S6	13,35	11,35	39,8
S7	12,98	12,38	39,5

Tabla 19. Cálculo del caudal y presión de las subunidades de riego. Fuente: elaboración propia.

Subunidad	Nº goteros/lateral	Laterales	Nº goteros
S1	334	40	13360
S2	334	40	13360
S3	267	40	10680
S4	333	40	6783
S5	333	45	14985
S6	266	45	11970
S7	333	35	11655

Tabla 20. Emisores de las subunidades. Fuente: elaboración propia.

La longitud total correspondiente a la tubería del ramal es 62.088 m y diámetro nominal 25 mm. La longitud total correspondiente al porta-ramales de la tubería 63/50 es 900 m y la de la tubería 75/63 es 380 m.

4.2. Cálculo hidráulico de la red de distribución.

En este apartado se calculan y dimensionan las distintas conducciones que distribuyen el agua desde el punto de suministro hasta cada subunidad. La tubería primaria es la encargada de transportar el agua desde el hidrante de cada parcela a los centros de distribución de cada subunidad en los que se encuentran las válvulas encargadas de permitir o bloquear el paso del agua a las tuberías terciarias (tuberías porta-ramales).

La red de distribución abastece a las siete subunidades de las 22 ha regables divididas en tres sectores:

- Sector 1: El caudal característico es 28,15 L/s.
- Sector 2: El caudal característico es 32,38 L/s.
- Sector 3: El caudal característico es 31,50 L/s.

La tubería de la red de distribución es de un material termoplástico como el PVC con unión por encolado o junta elástica.



Gráfica 12. Distribución de la tubería primaria. Fuente: elaboración propia.

Las tuberías comerciales disponibles son:

Diámetro nominal	Diámetro interior
75	70,4
90	84,4
110	104,6
125	118,8
140	133
160	152

Tabla 21. Diámetros de las tuberías comerciales. Fuente: elaboración propia.

Para determinar la situación más desfavorable es necesario obtener la mayor distancia desde el hidrante o punto de suministro hasta el nudo de consumo. En este caso, el nudo más desfavorable es la subunidad 4.

Subunidad	Caudal	Distancia
4	32,28 L/s	600 m

Tabla 22. Nudo de consumo más desfavorable. Fuente: elaboración propia.

El dimensionamiento se hace teniendo en cuenta las pérdidas de carga de cada tubería según la ecuación de Blasius y las siguientes consideraciones:

- La velocidad de las tuberías es 2 m/s.
- La temperatura del agua es 20 °C.
- El coeficiente mayorante de pérdidas de carga singulares es 1,1.

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}}$$

$$hf = 0,465 * \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} * L * 1,1$$

Caudal (L/h)	Caudal (m3/s)	L	v (m/s)	D interior teórico (m)	Diámetro comercial interior (mm)	Tubería	Vreal (m/s)	Pérdida de carga (m)
116208	0,0323	600 m	2	0,143	152	160/152	1,78	9,71

Tabla 23. Cálculo de la tubería primaria. Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, la tubería principal de PVC es 160/152.

4.3. Equipo de bombeo.

En este apartado se determinan las características del grupo de bombeo necesario para la elevación de agua hasta los nudos determinados. En la caseta de riego (punto de suministro), se instala una bomba que eleva el caudal de agua requerido por cada sector hasta los nudos de consumo.

La potencia de la bomba depende del caudal de agua que tiene que impulsar, la altura manométrica a la que debe suministrarla, su rendimiento y el rendimiento del motor.

$$P (KW) = \frac{\gamma * Q \left(\frac{m^3}{s} \right) * H(m)}{\eta H * \eta E}$$

La altura manométrica depende del desnivel máximo existente, las pérdidas de carga producidas en la impulsión y sistema de filtrado y la presión requerida en el nudo de consumo. En este caso,

- $Z_1 - Z_2 = 23$ m
- La presión requerida en el nudo de consumo es 40 mca.
- Las pérdidas de carga en impulsión y cabezal de infiltrado son 5 mca.

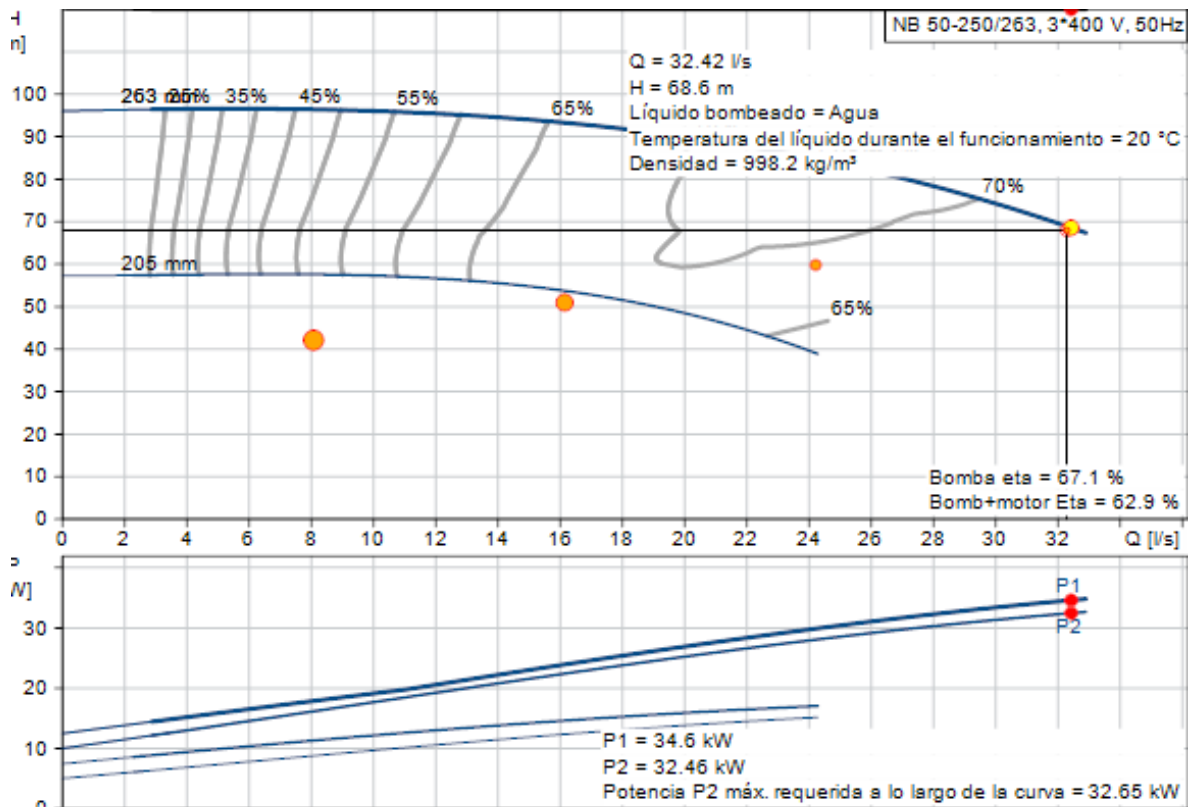
El caudal que la bomba tiene que impulsar es 32.28 L/s y a una altura manométrica de 68 m. Se selecciona una bomba cuya curva se adecue al rango de

funcionamiento necesario (presión y caudal) con un rendimiento aceptable. El tipo de bombeo es horizontal y se instala en el interior de la caseta de riego antes de la estación de infiltrado. El agua llega impulsada desde la balsa situada a 220 m.

La bomba escogida del catálogo de la empresa *Grundfos* es la NB 50-250/263 AF2ABQQE (Nº de producto 98846124). Se trata de una bomba con acoplamiento cerrado de aspiración final montoeetapa conforme a EN 733 apta para riego y rendimiento 65%.



Gráfica 13. Bomba NB 50-250/263 AF2ABQQE. Fuente: Grundfos.



Resultado del dimensionamiento

Tipo	NB 50-250/263
Cantidad	1
Motor	37 kW
Caud	32.42 l/s
Alt.	68.6 m (+1%)
Pot. P1	34.6 kW
Pot. P2 requerida en el punto de trabajo	32.46 kW
BombaEta	67.1 %
Bomb+motor Eta	62.9 % =Bomba Eta *motor Eta
Consumo energía	155960 kWh/Año
Cte ciclo vital	934865 EUR /15Años

Perfil carga

	1	2	3	4	
Caud	100	75	50	25	%
Alt.	101	125	137	142	%
P1	34.54	29.88	23.93	17.89	kW
Total Eta	63.1	67.2	61.6	42.6	%
Time	410	1026	2394	3010	h/a
Consumo energía	14160	30661	57300	53841	kWh/Año
Cantidad	1	1	1	1	

Tabla 24. Dimensionamiento de la bomba. Fuente: Grundfos.

Producto	NB 50-250/263 AF2ABQQE	Líquido	
Código	98846124	Líquido bombeado	Agua
Número EAN	5712602300512	Rango de temperatura del líquido	-25 .. 120 °C
Precio	EUR 9099	Temperatura del líquido durante el funcionamiento	20 °C
Técnico		Densidad	998.2 kg/m ³
Velocidad predeterminada	2955 rpm	Viscosidad cinemática	1 mm ² /s
Caudal real calculado	32.42 l/s	Datos eléctricos	
Altura resultante de la bomba	68.6 m	Tipo de motor	SIEMENS
Diámetro real del impulsor	263 mm	Clase eficiencia IE	IE3
Diámetro nominal del impulsor	250	Potencia nominal - P2	37 kW
Disp. de cierre	Single	Frecuencia de red	50 Hz
Diámetro del eje	24 mm	Tensión nominal	3 x 380-420D/660-725Y V
Código del cierre	BQQE	Intensidad nominal	68,0-63,0/39,0-36,0 A
Tolerancia de curva	ISO9906:2012 3B	Intensidad de arranque	670-670 %
Versión de la bomba	A	Cos phi - factor de potencia	0.88
Diseño rodamiento	Standard	Velocidad nominal	2955 rpm
Materiales		Eficiencia	IE3 93,7%
Cuerpo hidráulico	Fundición	Eficiencia del motor a carga total	93.7-93.7 %
Carcasa de la bomba	EN-GJL-250	Eficiencia del motor a una carga de 3/4	93.9-93.9 %
	ASTM class 35	Eficiencia del motor a una carga de 1/2	93.5-93.5 %
Mat. de anillo de desgaste	Latón	Número de polos	2
Impulsor	Fundición	Grado de protección (IEC 34-5)	IP55
	EN-GJL-200	Clase de aislamiento (IEC 85)	F
	ASTM class 30	Protec de motor	PTC
Eje	Stainless steel	Motor N.º	99032147
	EN 1.4301	Diseño del montaje según norma CEI 34-7	IM B35
	AISI 304	Paneles control	
Internal pump house coating	CED	Convertidor de frecuencia	NONE
Código de material	A	Sensor de presión	N
Código para caucho	E	Otros	
Instalación		Índice de eficiencia mínima, IE min	0.67
Maximum ambient temperature	55 °C	Peso neto	324 kg
Presión de trabajo máxima	16 bar	Peso bruto	349 kg
Normativa de conexión de tubería	EN 1092-2	Volumen de transporte	0.707 m ³
Tamaño de la conexión de entrada	DN 65	País de origen.	HU
Tamaño de la conexión de salida	DN 50	Tarifa personalizada n.º	84137051
Presión nominal para la conexión	PN 16		
Lubricación de rodamiento	Grease		
Carcasa de bomba con pie	No		
Bloque de soporte	N		
Código de conexión	F2		

Tabla 25. Características principales de la bomba. Fuente: Grundfos.

5. Instalación de riego.

El sistema de riego está por formado por los siguientes componentes:

- Bomba: cuyas características se especifican en el apartado 4.3.
- Cabezal de riego.
- Red de distribución.
- Automatización del riego.
- Sistema de fertirrigación.
- Desagües.

La bomba, el cabezal, el sistema de fertirrigación y el programador se sitúan en la caseta de riego edificada antes del proyecto.

5.1. Cabezal de riego.

5.1.1. Sistema de filtrado.

El cabezal está formado por una serie de filtros para eliminar las partículas que pueden causar obstrucciones en los emisores. Si se produce un tapón, el caudal disminuye, aumentan las pérdidas de carga y disminuye la eficiencia del riego. El cabezal se compone de filtros de anillas de diámetro nominal 3'' y un paso de 0,12 mm. Se colocan 4 filtros paralelos, sobre bastidor metálico, para adecuar el filtrado a los sectores de riego. La carcasa y resto de elementos son metálicos y el cierre y ajuste se realiza mediante abrazadera de acero inoxidable. Las juntas de estanqueidad son de caucho nitrilo. La superficie filtrante es 1120 cm².

Los colectores de entrada y salida, así como las conexiones de los filtros entre sí, la bomba y la tubería primaria son metálicos y de tipo brida. Tienen uno de los extremos cerrados por una brida ciega, lo que permite adicionar nuevos filtros. La limpieza de las anillas es manual. Es necesario cerrar el hidrante y desmontar la carcasa. Se dispone una válvula de mariposa metálica de diámetro 3'' aguas abajo del cabeza con el objetivo de facilitar la extracción del cartucho sin necesidad de vaciar la tubería primaria.

5.1.2. Contador general.

Tras el sistema de filtrado, se instala un contador general que cuantifica el caudal captado. De este modo, la comunidad de regantes puede comprobar que se respetan los causales asignados en la concesión. El caudal punta de la instalación es 32,28 L/s. El contador seleccionado es el tipo Woltman de diámetro nominal 150 mm y caudal nominal 41,67 L/s.

5.2. Red de distribución del agua.

5.2.1. Tuberías.

Se encargan de transportar el agua filtrada y tratada desde el cabezal hasta los olivos.

5.2.1.1. Tubería primaria.

Conduce el agua desde el hidrante hasta cada sector de riego. Está trazada en la gráfica. La tubería es de PVC de diámetro 160 mm (152 mm interior) con una presión de 0,6 MPa. La longitud total necesaria es 840 m. La unión es de enchufe directo con junta elástica para asegurar la estanqueidad. Se colocan previa excavación de una zanja de 100 cm de profundidad y 40 cm de anchura.

5.2.1.2. Tubería porta-ramales.

Conducen agua desde la tubería primaria hasta los ramales de riego. Son de PVC. En algunas subunidades es de 63 mm de diámetro (50 mm interior) y en otras es de 75 mm (63 mm interior). Ambas con una presión de 0,6 MPa. Entre la tubería primaria y el inicio de cada sector se instala una válvula hidráulica protegida por una arqueta. Además, se coloca un piloto regulador de presión. La longitud total necesaria es 900 m (tuberías de 63 mm) y 380 m (tuberías de 75 mm).

5.2.1.3. Ramales.

Transportan el agua desde la tubería porta-ramales hasta cada emisor. Se proyecta un ramal por fila de árboles. Son tuberías de PVC de diámetro 25 mm (21,2 mm interior). En ellas se integran los goteros autocompensantes cada 0,75 m. La longitud total necesaria es 62.088 m.

5.2.2. Emisores.

El emisor escogido es un gotero autocompensante que emite un caudal de 4 L/h y un rango de compensación de presiones de 10-40 m.c.a. Se instalan 2 emisores por olivo con una separación de 0,75 m. En total se necesitan 82.793 emisores.

5.3. Automatización del riego.

Consiste en la apertura y cierre automático de los sectores de riego en el momento y duración determinados previamente en un programador de riego. Los elementos responsables son las electroválvulas de cada sector y el programador de riego.

5.3.1. Programador.

Es un elemento que realiza la programación de riegos, es decir, ordena la apertura o cierre de las válvulas de cada sector en la fecha y duración establecidas. Permite la automatización de la instalación de riego.

Los datos de inicio y duración del riego en cada sector se introducen en el programador y actúa sobre las electroválvulas a través de las señales.

El programador que se instala tiene capacidad de apertura y cierre de la válvula de cada sector, la válvula general de la plantación y la válvula de fertirrigación. Se coloca en la caseta de riego.

Cuando se realice fertirrigación, debe efectuar en cada sector el lavado de las tuberías después de aplicar fertilizante mediante riego en un corto período de tiempo establecido.

Se elige un programador de riego por tiempo cuya fuente de alimentación sea una batería de 12 V y 45 Amperios/h.

Permite ahorra mano de obra y, por tanto, costes. Además, es posible programar los riegos en horas de menor coste de energía.

5.3.2. Electroválvulas.

Son elementos situados entre la conducción primaria y terciaria de cada sector que permiten la apertura y cierre de los sectores de riego, es decir, permiten o impiden el paso del agua. Están protegidas por una arqueta. Tienen un dispositivo electromagnético que se acciona cuando recibe una señal eléctrica desde el programador.

Se instalan también ventosas en las conducciones de agua con el objetivo de introducir o evacuar agua de las tuberías. Son esenciales para que no se produzcan depresiones durante el vaciado que den lugar a roturas.

5.4. Sistema de fertirrigación.

Los elementos que hay que instalar en un sistema de riego localizado para poder aplicar fertirrigación no suponen un incremento notable del coste total. Por lo tanto, es siempre interesante dotar al sistema de riego localizado de los elementos necesarios para inyectar los abonos en el agua de riego. El equipo de fertilización está formado por los depósitos para disolver los fertilizantes, un inyector, tubería de PVC, bomba de soplado que introduce aire a presión en el tanque de fertilizante y un filtro.

Los depósitos se utilizan como almacén de la solución fertilizante. En este caso, se ha optado por colocar 2 depósitos de polietileno de 3.000 litros con una ventosa para la entrada y salida de aire, así como una válvula adecuada para la salida de

la solución fertilizante. Los tanques se sitúan próximos al cabezal de riego bien fijados al terreno. Desde ellos la bomba inyectora toma el fertilizante para introducirlo en la parcela a través de los goteros. Están conectados en paralelo a la red. Presentan la misma presión que el resto de la instalación, son de plástico y resistentes a la corrosión.

El inyector elegido es el inyector venturi capaz de inyectar 200 L/h de fertilizante. El funcionamiento de la bomba está automatizado, para ello, se coloca una electroválvula. Este tipo de inyector tiene un estrechamiento que provoca una depresión, succionando el abono desde el tanque de almacenamiento e inyectándolo a la red sin gasto de energía. Se coloca en paralelo a la tubería. De esta manera, se consigue una inyección de abono a concentración constante.

5.5. Desagües.

Son elementos que se colocan al final de la red y permiten la limpieza de la misma con el objetivo de no interrumpir el flujo de agua. Su función es muy importante en la fase de limpieza de las tuberías posterior a la instalación de la red. Se ubican al final de las tuberías terciarias, en el extremo opuesto al de la electroválvula.

6. Bibliografía.

LIBROS

ARZIZA VALVERDE et al. *DIMSUB*. (2019).

ARZIZA VALVERDE, J. *Riego Localizado*. Valencia: Servicio Publicaciones UPV. (1996).

BARRANCO et al. *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa (2017).

GARCÍA ZAMORANO et al. *Suelo, Riego, Nutrición y Medio Ambiente del Olivar*. Ed. Junta de Andalucía. (2010).

GÓMEZ DEL CAMPO, María. *OLIVICULTURA*. Madrid: Publicaciones de la E.U.I.T Agrícola, U.P.M. (2004).

IBAR ALBIÑANA, Leandro. *Guía completa del olivo*. USA: Ed. de vecchi (2018).

PASTOR MUÑOZ-COBO, M. *Cultivo del Olivo con Riego Localizado*. Ed Mundi-Prensa. (2005).

WEB

Sistema de información Agroclimática y de Regadíos. MAPAMA. Recuperado de:

<https://eportal.mapa.gob.es//websiar/Inicio.aspx>

Dimensionado de bombas web Grundfos. GRUNDFOS. Recuperado de:

<https://product-selection.grundfos.com/es>

Aplicación para el diseño y dimensionamiento de subunidades de riego localizado. DIMSUB. Recuperado de:

<https://idus.us.es/handle/11441/41339>

ANEJO VI. PRÁCTICAS CULTURALES

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	- 5 -
2.	MANEJO DEL SUELO.....	- 5 -
2.1.	SISTEMAS DE MANEJO DEL SUELO.....	- 6 -
2.1.1.	Laboreo.....	- 6 -
2.1.2.	No laboreo con suelo desnudo (Herbicida).....	- 6 -
2.1.3.	Cubiertas vegetales.....	- 6 -
2.2.	SISTEMAS DE MANEJO DEL SUELO DE LA PLANTACIÓN.....	- 7 -
2.2.1.	Manejo de suelo en la línea.....	- 7 -
2.2.2.	Manejo de suelo en la calle.....	- 7 -
2.3.	HERBICIDAS.....	- 8 -
2.3.1.	Aplicación de los herbicidas.....	- 9 -
2.4.	RESTOS VEGETALES.....	- 9 -
3.	FERTILIZACIÓN.....	- 10 -
3.1.	NUTRIENTES ESENCIALES.....	- 10 -
3.2.	DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES NUTRITIVAS DEL OLIVAR.....	- 11 -
3.2.1.	Análisis del suelo.....	- 11 -
3.2.2.	Análisis foliares.....	- 12 -
3.2.2.1.	Época de muestreo de hojas.....	- 13 -
3.2.2.2.	Procedimiento de muestreo.....	- 14 -
3.2.2.3.	Uso e interpretación de los análisis foliares.....	- 14 -
3.3.	ESTABLECIMIENTO DEL PLAN ANUAL DE FERTILIZACIÓN.....	- 15 -
3.4.	FERTIRRIGACIÓN.....	- 16 -
3.5.	MANEJO DE LA FERTIRRIGACIÓN.....	- 17 -
3.6.	PROGRAMACIÓN DEL ABONADO DE FERTIRRIGACIÓN.....	- 17 -
3.6.1.1.	Cálculo del aporte anual de fertilizantes.....	- 18 -
3.6.1.2.	Programación mensual de los fertilizantes.....	- 19 -
4.	PODA.....	- 22 -
4.1.	PODA DEL OLIVAR EN SETO.....	- 23 -
4.1.1.	Poda de formación.....	- 23 -
4.1.2.	Poda de producción o mantenimiento.....	- 24 -
4.1.3.	Poda de renovación o rejuvenecimiento.....	- 26 -
4.2.	PODAS DE REGENERACIÓN.....	- 27 -
4.3.	CONCLUSIÓN.....	- 27 -
5.	TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS.....	- 28 -
5.1.	PLAGAS.....	- 28 -
5.1.1.	Mosca del olivo.....	- 29 -
5.1.1.1.	Ciclo biológico.....	- 30 -
5.1.1.2.	Daños.....	- 31 -
5.1.1.3.	Método de control y seguimiento de las poblaciones.....	- 32 -
5.1.2.	Prays o polilla del olivo.....	- 32 -
5.1.2.1.	Ciclo biológico.....	- 33 -
5.1.2.2.	Daños.....	- 35 -
5.1.2.3.	Método de control y seguimiento de las poblaciones.....	- 36 -
5.1.3.	Barrenillo del olivo.....	- 37 -
5.1.3.1.	Ciclo biológico.....	- 37 -
5.1.3.2.	Daños.....	- 39 -
5.1.3.3.	Método de control y seguimiento de las poblaciones.....	- 39 -

5.1.4.	<i>Cochinilla de la tizne</i>	- 40 -
5.1.4.1.	Ciclo biológico.....	- 40 -
5.1.4.2.	Daños.....	- 41 -
5.1.4.3.	Método de control y seguimiento de las poblaciones.....	- 42 -
5.2.	ENFERMEDADES.	- 42 -
5.2.1.	<i>Repilo</i>	- 43 -
5.2.1.1.	Sintomatología.....	- 43 -
5.2.1.2.	Control.....	- 45 -
5.2.2.	<i>Verticilosis</i>	- 45 -
5.2.2.1.	Sintomatología.....	- 46 -
5.2.2.2.	Control.....	- 47 -
5.2.3.	<i>Tuberculosis</i>	- 48 -
5.2.3.1.	Sintomatología.....	- 50 -
5.2.3.2.	Control.....	- 50 -
5.2.4.	<i>Negrilla</i>	- 51 -
5.2.5.	<i>Otras enfermedades</i>	- 51 -
5.2.5.1.	<i>Xylella fastidiosa</i>	- 51 -
5.2.5.2.	Daños causados por agentes abióticos.....	- 52 -
6.	RECOLECCIÓN.	- 53 -
6.1.	ÍNDICE DE MADUREZ	- 53 -
6.2.	MECANIZACIÓN DE LA RECOLECCIÓN.	- 53 -
7.	EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PROYECTO.	- 57 -
8.	CALENDARIO DE LABORES.	- 58 -
9.	BIBLIOGRAFÍA.	- 59 -

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Sistemas de manejo del suelo empleados en olivar.....	- 6 -
Gráfica 2.	Cubierta vegetal espontánea en la calle de un olivar en seto.....	- 8 -
Gráfica 4.	Forma natural del olivos vs forma lobulada.....	- 22 -
Gráfica 5.	Olivo de dos años con forma de cono.....	- 24 -
Gráfica 6.	Limitación en altura con podadora de discos.....	- 25 -
Gráfica 7.	Línea de olivar en seto podado mecánicamente (topping, lateral y bajeras).....	- 27 -
Gráfica 8.	Distribución de los costes de cultivo (%) para le mantenimiento del olivar superintensivo en regadío en España.....	- 28 -
Gráfica 9.	Mosca del olivo y su picadura en el fruto.....	- 29 -
Gráfica 10.	Huevo y larva de la mosca del olivo.....	- 30 -
Gráfica 11.	Rotura de la epidermis del fruto provocada por la larva de la mosca del olivo.....	- 31 -
Gráfica 12.	Ciclo biológico de la aceituna del olivo.....	- 31 -
Gráfica 13.	Polilla del olivo.....	- 33 -
Gráfica 14.	Diferentes galerías producidas por el praus en las hojas.....	- 34 -
Gráfica 15.	Daños de prays en la generación antófaga.....	- 34 -

Gráfica 16. Daños de prays producidos en la generación carpófaga.	35 -
Gráfica 17. Ciclo biológico de prays.....	35 -
Gráfica 18. Aceitunas atacadas con orificios de salida producidos por el prays... -	36 -
Gráfica 19. Adulto y larva en galerías del barrenillo del olivo.	37 -
Gráfica 20. Orificios de entrada y salida, y galerías en leña.	38 -
Gráfica 21. Ataque de inserción rama y fruto, y galería de adulto.....	38 -
Gráfica 22. Ciclo biológico del barrenillo del olivo.....	39 -
Gráfica 23. Hembras de la cochinilla de la tizne y sus huevos.	40 -
Gráfica 24. Diferentes estados de desarrollo de la cochinilla de la tizne.....	41 -
Gráfica 25. Ciclo biológico de la cochinilla de la tizne.	41 -
Gráfica 26. Hojas de olivo afectadas por la negrilla.....	42 -
Gráfica 27. Hojas atacadas por reptilo.	44 -
Gráfica 28. Diferentes síntomas de reptilo en hojas.....	44 -
Gráfica 29. Frutos atacados por reptilo.....	44 -
Gráfica 30. Olivo afectado por verticilosis.	47 -
Gráfica 31. Síntomas de verticilosis en hojas de olivo.....	47 -
Gráfica 32. Olivo con tuberculosis.....	49 -
Gráfica 33. Ciclo patogénico de tuberculosis.....	50 -
Gráfica 34. Agallas en ramo de olivo.	50 -
Gráfica 35. Negrilla del olivo.	51 -
Gráfica 36. Olivo afectado por <i>Xylella fastidiosa</i>	52 -
Gráfica 37. Síntomas en hoja de <i>Xylella fastidiosa</i>	52 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla comparativa de las distintas técnicas de manejo del suelo.	7 -
Tabla 2. Movilidad de los nutrientes.	11 -
Tabla 3. Niveles críticos de cada nutriente.	13 -
Tabla 4. Síntomas visuales de deficiencia de cada nutriente.....	15 -
Tabla 5. Aporte necesario anual de cada nutriente para un rendimiento de 1t/ha (kg/t).....	18 -
Tabla 6. Aporte necesario anual de cada nutriente para un rendimiento de 12t/ha (kg/ha).....	18 -
Tabla 7. Aportación de cada nutriente por el agua de riego (kg/ha).	19 -
Tabla 8. Reparto de la fertilización.....	20 -
Tabla 9. Dosis de fertilización mensual.	21 -
Tabla 10. Calendario de actividades.	57 -
Tabla 11. Calendario de labores.....	58 -

1. INTRODUCCIÓN.

Tras el establecimiento de la plantación es necesario tener en cuenta una serie de labores. Estos cuidados son necesarios para rentabilizar la producción y alcanzar la entrada en producción lo antes posible. También son importantes para un correcto desarrollo del olivar. En el contexto actual, la producción agrícola también se orienta a obtener alimentos de calidad, tanto nutritiva, como organoléptica y sanitaria. Además, debe preservar los recursos naturales no renovables como el suelo. Para todo ello, es preciso tener en cuenta las labores que se describen a continuación.

2. MANEJO DEL SUELO.

El manejo del suelo tiene como objetivo conseguir una buena capacidad productiva del olivar. El sistema de manejo idóneo en el olivar depende de las características propias de la plantación, es decir, de su situación edafoclimática y topográfica, de la densidad y marco de plantación, y de la variedad que condiciona la fecha de recolección. El cultivo plantea varios problemas:

- Aprovechamiento agua de lluvia en condiciones de baja pluviometría.
- Control de las malas hierbas (compiten con el cultivo por agua y nutrientes).
- Erosión y degradación del suelo.
- Riesgo de contaminación.

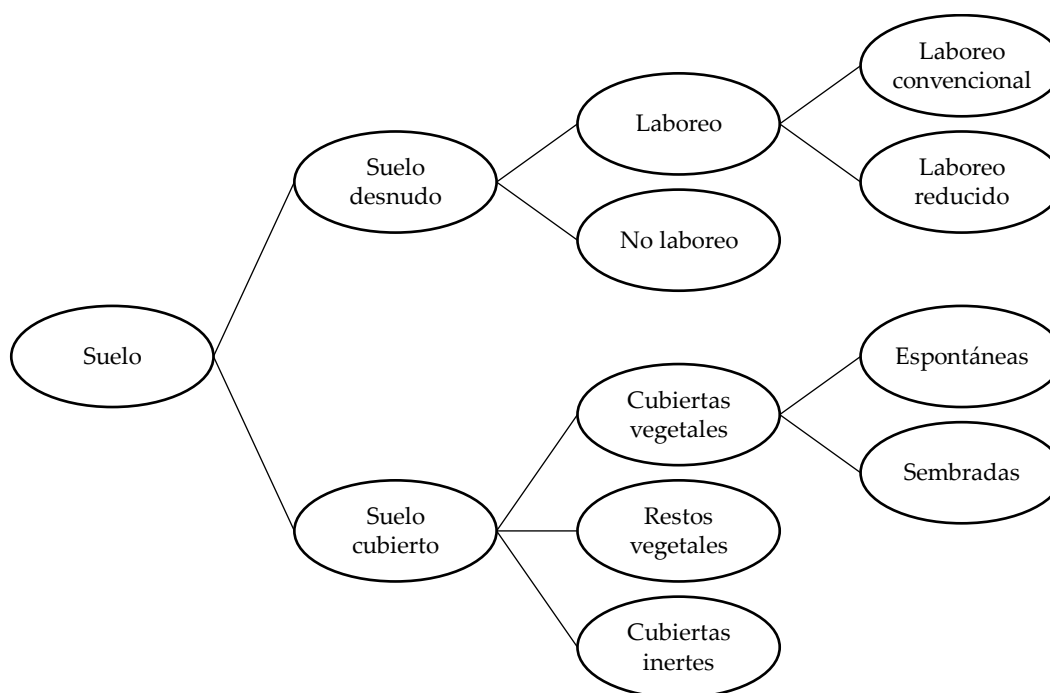
Se plantean tres objetivos básicos para el manejo del suelo de la plantación:

1. Obtener un buen balance agua y de nutrientes: alcanzar una elevada productividad.
2. Conservar el suelo y evitar la erosión: mantener la capacidad productiva futura del olivar.
3. Integrar las actuaciones.

Se debe elegir la solución más adecuada en cada situación para obtener productividad y al mismo tiempo conservar el medio ambiente. El manejo de suelo en el olivar debe combinar diferentes técnicas para alcanzar una serie de objetivos que no son siempre coincidentes, y la mejor manera es aplicarlas acorde a las condiciones específicas de cada olivar.

2.1. Sistemas de manejo del suelo.

Los sistemas de manejo del suelo empleados en olivar son:



Gráfica 1. Sistemas de manejo del suelo empleados en olivar. Fuente: elaboración propia.

2.1.1. Laboreo.

El laboreo convencional consiste en mantener el suelo desnudo de vegetación durante la mayor parte del año mediante la realización continuada de labores. Su objetivo es eliminar las malas hierbas y mejorar la infiltración. Son diversos los aperos de labranza utilizados por el olivarero. El semilaboreo consiste en labrar únicamente en el centro de las calles, dejando sin labrar la zona bajo la copa de los olivos que se mantiene libre de vegetación mediante herbicidas. El mínimo laboreo es un sistema con suelo desnudo en el que el control de la vegetación depende exclusivamente de la aplicación de herbicidas con la realización de una o dos labores muy superficiales a lo largo del año con el objetivo de romper la costra superficial y mejorar la infiltración del agua en el suelo.

2.1.2. No laboreo con suelo desnudo (Herbicida).

No se realizan labores de ningún tipo y se eliminan las hierbas mediante herbicidas. A largo plazo supone una reducción de la infiltración debida a la compactación del suelo originada por el inevitable paso de la maquinaria.

2.1.3. Cubiertas vegetales.

Son especies vegetales vivas o restos vegetales manejados para un fin concreto con el objetivo de mejorar el agrosistema donde se emplean. Crecen para prevenir la erosión, añadir materia orgánica, mantener o incrementar la

disponibilidad de nutrientes, mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo y, en algunos casos, reducir enfermedades. El éxito de las cubiertas vegetales pasa por hacer una buena elección y manejo de las mismas.

Ventajas	Laboreo	Herbicida	Cubiertas vegetales
Control vegetación espontánea	x	x	
Elimina costra superficial	x		
Mejora infiltración	x		x
Disminuye evaporación	x		x
Mejora materia orgánica			x
No forma suela de labor			x
Conservación de la estructura del suelo		x	x
Disminuye erosión			x
Disminuye riesgo de heladas			x
Control vegetación espontánea en línea de riego		x	
No contaminación de suelos	x		x
Enraizamiento profundo	x	x	
Sin competencia hídrica y nutricional	x	x	

Tabla 1. Tabla comparativa de las distintas técnicas de manejo del suelo. Fuente: elaboración propia.

2.2. Sistemas de manejo del suelo de la plantación.

El uso de cubiertas vegetales es el manejo de suelo que más ventajas presenta. En este caso concreto, es importante algunos aspectos como la mejora de la infiltración, la aireación o el contenido de materia orgánica. Sin embargo, la competencia hídrica es también un aspecto importante. Por ello, se ha decidido desarrollar un sistema de manejo mixto. Se ha optado por diversificar los sistemas de control.

2.2.1. Manejo de suelo en la línea.

El sistema de manejo del suelo elegido en la línea de árboles consiste en aplicar un tratamiento de herbicidas. Los herbicidas que se apliquen serán distintos para las plantas jóvenes o adultas. El herbicida puede afectar al árbol.

2.2.2. Manejo de suelo en la calle.

Consiste en dejar una cubierta vegetal en las calles centrales durante los meses de otoño e invierno. El control de la mala hierba durante los meses de primavera y verano se realiza mediante una combinación de siega mecánica y de siega química. Se debe hacer en la tercera semana de marzo. A tratarse de una cubierta espontánea, está formada por diferentes especies. El uso reiterado de herbicidas favorece la aparición de especie resistentes y de difícil control. En cambio, el uso reiterado de siega mecánica hace que proliferen especies rastreras y perennes.

Una vez cada tres años se realiza el control con la aplicación de herbicidas y el resto de los años mediante una picadora desbrozadora.



Gráfica 2. Cubierta vegetal espontánea en la calle de un olivar en seto. Fuente: Agromillora.

2.3. Herbicidas.

Los herbicidas se usan en olivar para facilitar el manejo del suelo y de las malas hierbas. Suelen resultar económicos. Su uso tiene que estar permitido, registrado y autorizado para el cultivo del olivo. La gran mayoría son de origen sintético. Su aplicación presenta algunos riesgos por toxicidad, tanto para el aplicador como para el agrosistema. Su elección se hace en función de las hierbas que se desarrollen la parcela. Es necesario consultar datos de eficacia del herbicida y determinar cuál aplicar, a qué dosis y a qué momento. Es fundamental el seguimiento de unas buenas prácticas al realizar el tratamiento de herbicidas:

- Inspeccionar el olivar, identificar las malas hierbas y evaluar el daño.
- Determinar el momento adecuado para hacer el control de la hierba o de la cubierta vegetal y elegir el herbicida apropiado.
- Elegir los de menor riesgo en igualdad con otras condiciones, teniendo en cuenta que no existe el riesgo cero y que el uso abusivo de un producto también entraña riesgo.
- Se debe evitar tratamientos reiterados con una misma materia activa., se aconseja alternar productos diferentes según sus momentos de aplicación, modos de acción y características.
- Leer detenidamente la etiqueta y seguir estrictamente todas las indicaciones que contenga.
- El aplicador debe ir provisto de vestimenta adecuada para protegerse, que debe limpiar cuidadosamente después de cada uso.

- La maquinaria de aplicación será obligatoriamente la específica para la aplicación de herbicidas. No se aplicarán con pulverizadores de alta presión o los diseñados para otros fines.
- El pulverizador debe estar limpio y calibrado.
- Elegir las boquillas más apropiadas según el tipo de herbicida y de las condiciones de la aplicación. Cambiar los elementos desgastados.
- Observar las condiciones atmosféricas, del suelo y de las hierbas. No aplicar si hay viento, se esperan lluvias o existen riesgos de producir daños al olivo, aplicador, otros cultivos o al medio ambiente.
- Llenar el tanque y manipular los productos con mucha precaución.
- No aplicar sobre aceituna que se vaya a recolectar, ni sobre el árbol.
- No aplicar herbicidas sobre el suelo si se prevé una recolección próxima de aceituna caída al suelo.
- Pulverizar a baja presión, inferior a 4-5 bar. Anotar las condiciones ambientales en que se ha realizado la aplicación.
- Limpiar el pulverizador cuidadosamente siguiendo las recomendaciones sobre el manejo de residuos.
- Observar la eficacia del tratamiento a lo largo de varias semanas o meses, evolución de las hierbas o de las cubiertas vegetales y anotarlo para tenerlo en cuenta en aplicaciones posteriores.
- Ante una posible intoxicación con el producto, avisar al médico y entregarle la etiqueta del producto.

2.3.1. Aplicación de los herbicidas.

En la calle, la aplicación de herbicidas se realiza en primavera con la emergencia de las malas hierbas (marzo/abril). Durante los primeros tres años, se utiliza el herbicida **Oxifluorfen** y a partir del tercer año **Glifosfato**. En la línea, hay dos aplicaciones anuales: una a comienzos del otoño (octubre) y otra en primavera (marzo/abril).

Deben disolverse en agua siguiendo las instrucciones de cada producto. Su eficacia depende del seguimiento de las indicaciones. Se aplican por pulverización. Si las gotas de pulverización son más pequeñas, se moja más superficie, pero pueden ser desplazadas por el viento. El herbicida nunca debe de estar en contacto con el olivo. Es necesario saber elegir el momento adecuado para su aplicación, controlar la velocidad, la presión, el caudal de pulverización, la boquilla y gota adecuada.

2.4. Restos vegetales.

Los restos de poda triturados se dejan en las calles de la plantación con el objetivo de incorporar materia orgánica al suelo. Además, controlan el crecimiento de

malas hierbas y la erosión, mejoran la estructura del suelo y aportan de nutrientes.

Una vez hecha la poda de mantenimiento, se recolectan los restos y se trituran. Con un solo tractor y dos máquinas, una puesta delante y otra detrás, se hace el acordonado de los restos de poda y posteriormente se trituran con una trituradora detrás. De tal forma que una sola persona con un solo tractor puede hacer dos trabajos simultáneamente.

3. FERTILIZACIÓN.

El abonado es una de las prácticas más importantes en agricultura. Su objetivo es satisfacer las necesidades nutritivas de la planta cuando los nutrientes necesarios para su crecimiento no son aportados en cantidades suficientes por el suelo. Las necesidades nutritivas de un olivo joven son diferentes a las de un árbol adulto.

El abonado del olivar, en función de sus características, requiere en cada momento un tratamiento diferente. La clave del diseño de una buena fertilización es el uso de métodos de diagnóstico. El abonado de un olivar supone entre el 5% y el 10% de los costes anuales del olivar. El empleo excesivo de fertilizantes puede disminuir la rentabilidad de la inversión y puede producir excesos o desequilibrios nutritivos, crear condiciones en el suelo difíciles de corregir o contribuir innecesariamente a la contaminación del aire y de las aguas.

El objetivo de este apartado es diseñar la fertilización de la plantación con el objetivo de alcanzar máximas cotas de productividad y de calidad del producto mediante un uso racional y responsable de los fertilizantes, es decir, satisfacer las necesidades nutritivas del olivar, minimizando el impacto ambiental, obteniendo una cosecha de calidad y evitando aportaciones sistemáticas y excesivas de nutrientes.

3.1. Nutrientes esenciales.

Una planta se encuentra en condiciones óptimas de nutrición cuando todos los elementos esenciales para su desarrollo se encuentran en equilibrio, si uno de ellos está en defecto o en exceso, provoca un desequilibrio que puede resultar en la interferencia con la utilización y disponibilidad de otros nutrientes, aún encontrándose en cantidad suficiente. Hay 17 elementos esenciales: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, azufre, hierro, manganeso, cinc, cobre, molibdeno, níquel, boro y cloro. La planta no puede completar su ciclo vital sin ellos, ningún elemento puede sustituir a otro y el elemento debe ejercer su efecto sobre el crecimiento o el metabolismo.

El C, H y O son elementos no minerales, constituyen el 95% del peso seco del olivo y no son objeto de la fertilización. El resto son elementos minerales y constituyen el objetivo de la fertilización. Representan el 5% del peso seco del olivo y son absorbidos por las raíces del olivo de la solución del suelo (presencia de iones). Se clasifican en macronutrientes (N, P, K, Mg, Ca y S) y micronutrientes (resto de elementos). El nutriente más importante en el abonado es el N. Se absorbe principalmente por nitrato y es muy importante para la absorción de magnesio y potasio. En la tabla 2 se muestra la movilidad de los nutrientes en el suelo.

Muy móvil	Móvil	Movilidad media	Inmóvil
N, K, Na	P, Cl, S	Zn, Cu, Mn, Fe, Mo	B, Mg, Ca

Tabla 2. Movilidad de los nutrientes. Fuente: elaboración propia.

El objetivo de la fertilización es suplementar al olivo con los que requiera en un momento determinado. Muchos de ellos ya están presentes en las cantidades adecuadas. Su presencia depende del tipo de suelo, las técnicas de cultivo empleadas y los tratamientos previos en el olivar. Es necesario considerar los factores de cada plantación, determinar sus necesidades nutritivas y establecer un programa de fertilización adecuado para cada momento.

3.2. Determinación de las necesidades nutritivas del olivar.

Un buen abonado debe aportar sólo los elementos nutritivos que requieran los árboles en un momento determinado. La aparición de síntomas de deficiencia no indica que un elemento deba aplicarse forzosamente para corregir el desorden. La predicción de la cantidad de fertilizantes requerida anualmente para alcanzar la productividad óptima se determina mediante análisis del suelo y foliares.

3.2.1. Análisis del suelo.

Es una herramienta de gran utilidad para conocer las limitaciones del suelo para el establecimiento de la plantación, pero limitada para determinar las necesidades nutritivas durante toda la vida de una plantación. El contenido de nutrientes en el suelo no siempre está relacionado con el de la planta. Los valores en el suelo pueden ser normales pero el árbol presentar deficiencias derivadas de la inmovilidad de un nutriente. El ejemplo más característico es el de clorosis férrica.

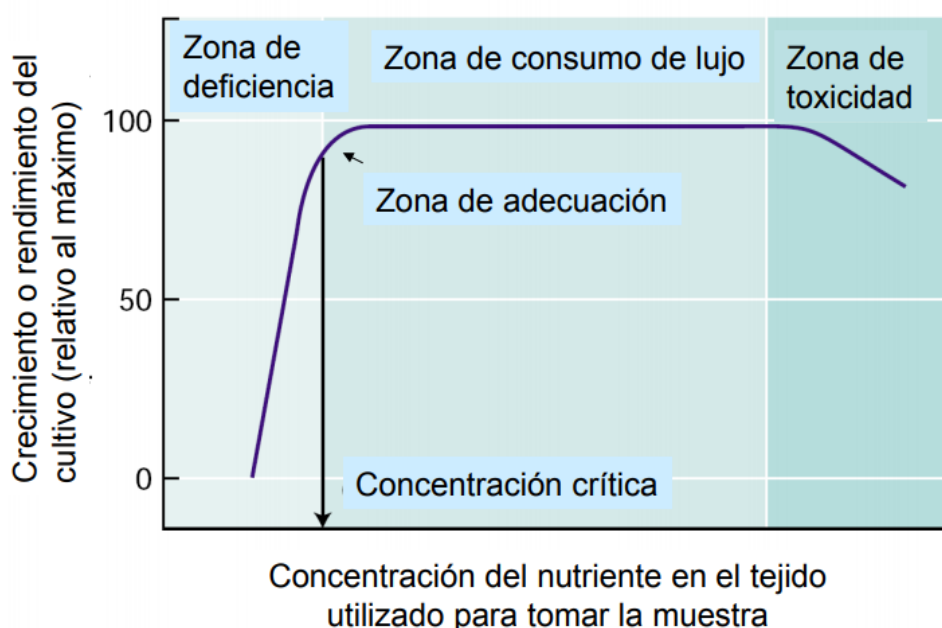
Sin embargo, realizar un análisis de suelo con cierta periodicidad puede ser muy útil para conocer variaciones producidas del contenido de ciertos nutrientes, así como el diagnóstico de toxicidades causadas por exceso de sales (sodio, cloro y boro). El olivo es muy tolerante a la salinidad.

3.2.2. Análisis foliares.

Se trata de un análisis químico de una muestra de hojas de los árboles. Es el mejor método para el diagnóstico del estado nutritivo de una plantación. Identifica desórdenes nutritivos, detecta niveles bajos de nutrientes, mide las respuestas a los programas de fertilización y detecta toxicidades causadas por sales. Permite optimizar el abonado de una plantación.

El análisis foliar refleja la interacción de todos los factores que determinan la composición mineral: estado de desarrollo, condiciones climáticas, disponibilidad de nutrientes, distribución y actividad de las raíces, cosecha y condiciones de humedad del suelo.

Se han establecido niveles críticos de cada elemento nutritivo, es decir, la concentración de elemento en las hojas por debajo del cual el crecimiento o producción de un árbol disminuye si se compara con otros que tienen concentraciones más altas. La gráfica 3 muestra la relación que existe entre la concentración de un nutriente en los tejidos y el crecimiento o producción. Cuando la concentración de nutriente es baja aparecen síntomas de deficiencia asociados a un bajo crecimiento o rendimiento (zona de deficiencia). Un aumento pequeño de la concentración tiene una gran respuesta de crecimiento, que alcanza el máximo al rebasar la concentración crítica hasta que disminuye cuando se alcanzan concentraciones tóxicas o en exceso (zona de toxicidad). La zona de consumo de lujo es la situación en el que las concentraciones son superiores para un desarrollo óptimo, pero sin llegar a provocar efectos adversos en el crecimiento. La zona de adecuación indica las concentraciones del nutriente a las que los síntomas pueden o no aparecer.



Gráfica 3. Crecimiento o rendimiento de un cultivo en función de la concentración de un nutriente en un tejido. Fuente: Barranco et al. (2017).

Los niveles críticos de cada nutriente están establecidos, por lo tanto, basta comprobar los resultados analíticos de una muestra con esos valores para determinar la deficiencia, adecuación o exceso de un elemento y tomar medidas para su corrección. Los niveles críticos en hoja son independientes del clima y tipo de suelo donde se desarrolla el cultivo.

El punto más importante del análisis foliar es el muestreo de hojas que se tienen que analizar, la época de recogida y el procedimiento de muestreo.

3.2.2.1. Época de muestreo de hojas.

En el olivo se diferencian tres hojas según tres edades diferentes: del año, de un año y de dos años. El contenido de nutrientes varía. Además, tampoco permanece constante en el ciclo anual, sufre variaciones según la fenología del árbol. El muestreo debe realizarse en una época en la que las concentraciones de los elementos en hoja sean estables. Esto sucede en el olivo en el mes de julio y durante el reposo invernal. Las hojas muy jóvenes son menos estables. Por otra parte, la proximidad de los frutos afecta la composición mineral de las hojas.

Las hojas que se muestrean deben estar totalmente expandidas, procedentes de brotes sin frutos y de una edad comprendida entre los 3 y 5 meses. El muestreo se realiza en el mes de julio. Deben tomarse hojas de brotes del año en posición media a basal que contengan el peciolo. La tabla 4 recoge los niveles críticos de nutriente para este tipo de hojas.

Elemento	Deficiente	Adecuado	Tóxico
Nitrógeno, N (%)	1,4	1,5-2,0	>1,7
Fósforo, P (%)	0,05	0,1-0,3	-
Potasio, K (%)	0,4	>0,8	-
Calcio, Ca (%)	0,3	>1	-
Magnesio, Mg (%)	0,08	>0,1	-
Manganeso, Mn (ppm)	-	>20	-
Cinc, Zn (ppm)	-	>10	-
Cobre, Cu (ppm)	-	>4	-
Boro, B (ppm)	14	19-150	185
Sodio, Na (ppm)	-	-	>0,2
Cloro, Cl (ppm)	-	-	>0,5

Tabla 3. Niveles críticos de cada nutriente. Fuente: Barranco et al. (2017).

3.2.2.2. Procedimiento de muestreo.

El primer paso es diferenciar entre las dos variedades. De cada variedad debe tomarse una muestra de hojas, cada muestra debe contener entre 100 y 200 hojas de varios árboles distribuidos por la parcela. Se toman de los brotes situados en el hombro, conviene tomar 2 o 4 hojas por árbol de brotes situados en distinta orientación de un vigor normal en el exterior de la copa. No deben tomarse hojas de árboles atípicos, con síntomas o enfermos.

Las hojas deben introducirse en bolsas de papel y conservadas en una nevera para enviarlas lo más pronto posible a laboratorio para su análisis.

3.2.2.3. Uso e interpretación de los análisis foliares.

Los niveles críticos se recogen en la tabla 3 para cada elemento nutritivo. La mayoría de los nutrientes en exceso no producen toxicidad, pero pueden afectar a la utilización de otros nutrientes y provocar reacciones negativas en el árbol. Conocidos los niveles del elemento, queda comprobarlos para determinar si se encuentra en un nivel deficiente, adecuado o en exceso para tomar medidas para su posible corrección.

El análisis resulta excelente para detectar deficiencias de Mg, Mn, P y K, y excesos de Na, Cl y B; es bueno para deficiencias de B, N; regular para los niveles de Cu, Zn y Ca; y malo para el Fe. Se trata de un elemento que se acumula en las hojas aún en condiciones de deficiencia. La inspección visual para este elemento es fundamental. En general, los resultados deben interpretarse con los síntomas visuales (tabla 5) y características generales de la plantación.

Elemento nutritivo	Copa del árbol	Brotes	Hojas	Fruto
Nitrógeno	Tamaño pequeño Poca densidad Alta densidad	Poco crecimiento Ápices necrosados	Pequeñas Color amarillento Alta defoliación	Poca densidad Apariencia normal
Potasio	Tamaño normal Ramas péndulas	Poco crecimiento Entrenudos cortos	Síntomas en hojas basales Pequeñas Color amarillento Poca defoliación	Normal
Calcio	Tamaño pequeño	Ápices necrosados Proliferación de brotes laterales	Síntomas en hojas apicales Color amarillento Abarquilladas necrosis	Poca densidad Apariencia normal
Magnesio	Normal	Normal	Puntas amarillas Aparición de bandas	Parcialmente clorótico Maduración temprana
Cinc	Normal	Normal	Síntomas en hojas apicales Color blanquecino en zonas internerviales	Clorótico
Hierro	Normal	Normal	Síntomas en hojas apicales Color blanquecino en zonas internerviales	Clorótico

Tabla 4. Síntomas visuales de deficiencia de cada nutriente. Fuente: Barranco et al. (2017).

3.3. Establecimiento del plan anual de fertilización.

Un programa de fertilización evalúa el estado nutritivo actual y anticipa las necesidades de la campaña siguiente. Los árboles son un auténtico almacén de reservas de nutrientes. La información del análisis permite establecer el plan anual de fertilización de una forma racional basado en el diagnóstico, aportando lo necesario y evitando los excesos.

El objetivo de planificar un programa de fertilización es mantener los elementos minerales dentro del nivel adecuado de la tabla 3. Si todos los elementos se encuentran en un intervalo adecuado en hojas, es recomendable no realizar abonado. Si algún elemento está deficiente, debería de aplicarse un abono rico en ese elemento. Si muchos elementos están deficientes, en muchos casos, aplicar el más bajo de todos basta para corregir la situación. No tiene sentido aplicar abonos compuestos en el olivar. La aplicación en exceso puede producir desequilibrios de difícil corrección. La programación permite optimizar el abonado.

El nitrógeno es el elemento nutritivo que se requiere en mayores cantidades por las plantas, es la base de la fertilización del olivar. En terrenos calizos, como este caso, el mayor problema nutritivo lo constituye la deficiencia de K, Fe y posiblemente B.

La fertilización de esta plantación se va a realizar mediante fertirrigación. En el anejo I se realiza un análisis del comportamiento de cada nutriente en el olivo.

3.4. Fertirrigación.

Consiste en aplicar a la planta los abonos disueltos en el agua de riego localizado. De esta manera, se consigue localizar los nutrientes directamente en las zonas en las que existe mayor densidad y actividad radical, se mejora la absorción de nutrientes por la planta. El elevado contenido de humedad que se mantiene de forma constante en los bulbos de riego favorece la actividad de las raíces, la disolución y asimilación de los elementos fertilizantes. Por otra parte, la posibilidad de aplicar abonos de forma frecuente a lo largo del ciclo productivo permite modificar las dosis de abonado en función de las necesidades de la planta.

La fertirrigación también presenta ciertos inconvenientes. Se precisa una mayor limpieza y mantenimiento del sistema de riego, la inyección de los productos fertilizantes aumenta el riesgo de obstrucción de la red debido a los precipitados que pueden formarse si no están bien disueltos y la disolución de abonos en el agua de riego aumenta la salinidad.

La presencia y el movimiento de agua y los solutos en el suelo es distinto de los que se obtienen mediante otros métodos de riego y abonado. Al aplicar el agua mediante emisores, se forman los bulbos de riego. Con un buen manejo de la fertirrigación, puede conseguirse que la presencia de agua, nutrientes y oxígeno en el bulbo sea óptima para el desarrollo de la planta de manera constante. El tipo de suelo determina el tamaño del bulbo, así como el movimiento de agua y

nutrientes. Por lo tanto, hay que ajustar la fertirrigación al agua de riego y tipo de suelo de la plantación. Las sales se irán acumulando en el exterior del bulbo de riego, especialmente cerca de la superficie del suelo, pudiendo llegar a formar una barrera que impida el desarrollo de las raíces en la zona. Eso implica una disminución del volumen de suelo que pueden explorar las raíces y no favorece el desarrollo de la planta. Se tiene que procurar aplicar agua suficiente de riego para que se produzca un cierto lavado de sales. Si el riego se hace con agua no demasiado salinas, como es el caso, y el suelo tiene una mínima capacidad de infiltración, las lluvias de invierno suelen ser suficientes para lavar las sales que se hayan podido acumular durante la época de riego. Sin embargo, se recomienda realizar análisis periódicos de la acumulación de sales en el suelo.

En el anejo II, durante el análisis del agua de riego, se determinó que el riesgo de salinidad era medio y el de sodicidad, bajo.

3.5. Manejo de la fertirrigación.

Los abonos adecuados para fertirrigación pueden encontrarse en forma de abonos sólidos o líquidos. En caso de utilizar fertilizantes sólidos, se deben diluir en los depósitos y obtener las soluciones madre.

La aplicación se realiza teniendo en cuenta que:

- Las aportaciones se realizan en función de la capacidad productiva.
- El aporte se realiza en función de los análisis de suelo, agua y foliares.
- Se utilizan fertilizantes exentos de cloruros, sulfatos y sodio para no aumentar la alcalinidad ni salidad.
- Es necesario controlar el pH del agua.
- Los abonos deben ser, en cualquier caso, completamente solubles en agua a la temperatura ambiente.
- Si se aplican abonos sólidos, deben de estar exentos de impurezas con el objetivo de no obstruir los mecanismos de filtrado. Son preferibles
- Son preferibles los abonos de reacción ácida para evitar las precipitaciones de calcio que pueden obstruir goteros y tuberías.
- Si se mezclan varios productos, se debe comprobar su compatibilidad.

La fertilización nitrogenada se realiza con urea (46%), la fuente de fósforo es el ácido fosfórico (54%) y el de potasio con nitrato potásico (13-0-46).

3.6. Programación del abonado de fertirrigación.

Para la correcta incorporación de los fertilizantes en el agua de riego es necesario tener en cuenta una serie de consideraciones:

- No deben inyectarse al agua de riego más de 0,7 litros de solución fertilizante por metro cúbico de agua. En general, 0,2-0,4 l/m³ es lo adecuado.
- La inyección de fertilizantes debe hacerse en la fase central del riego para reducir el riesgo de obstrucciones.
- Los abonos pueden aplicarse con la frecuencia deseada.
- Es necesario realizar riegos sin abono para limpiar la red tras la aplicación de los fertilizantes.

A continuación, se señalan los factores necesarios que hay considerar anualmente para la aplicación de la fertirrigación.

3.6.1.1. Cálculo del aporte anual de fertilizantes.

La producción anual esperada varía a lo largo de los años. Sin embargo, se considera una cosecha media de 12.000 kg de aceituna/ha. En primer lugar, se calcula la dosis de abonado necesaria para alcanzar dicho rendimiento. Hay que tener en cuenta que la aportación varía año tras año dependiendo del análisis foliar. La aportación de nitrógeno y potasio depende de la cantidad de arcilla del suelo, y la de fósforo de la cantidad de carbonato cálcico.

Los aportes necesarios de nutrientes de un olivar por cada 1.000 kg (1 t) de capacidad productiva, si se tiene en cuenta que el suelo tiene un contenido en arcillas del 30% y en carbonato cálcico mayor que 40%, son:

Nutriente	Aporte necesario (kg/t)
N	14
P ₂ O ₅	6
K ₂ O	17.5
MgO	3

Tabla 5. Aporte necesario anual de cada nutriente para un rendimiento de 1t/ha (kg/t). Fuente: Cultivo del olivo con riego localizado.

Teniendo en cuenta los 12000 kg (12 t) por ha, los fertilizantes que hay que aportar anualmente son:

Nutriente	Aporte necesario (kg/ha)
N	168
P ₂ O ₅	72
K ₂ O	210
MgO	36

Tabla 6. Aporte necesario anual de cada nutriente para un rendimiento de 12t/ha (kg/ha). Fuente: Cultivo del olivo con riego localizado.

Por otra parte, es necesario restar a esas aportaciones las realizadas por el agua de riego.

$$\text{Nutriente (kg/ha)} = \frac{[\text{Nutriente}] * \text{VR} * \text{CTr}}{100.000} * \text{Ef}$$

- Nutriente: concentración del nutriente en el agua de riego (mg/L). Datos disponibles en el anejo II.
- VR: volumen de riego (m³/ha).
- CTr: coeficiente de transformación.
- Ef: factor de eficiencia = 0,9.

Nutriente	Volumen de riego (m ³ /ha)	[Nutriente]	CTr	Ef	Aportación agua de riego (kg/ha)
NO ₃	3000	18,2	22,6	0,9	11,1
K ₂ O	3000	0,33	166,6	0,9	1,48
MgO	3000	34,7	182	0,9	170,5

Tabla 7. Aportación de cada nutriente por el agua de riego (kg/ha). Fuente: elaboración propia.

Es importante tener en cuenta que el volumen de riego considerado es el correspondiente a la estrategia de aprovechamiento de la reserva de agua en el suelo y sin riego deficitario, es decir, si las condiciones de irrigación cambian, también varían estos datos. Las necesidades anuales de magnesio se cubren con la aportación del agua de riego.

3.6.1.2. Programación mensual de los fertilizantes.

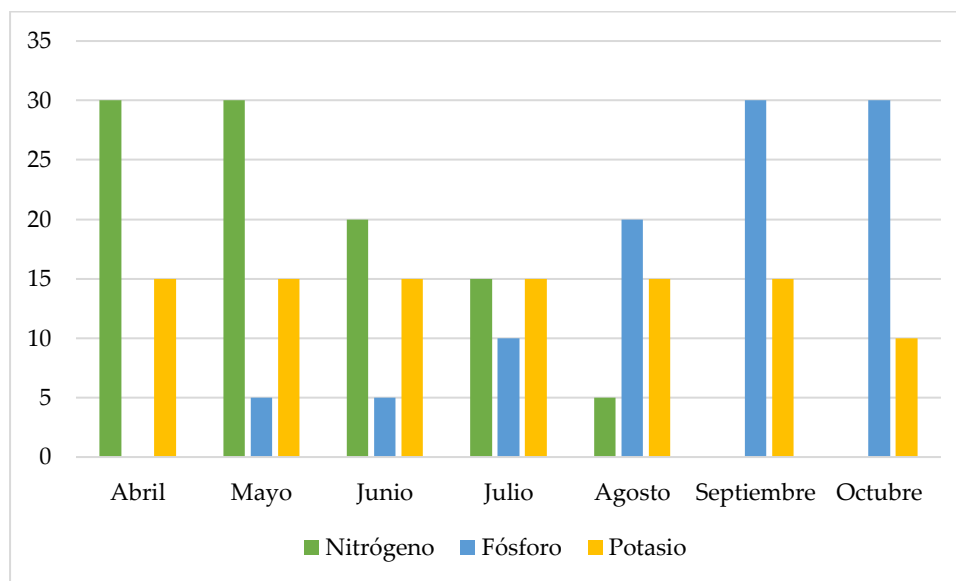
La aplicación de los fertilizantes se divide mensualmente a lo largo del ciclo de riego. Las aportaciones no deben ser homogéneas porque dependen de las necesidades del ciclo vegetativo del olivo.

1. Nitrógeno: lo ideal es aplicarlo en pequeñas dosis y con frecuencia para mejorar la distribución en el suelo. Se aportan en mayor proporción en los meses de primavera y verano.
2. Fósforo: se aporta principalmente al final del verano y en otoño.
3. Potasio: se aporta en cantidades similares a lo largo de los meses de riego.

El reparto se hace de la siguiente forma:

	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
Abril	30	0	15
Mayo	30	5	15
Junio	20	5	15
Julio	15	10	15
Agosto	5	20	15
Septiembre	0	30	15
Octubre	0	30	10

Tabla 8. Reparto de la fertilización. Fuente: elaboración propia.



Gráfica 4. Reparto de fertilización a emplear mensualmente. Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, hay que considerar que los productos que se utilizan para corregir las deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio tienen porcentajes de micronutrientes que compensan sus deficiencias. En general, no es necesario aplicar una fertilización específica. Sin embargo, es necesario ir controlando las carencias de Fe y B debido a las deficiencias que se pueden producir como consecuencia de la caliza del suelo.

También se puede realizar tratamientos de fertilización foliar como un complemento puesto que la cantidad de micronutrientes que se aprovechan son mínimas. Los nutrientes de mayor absorción son el sodio, fósforo y nitrógeno. Se realizan mediante un atomizador. Se recomienda su aplicación exclusivamente en los olivares más jóvenes.

Por lo tanto, las cantidades de fertilizantes mensuales según las necesidades requeridas consideras son:

Mes	Nutriente	Volumen de riego (m3/ha)	Nutriente (mg/L)	Ctr	Ef	Aportación del agua de riego (kg/ha)	% mensual	Aporte necesario anual (kg/ha)	Aportación mensual de fertilizante (kg/ha)
Abril	NO ₃	180	18,3	22,6	0,9	0,670	30	168	49,73
	K ₂ O	180	0,33	166,6	0,9	0,089	15	210	31,41
	P ₂ O ₅					0,000	0	72	0,00
Mayo	NO ₃	350	18,3	22,6	0,9	1,303	30	168	49,10
	K ₂ O	350	0,33	166,6	0,9	0,173	15	210	31,33
	P ₂ O ₅					0,000	5	72	3,60
Junio	NO ₃	670	18,3	22,6	0,9	2,494	20	168	31,11
	K ₂ O	670	0,33	166,6	0,9	0,332	15	210	31,17
	P ₂ O ₅					0,000	5	72	3,60
Julio	NO ₃	850	18,3	22,6	0,9	3,164	15	168	22,04
	K ₂ O	850	0,33	166,6	0,9	0,421	15	210	31,08
	P ₂ O ₅					0,000	10	72	7,20
Agosto	NO ₃	670	18,3	22,6	0,9	2,494	5	168	5,91
	K ₂ O	670	0,33	166,6	0,9	0,332	15	210	31,17
	P ₂ O ₅					0,000	20	72	14,40
Septiembre	NO ₃	180	18,3	22,6	0,9	0,670	0	168	0
	K ₂ O	180	0,33	166,6	0,9	0,089	15	210	31,41
	P ₂ O ₅					0,000	30	72	21,60
Octubre	NO ₃	100	18,3	22,6	0,9	0,372	0	168	0
	K ₂ O	100	0,33	166,6	0,9	0,049	10	210	20,95
	P ₂ O ₅					0,000	30	72	21,60

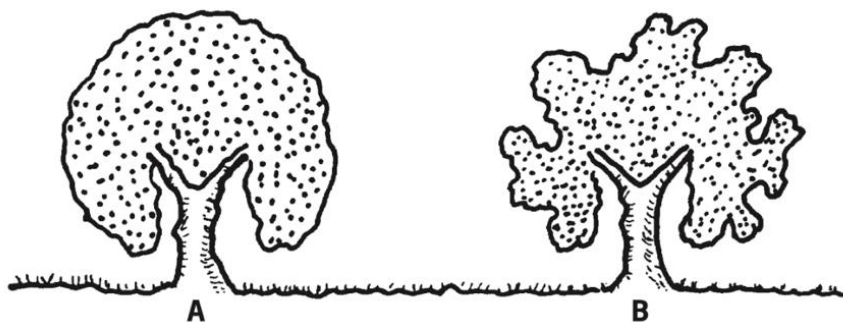
Tabla 9. Dosis de fertilización mensual. Fuente: elaboración propia.

4. PODA.

La poda es un conjunto de operaciones que se realizan sobre los árboles con el objetivo de modificar la forma natural de la vegetación, vigorizando o restringiendo el desarrollo de las ramas con el fin de darle forma y conseguir la máxima productividad posible. Las diferentes podas que necesitar el olivo son:

- Poda de formación.
- Poda de producción.
- Poda de renovación.

La decisión más acertada sobre el tipo de poda a realizar en una plantación en un momento determinado debe de estar asentada sobre información basada en los principios fisiológicos y agronómicos de los distintos tipos de plantaciones. Con la poda deben conseguirse copas lobuladas con entrantes y salientes, que aumenten la superficie foliar, optimizando el aprovechamiento de la radiación solar. La mejor época para realizar la poda es durante la parada invernal y justo después de la recolección.



▲ Fig. 14. Con el mismo volumen de copa por árbol, son preferibles las formas lobuladas, con entrantes y salientes (B) que las formas esféricas (A) a las que tiende el olivo de forma natural. Las formas abiertas permiten su mejor aprovechamiento de la luz.

Gráfica 5. Forma natural del olivos vs forma lobulada. Fuente: Barranco et al. (2017).

Sus finalidades son:

- Preparar al olivo para la siguiente cosecha.
- Estructurar el olivo para facilitar la recolección.
- Reparar las partes dañadas.
- Mantener el equilibrio entre las funciones vegetativas y reproductivas.
- Acortar el período improductivo y retrasar la decadencia.
- Obtener la densidad vegetativa que interese.

4.1. Poda del olivar en seto.

La poda tiene un papel clave en los olivares en seto. Se debe mantener el tamaño del seto dentro de los márgenes exigidos por la cosechadora. La poda también va a tener importancia sobre el control del vigor. La formación en monocono es la que mejor resultado ha obtenido hasta el momento. Se emplean podadoras mecánicas tanto en altura como en lateral, combinadas con cortes de motosierra manuales.

El aprovechamiento máximo de la radiación solar se produce si la altura del seto está comprendida entre 1 y $\frac{3}{4}$ partes de la distancia entre setos. En este caso, la distancia entre setos es 4,5 m y la altura 2,7 metros, por lo tanto, se cumple dicha condición. Por otra parte, respecto a la distancia entre olivos, se tiene en cuenta la conveniencia de que no haya espacios vacíos entre ambos cuando pase la cosechadora para que no se desgaste ni se dañe. Es necesario que se produzca un mayor desarrollo de ramas en el sentido del seto para un mejor cerramiento del mismo.

4.1.1. Poda de formación.

La poda de formación busca construir una estructura que permita que el olivo ocupe el espacio que le corresponde. La posición de las ramas debe facilitar el paso de la maquinaria. Es fundamental acelerar la formación del árbol. Esta poda reduce a tuturar y eliminar los brotes que se desarrollan en la parte baja del eje, conformando un tronco recto sin vegetación.

El sistema de formación escogido para esta plantación es el de un eje en forma de cono. Es el más adaptado a los objetivos buscados, formar un seto de 1 metro de ancho y una altura de 2,5 m.

Este sistema requiere de un entutorado hasta una altura de 2 metros, hay que ir atacando la guía de la planta según va creciendo 20 cm aproximadamente. El tutor empleado es el de la caña de bambú al tener una rigidez suficiente, ser el más económico y fácil de retirar. Durante los primeros 3-4 años, hasta alcanzar la altura de 2,5 metros, la única poda a realizar es la eliminación de brotaciones (poda bajera) que salgan debajo de los 50-60 cm para el correcto funcionamiento de la cosechadora durante el verano. El resto de las brotaciones irán formando un cono sobre el eje central.



Gráfica 6. Olivo de dos años con forma de cono. Fuente: Foro del olivar.

4.1.2. Poda de producción o mantenimiento.

El objetivo de la poda de producción es perseguir mantener las dimensiones del seto que permitan una adecuada iluminación y aireación, así como facilitar el paso de la máquina de recolección.

Una vez alcanzado el tamaño de seto deseado, pasados los 3-4 años, acorde con las dimensiones que permite la cosechadora, es necesario realizar un mantenimiento del mismo mediante podas periódicas que eviten un aumento del tamaño que dificulten la recolección y provoquen sombreamientos en la superficie foliar del seto. Este incremento también se debe controlar mediante otras estrategias como déficit hídrico o limitaciones edafológicas.

La poda de producción depende de las condiciones de cada año, de la lluvia y el estado del olivo fundamentalmente. Se realiza una poda mecánica anual para controlar la altura y anchura, y de manera esporádica podas manuales para rejuvenecer al olivo y eliminar las ramas que se desarrollan hacia el interior de la calle. De esta manera, se evita producir daños en la siguiente cosecha con la máquina recolectora.

La limitación de la altura del seto se realiza mecánicamente con podadoras de discos. La frecuencia de esta poda va a depender del rebaje y del crecimiento del seto. Se trata de una poda anual o bienal. Lo más indicado es realizarla, la primera vez que sea necesaria (pasados los primeros 3-4 años), en invierno y en verano. Posteriormente, se realiza exclusivamente cuando sea precisa y en invierno, los estudios consultados demuestran que ejecutar la poda en invierno produce más

aceite que hacerlo en verano, contrariamente a lo que se recomienda y ejecuta como practica habitual. En verano, durante el crecimiento de los brotes, se realiza para frenar el desarrollo vegetativo y asegurar la iluminación de las zonas bajas. En esta época, se produce una parada del crecimiento vegetativo en la zona de corte que favorece el crecimiento de ramas inferiores y laterales y, por tanto, el equilibrio del seto.



Gráfica 7. Limitación en altura con podadora de discos. Fuente: Junta de Andalucía.

Por otra parte, es necesario eliminar las ramas rígidas que crezcan hacia la calle con el objetivo de facilitar paso de la máquina y evitar la rotura de ramas y el arranque de árboles. La limitación de la anchura del seto se realiza de forma semimecánica. Está formada por dos intervenciones. Una con la podadora de discos verticales o inclinados situada a 20-30 cm del eje del árbol que rebaje las caras del seto que superen los 50 cm de ancho. De esta manera, deja un ciclo de crecimiento vegetativo lateral de unos 30-40 cm y no se permite nunca una anchura total del seto superior a 1 metro. También se produce una mayor entrada de luz en ramos más interiores de la propia cara podada. Es conveniente realizar el corte ligeramente inclinado. Los discos verticales deben pasarse exclusivamente si el vigor es elevado. Si es bajo, puede podarse una cara del seto cada 2/3 años, alternando las caras podadas. La poda de una de las caras incrementa la porosidad e iluminación, aunque el número de aceitunas se reduce, el contenido de aceite aumenta y la producción no se reduce.

A esto se añade un repaso posterior con motosierra en el que se cortan, desde su punto de inserción, todas las ramas de un grosor superior de 4-5 cm dirigidas hacia el centro de la calle (la podadora de discos exclusivamente rebaja). De esta manera, se consigue una renovación indirecta y paulatina de la estructura

productiva que disminuye la frecuencia de los rebajes mecánicos y, por tanto, alarga la vida productiva del seto. El sistema de poda semimecánico supone un ahorro del 65% de los costes económicos derivados de la poda. La poda de producción consiste en una poda mecánica (topping + lateral 50%) en invierno.

Por último, el realce de las ramas más bajas (a los 50-60 cm) que requiere la cosechadora se puede hacer mecánicamente mediante una podadora de cuchillas (menor grosor). La limitación de la altura también se puede hacer con la podadora de cuchillas siempre que las ramas que se cortan no superen los 2,5 cm de diámetro. Esta poda en verde se realiza durante el verano.

4.1.3. Poda de renovación o rejuvenecimiento.

Las podas de renovación se enfocan al eje central y se llevan a cabo cuando la frecuencia de los rebajes laterales sea mayor de lo deseado, provocando una reducción de las producciones medias de la plantación. Esta situación se produce tras el engrosamiento del tronco, que aumenta el vigor de las ramas, haciéndolas inmanejables para el tamaño de seto requerido.

Consiste en un rebaje del tronco, con el objetivo de dejar crecer un solo brote vertical que lo sustituya. Es aconsejable aprovechar los brotes ya existentes en la rama a renovar, el rebaje se hace unos centímetros por encima de la posición que ocupe una rama vertical con buen desarrollo, el caso de que la haya. El rebaje debe hacerse lo más bajo posible para conseguir una mayor durabilidad productiva del nuevo eje renovado. Algunos autores recomiendan un corte lo más próximo al suelo sin llegar al mismo.

Otras opciones son el arranque alterno de olivos hasta convertir la plantación en una intensiva en vaso libre o el arranque total de la plantación y plantación de nuevos árboles con un marco similar. En el primer caso, la cruz tendría que subirse a un metro, eliminando todas las brotaciones inferiores y permitiendo un crecimiento libre de la copa que ocupe el nuevo espacio disponible.



Gráfica 8. Línea de olivar en seto podado mecánicamente (topping, lateral y bajas). Fuente: Agromillora.

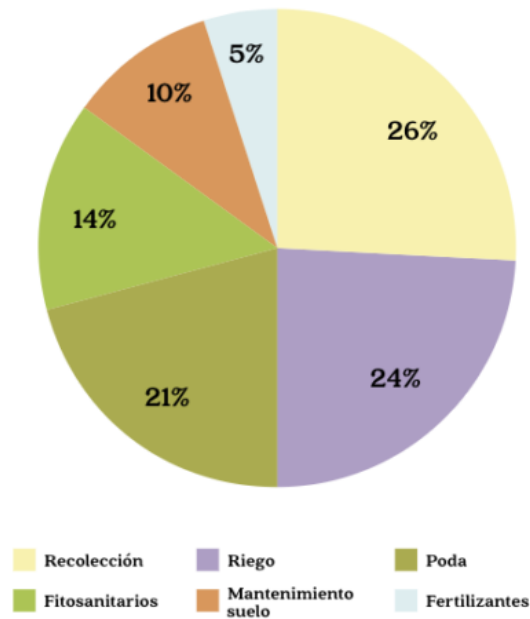
4.2. Podas de regeneración.

Una de las actuaciones agronómicas más importante cuando se producen heladas es la poda. El daño producido por la helada depende de la época y la temperatura alcanzada. Los perjuicios serán diferentes en hojas, yemas, brotes y raíces, apareciendo signos que se comprueban uno o dos meses después. En esta zona de estudio y para estas variedades, el nivel de daño afecta como mucho a las hojas. Durante la primavera, se debe inspeccionar el olivar en busca de posibles daños y eliminar las ramitas afectadas.

4.3. Conclusión.

La poda representa el 21% de los costes de cultivo necesarios para el mantenimiento del olivar superintensivo en regadío (gráfica 7). Por ello, es preciso rentabilizar al máximo esta actividad. En esta plantación se ha optado por formar olivos en monocono y mecanizar todos los trabajos de poda que se acompañan, cuando sea necesario, de un trabajo manual con motosierra. La poda de producción, a partir del tercer año, consiste en una poda anual mecánica en altura y lateral al 50% del seto en invierno. El topping se realiza con discos horizontales y la poda de anchura del seto con discos verticales.

Desde el inicio de la plantación, se realiza una poda bajera con el objetivo de eliminar los brotes que se desarrollan en los primeros 50 cm del tronco. Este realce es necesario para el paso de la máquina cosechadora.



Gráfica 9. Distribución de los costes de cultivo (%) para el mantenimiento del olivar superintensivo en regadío en España. Fuente: Colegio Oleícola Internacional (2015).

5. TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS.

El olivo no está solo en el agrosistema, crece con una serie de factores bióticos y abióticos. La alteración de uno de estos factores puede tener consecuencias en el medio que se desconocen. Por ello, la aplicación de tratamientos fitosanitarios debe estar justificadas y no ser contraproducente. El olivar está muy poco desequilibrado desde el punto de vista fitosanitario porque el número de tratamientos es aún muy bajo. Con la intensificación y el cambio de técnicas de cultivo están apareciendo nuevos problemas o agravándose algunos existentes.

Son varias las plagas y enfermedades que pueden ocasionar daños en el olivar. En este apartado, se van a hacer referencia a las más comunes en la zona de plantación y que cuyo perjuicio tenga cierta frecuencia. Hay muchas agentes que ocasionalmente pueden producir problemas al olivar.

Los tratamientos fitosanitarios que se van a aplicar dependen del estado de salud del olivo, la climatología y la época de recolección de la aceituna.

5.1. Plagas.

Una plaga es una colonia de organismos animales o vegetales que ataca y destruye los cultivos y las plantas. En el caso de las plagas, es fundamental tener

claro el concepto de plaga/umbral relacionado con el número de insectos (población). El umbral es el número de insectos en el que el coste del tratamiento queda justificado por el beneficio que produce. No se debe tratar por costumbre. Se debe hacer un monitoreo de las poblaciones y decidir sobre la necesidad de realizar un tratamiento si se superan determinados umbrales. La lucha contra las plagas se sigue haciendo con los insecticidas tradicionales de bajo coste, buena eficacia y graves efectos secundarios sobre la fauna auxiliar, residuos o contaminación ambiental. Es necesario escoger medidas de lucha que disminuyan los efectos adversos.

Las plagas más importantes que afectan a la zona son:

- Mosca del olivo (*Bactrocera oleae*).
- Prays (*Prays oleae*).
- Barrenillo del olivo (*Phloeotribus scarabeoides*).
- Cochinilla de la tizne (*Saissetia oleae*).

5.1.1. Mosca del olivo.

Se trata de la plaga más importante en el cultivo del olivo. Puede causar importantes pérdidas económicas. En estado adulto, son pequeñas moscas de 4-5 mm. Su cabeza es ancha, amarilla y presenta unos ojos de gran tamaño. El tórax es amarillo con bandas grisáceas y destaca una mancha de color marfil llamada “escudete”. Las alas transparentes presentan una mancha negra muy característica. Sus huevos son blancos, alargados y cilíndricos. Se depositan bajo la epidermis del fruto, por lo que, no se aprecian desde el exterior. Las larvas llegan a crecer hasta 7-8 mm al final de su desarrollo.



Gráfica 10. Mosca del olivo y su picadura en el fruto. Fuente: Junta de Andalucía.



Gráfica 11. Huevo y larva de la mosca del olivo. Fuente: Junta de Andalucía.

Su población está regulada por:

- La temperatura: el desarrollo se interrumpe con temperaturas inferiores a los 6°C y superiores a los 35°C.
- La humedad relativa: un bajo grado de humedad provoca el marchitamiento del fruto y disminuye las posibilidades de sobrevivir de los huevos y la larva.
- El tamaño de los frutos: los frutos de gran tamaño y en la zona exterior del árbol son más receptivos.
- Laboreo con arado: estas labores destruían una gran cantidad de pupas presentes en el suelo durante el invierno.
- Variedad: no hay variedades resistentes, pero algunas son más susceptibles que otras.

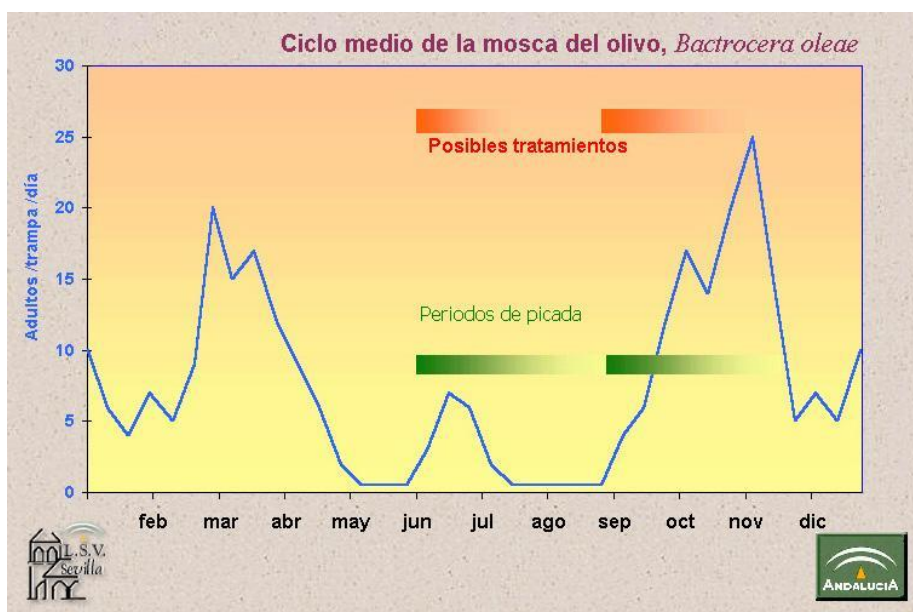
5.1.1.1. Ciclo biológico.

Durante el invierno, la mosca del olivo se encuentra enterrada en forma de pupa en el suelo. Emerge al final de la estación y permanece en el olivar y zonas cercanas hasta el final de la primavera. Una vez cuajado el fruto (endurecimiento de hueso), la hembra realiza la puesta sobre los frutos sanos y mejor desarrollados, ocasionando una picadura muy característica. Después de un período de incubación, nacen las larvas que se desarrollan en el interior de una galería que hacen en la pulpa de las aceitunas y forman una cavidad que ocupa una gran parte importante del fruto. La larva más desarrollada rompe la epidermis y vuelve a efectuar la pupa. Posteriormente, emergen los adultos y salen de la aceituna a través del orificio creado por la larva. Los adultos vuelven a aparearse e inician nuevamente el ciclo. A diferencia de la generación de verano, las larvas de otoño se tiran al suelo y se entierran superficialmente transformadas en pupas.



Gráfica 12. Rotura de la epidermis del fruto provocada por la larva de la mosca del olivo. Fuente: Junta de Andalucía.

La duración media del ciclo biológico depende de las condiciones climatológicas. Varía desde los 30-80 días en verano hasta los 130-180 en otoño. El número de generaciones es variable. En zonas mediterráneas, se suceden dos o tres generaciones al año. Con temperaturas superiores a 35 °C, con frecuencia en zonas de interior como este caso, la mosca deja de estar activa durante la época calurosa y vuelve a capturarse en septiembre ocasionando los daños más graves en la aceituna.



Gráfica 13. Ciclo biológico de la aceituna del olivo. Fuente: Junta de Andalucía.

5.1.1.2. Daños.

Pueden ser directos o indirectos. Los primeros están relacionados con la disminución de la producción, debidos a la reducción del peso (se estima en un 5-10%) o la caída prematura del fruto.

Los indirectos se producen por la pérdida de calidad en los aceites producidos. En las galerías hechas por la larva, se instalan toda clase de hongos que pueden producir podredumbres que alteran el índice de acidez y la calidad organoléptica de los aceites. La valoración de esta pérdida es muy difícil de cuantificar. Depende de la cantidad de fruto afectado, de las condiciones climatológicas de la recolección, condiciones de transporte de la aceituna, almacenamiento del fruto en la almazara o el manejo de la aceituna afectada en el troje. Para evitar este tipo de daños es fundamental realizar una recogida lo más temprana y llevarla directamente a la almazara para su rápida molturación. Sin embargo, se ha comprobado que sólo al final de la campaña se ha notado una pérdida de estabilidad y de calidad en los aceites obtenidos por frutos picados.

5.1.1.3. Método de control y seguimiento de las poblaciones.

El método de control más eficaz es la aplicación de insecticidas químicos. La decisión de poner en marcha un tratamiento contra la mosca del olivo debe basarse en la información proporcionada por las capturas de adultos con trampas específicas o el conteo de huevos y larvas en muestras de aceitunas tomadas al azar del olivar. Con la información obtenida por el seguimiento de las poblaciones, se deciden los tratamientos.

En esta plantación el control de poblaciones se realiza mediante el seguimiento de adultos en trampas cromático-sexuales. Llevan como soporte una lámina de color amarillo engomada en las dos caras y están cebadas con una cápsula de PVC que contienen spiroacetato (feromona de la hembra de la mosca que emite para atraer al macho). Se colocan en la zona sur y al exterior del árbol con una separación de 50 m. El conteo es semanal.

El tratamiento de fitosanitario se hace mediante aplicaciones cebo que utilizan una mezcla del insecticida con una proteína hidrolizable que ejerce una función de atrayente alimenticio. Es fundamental seguir las indicaciones de la etiqueta que especifican la dosis de mezcla y el modo de aplicación. El caldo se distribuye de manera discontinua configurando una zona del cultivo que es rociada directamente con la mezcla (zona tratada) a la que acuden los adultos de la zona no tratada (protegida) atraídos por el cebo alimenticio. Es fundamental respetar los plazos de seguridad. El tratamiento es efectivo contra el adulto.

5.1.2. Prays o polilla del olivo.

Se trata de la segunda plaga en importancia económica después de la mosca. Está distribuida por todos los países mediterráneos y afecta fundamentalmente al olivo. En estado adulto, es una pequeña polilla gris que mide 13-14 mm de ancho y unos 6 mm de largo. El huevo es blanquecino (recién puesto) y amarillento (según se incuban), lenticular, aplastado y de medio mm de diámetro. La oruga de

7-8 mm es de color avellana, aunque varía según la alimentación. La crisálida está cubierta por un capullo sedoso.



Gráfica 14. Polilla del olivo. Fuente: Junta de Andalucía.

La densidad de población depende del frío de invierno y calor de verano, de la humedad relativa, de la caída de aceituna en junio (provoca muerte de las larvas), del engrosamiento del fruto y de la competencia intraespecífica en el interior del fruto. Los enemigos naturales asociados a este lepidóptero son muy numerosos y su importancia es variable.

5.1.2.1. Ciclo biológico.

Tiene tres generaciones al año coordinadas con la evolución del olivo:

- 1) Filófaga: afecta a la hoja. Los huevos son puestos en octubre-noviembre en las hojas. Las larvas nacidas penetran en su interior realizando galerías y pasa el invierno. Tras la subida de temperaturas en marzo, reanudan la actividad y cambian de hoja según muda, realizando galerías en forma de C, subcircular o circular que ayudan a identificarla. Finalmente se transforma en crisálida en el envés de la hoja o la corteza del tronco. En abril aparece la mariposa.



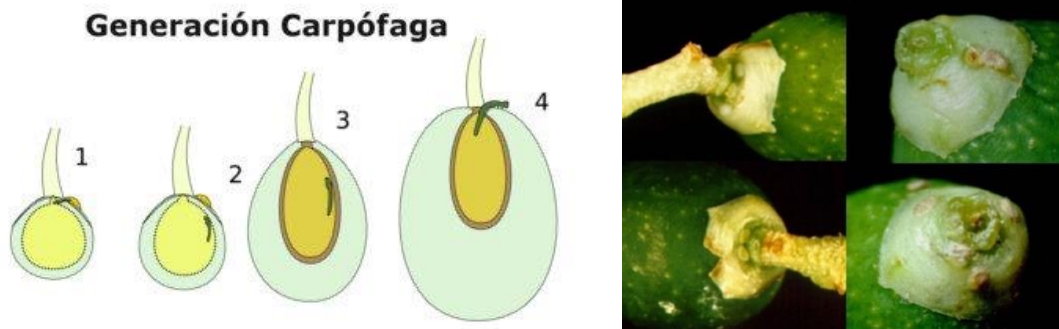
Gráfica 15. Diferentes galerías producidas por el praus en las hojas. Fuente: Junta de Andalucía.

- 2) Antófaga: afecta a la flor. Las mariposas realizan la puesta en los botones florales cerrados, principalmente en el cáliz. La larva nacida penetra dentro y se alimenta de las anteras (polen), estigmas y ovarios (futuros frutos). Finalmente, teje un capullo con los restos de las flores y realiza la crisálida en la misma inflorescencia.

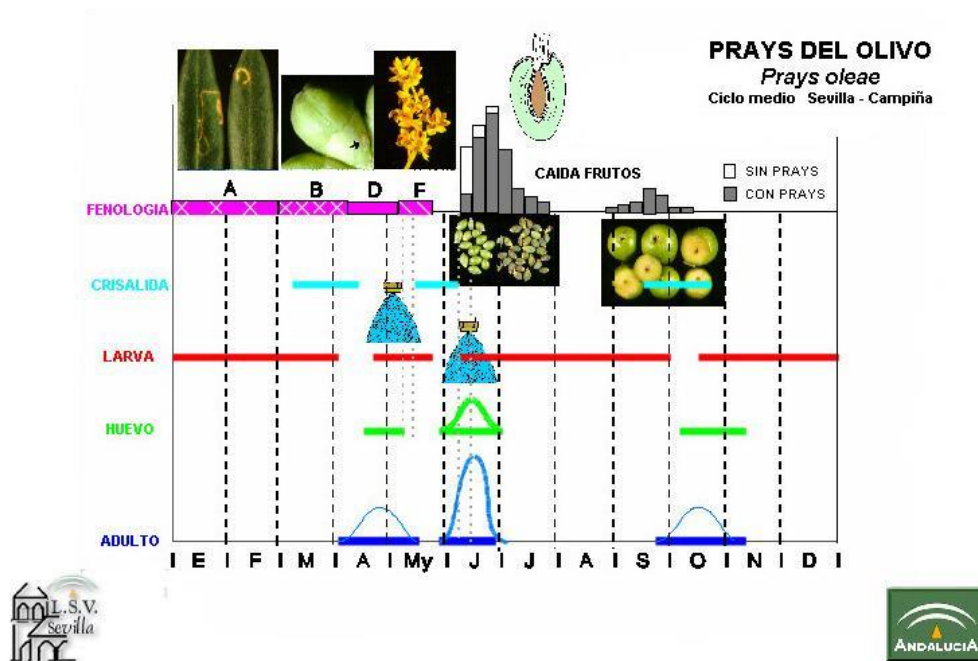


Gráfica 16. Daños de prays en la generación antófaga. Fuente: Junta de Andalucía.

- 3) Carpófaga: afecta al fruto. Es la más dañina. Las mariposas realizan la puesta en la aceituna recién cuajada (junio) principalmente en el cáliz cerca del pedúnculo. Las larvas al nacer penetran por la inserción del pedúnculo y pueden provocar la primera caída del fruto. Sólo una larva llega al centro del fruto alimentándose del contenido de la almendra. Sale en septiembre provocando la segunda caída del fruto y realiza la crisálida entre dos hojas, tronco o suelo.



Gráfica 17. Daños de prays producidos en la generación carpófaga. Fuente: Junta de Andalucía.



Gráfica 18. Ciclo biológico de prays. Fuente: Junta de Andalucía.

5.1.2.2. Daños.

En la fase filófaga, los daños se consideran despreciables excepto en árboles jóvenes. Se puede confundir con ataques de glifodes. En la fase antófaga, los daños son relativos y difíciles de valorar. Generalmente no son graves y el olivo puede compensar la destrucción de las flores con un mayor tamaño de la aceituna. Depende de la población de prays, la intensidad de floración y el destino del fruto. Si la floración es escasa y la población de prays alta, puede haber un peligro de baja producción.

En la fase carpófaga se producen los daños más importantes ya que provocan la caída de la aceituna. Sin embargo, las consecuencias de la primera caída de junio están muy discutidas. Esta época coincide con una caída fisiológica natural muy importante, siendo muy difícil separar una de otra. En esta etapa el árbol aún compensa en parte la producción con un mejor cuajado y un mayor tamaño de las aceitunas. La segunda caída en septiembre es mucho más dañina porque el

fruto es ya de gran tamaño y el árbol no puede compensar la pérdida. El porcentaje de aceitunas caídas por prays suele ser bajo, pero llama la atención. Además, coincide con la caída por otros motivos.



Gráfica 19. Aceitunas atacadas con orificios de salida producidos por el prays. Fuente: Junta de Andalucía.

5.1.2.3. Método de control y seguimiento de las poblaciones.

Con el objetivo de disminuir el número de tratamiento es fundamental ver cuántas aceitunas se caen por el prays en nuestra explotación (tienen que presentar orificio de salida) y valorar la caída teniendo en cuenta el precio de la aceituna, el coste del tratamiento, su eficacia y rentabilidad. Esta valoración debe hacerse en árboles testigos durante varios años para tomar decisiones ajustadas. Para el seguimiento de las poblaciones adultas se pueden utilizar trampas cebadas con la feromona sexual específica.

Hay dos momentos claves de actuación: al inicio de la floración (20-30% de las flores abiertas) y cuando las larvas se están introduciendo en el fruto. En el primero la aplicación es muy efectiva puesto que es el único período en el que las larvas se encuentra en el exterior. Sin embargo, no es la generación que más daño produce y su período de aplicación es de apenas una semana. En el segundo la aplicación no es tan efectiva y hay que mojar muy bien los árboles, pero es la generación que produce más daño.

En la generación antófaga, se recomienda tratar exclusivamente si hay muchos prays y poca flor. En la generación carpófaga, el tratamiento depende de las temperaturas alcanzadas en verano. Sin embargo, hay que decidirlo antes de junio. Un nivel superior de 30% de frutos con prays se considera peligroso, pero va a depender del calor posterior. Por ello, la toma de decisión se debe ajustar a una valoración de varios años.

5.1.3. Barrenillo del olivo.

Se trata de una plaga secundaria. Este escarabajo se encuentra distribuido en toda la cuenca mediterránea y afecta exclusivamente al olivo. Los adultos son de pequeño tamaño (2-2,5 mm de longitud por 1,5-2 mm de anchura), cuerpo grueso y de color pardo al principio hasta negro mate al final. Las antenas terminan en tres artejos que la hacen semejar a un tridente. La parte basal es más oscura que la distal (color castaño). Los huevos son amarillentos, ovalados y de consistencia blanda. Miden 0,75 x 0,5 mm. Las larvas carecen de ocelos y ojos, y presentan potentes mandíbulas. El cuerpo está muy arqueado y su longitud va desde los 0,9 mm al nacer hasta los 3,8 mm al final de su desarrollo.



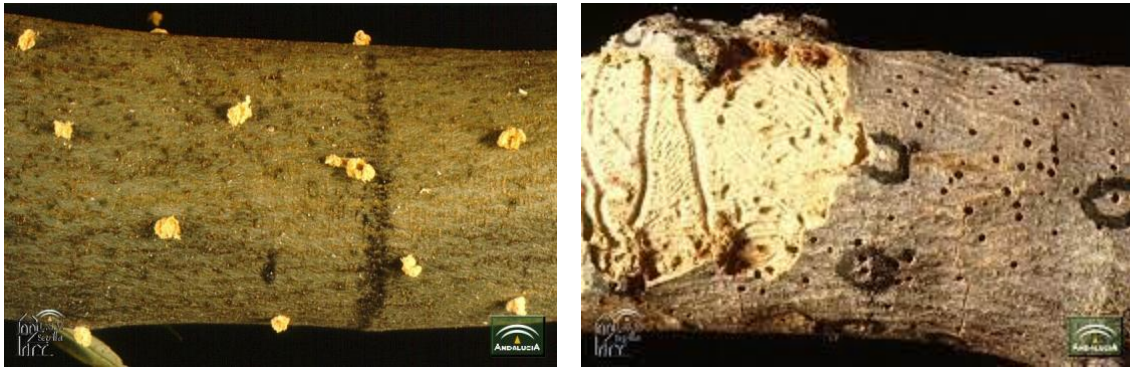
Gráfica 20. Adulto y larva en galerías del barrenillo del olivo. Fuente: Junta de Andalucía.

Su desarrollo está condicionado por la temperatura y la humedad. La metamorfosis y la actividad reproductora se detiene por debajo de 15°C. Los adultos anticipan la reproducción en los olivares orientados al mediodía. Los vientos fuertes, la sequía, la falta de abonos, los daños mecánicos o la fitotoxicidad que producen perjuicios en las ramas y/o árboles favorecen el desarrollo de la plaga.

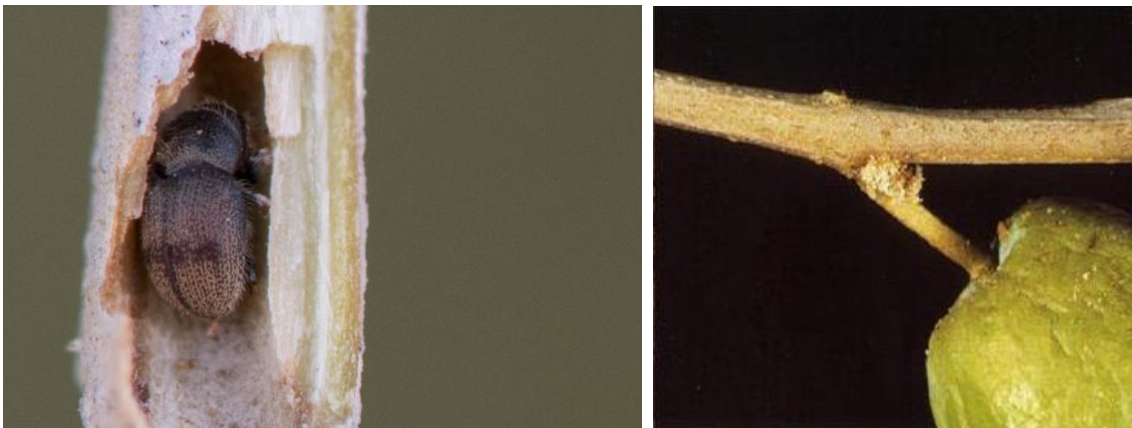
5.1.3.1. Ciclo biológico.

Pasa el invierno durante la edad adulta, en galerías excavadas en ramas, yemas, hojas y pedúnculos de frutos. En ciertos días templados, abandona su refugio forma otras galerías y se alimenta activamente. Al final del invierno, se dirigen hacia la madera cortada de la poda y se reproducen. También se puede desplazar a lugares próximos en su búsqueda. Una parte de la población hace la puesta en ramas rotas. Durante la reproducción, la pareja perfora un orificio de entrada y excava un vestíbulo donde tiene lugar el apareamiento. En sentido perpendicular se crean dos galerías opuestas donde la hembra deposita los huevos, cubriéndolos con serrín y una sustancia mucilaginososa para protegerlos. Después nacen las larvas que siguen desarrollando galerías, se transforma en pupa y emergen los adultos que abandonan las galerías perforando pequeños orificios en la corteza de la leña. Al realizarse simultáneamente, es muy frecuente observar gran cantidad de los orificios agrupados en las maderas almacenadas que han

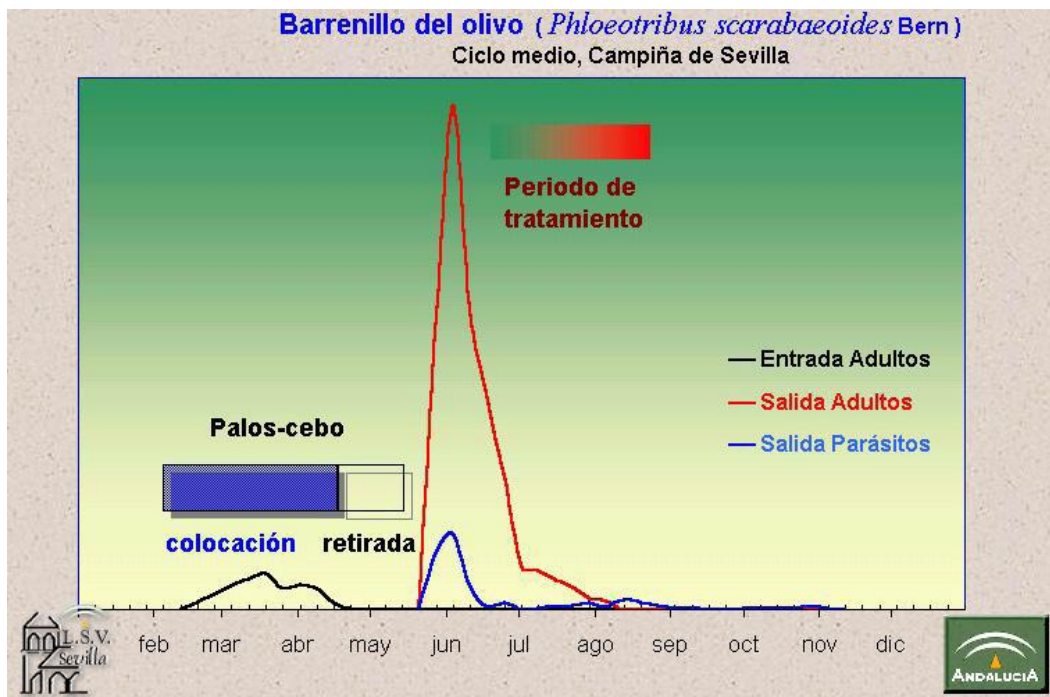
sido afectadas por el insecto. No es aconsejable dejar los restos procedentes de la poda almacenada, ya que se trata de un punto de ataque esencial para el barrenillo al igual que los árboles enfermos. Los adultos se alimentan activamente de madera en las galerías nutricias que hacen en las inserciones de la rama hasta la primavera siguiente. Estos adultos permanecen en el olivo hasta la primavera siguiente. En determinados casos, se puede dar lugar a una segunda generación a partir de julio o agosto, pero es muy raro en olivos en producción.



Gráfica 21. Orificios de entrada y salida, y galerías en leña. Fuente: Junta de Andalucía.



Gráfica 22. Ataque de inserción rama y fruto, y galería de adulto. Fuente: Junta de Andalucía.



Gráfica 23. Ciclo biológico del barrenillo del olivo. Fuente: Junta de Andalucía.

En la gráfica 21 se puede observar la curva de entrada de adultos en la madera para hacer la puesta, la salida de los nuevos adultos y el período de tratamiento.

5.1.3.2. Daños.

Se deben a las galerías producidas por los adultos en ramas, hojas, inflorescencias y frutos. Pueden producir la caída del órgano atacado. El árbol afectado disminuye su desarrollo vegetativo, tamaño y la relación hoja/madera, por lo que la producción es escasa. También pueden desarrollar otras plagas como el arañuelo o la tuberculosis que añaden otros daños indirectos.

5.1.3.3. Método de control y seguimiento de las poblaciones.

El parasitismo es muy alto, siendo los insectos auxiliares más importantes los himenópteros y un coleóptero depredadores de huevos, larvas y adultos. La estrategia de lucha debe consistir en anticipar la poda lo antes posible para que en el momento de reproducción la leña esté muy seca y no apta para realizar la puesta. Los restos de madera de la poda deben retirarse del campo antes de la puesta. Si la poda se realiza coincidiendo con la ovoposición, es aconsejable ir guardando o enterrando la leña, de forma que no puedan salir del lugar de almacenamiento. Además, esto debe complementarse con la colocación de leñas cebo debajo de algunos árboles (10% de la parcela). Los insectos hacen la puesta y con posterioridad, antes de que llegue el estado adulto, se queman.

La aplicación del tratamiento debe producirse cuando los nuevos adultos colonizan el olivar. Para ello, se colocan unos palos infestados y se observa el

momento de salida de los adultos, que se aprecia con la aparición de los orificios de salida (gráfica 19).

5.1.4. Cochinilla de la tizne.

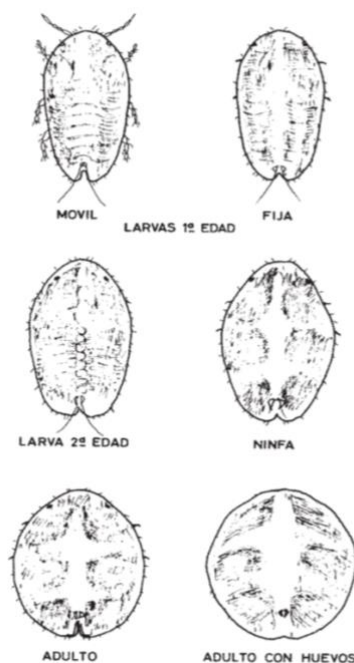
Es una plaga muy extendida en los países mediterráneos. Afecta principalmente al olivo y a los cítricos. La hembra adulta con huevos en su interior es la forma más conocida, es de color marrón oscuro, mide 3-4mm y presenta un caparazón con un relieve en forma de H. La hembra sin huevos es más aplanada y de un color más claro. Los huevos son rosados, ovalados y muy pequeños. Se encuentran en el interior de la hembra. Las ninfas son muy pequeñas en el nacimiento, muy alargadas y de colores más claros, son las más sensibles a los insecticidas y condiciones adversas. Pasan por dos estadios en los que incrementan su tamaño y son más convexas.



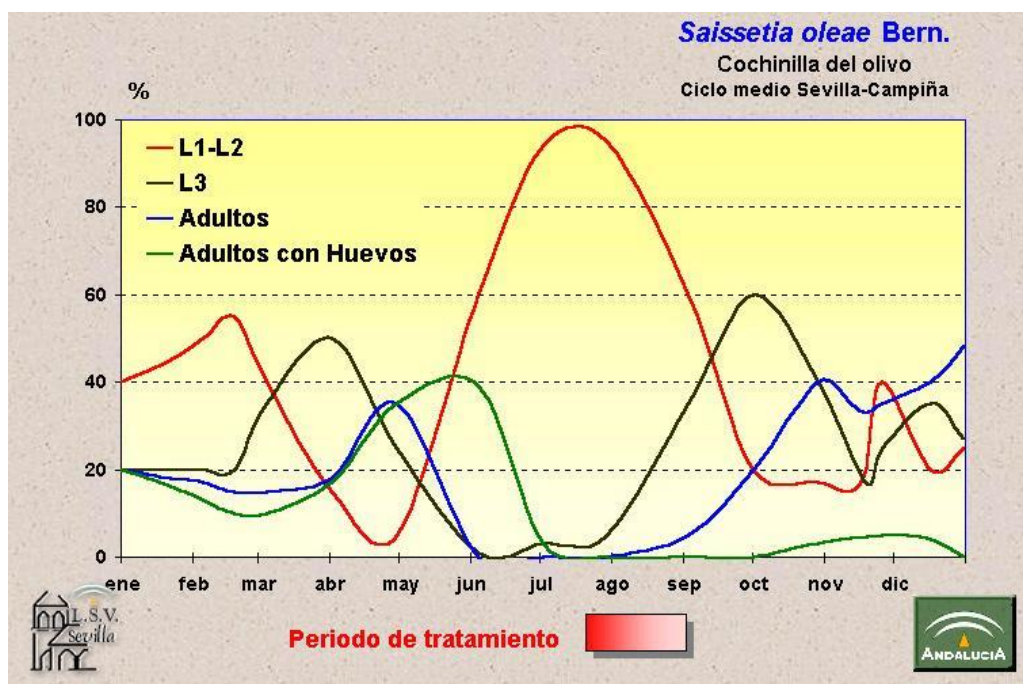
Gráfica 24. Hembras de la cochinilla de la tizne y sus huevos. Fuente: Junta de Andalucía.

5.1.4.1. Ciclo biológico.

Tiene una generación completa y una incompleta al año que depende de la zona, se observa un período claro de nacemento de ninfas que empieza en mayo y finaliza en septiembre. Según las temperaturas de otoño, aparecen nuevas ninfas, pero de menos importancia. Las hembras mueren después de poner los huevos, aunque el caparazón se queda adherido al olivo. Las ninfas se fijan en las hojas y ramitas verdes, pasan el invierno como ninfas y se transforman en adultas cuando se fijan en ramos leñosos al llegar la primavera. Por partenogénesis dan lugar a los huevos de la generación siguiente. La cochinilla succiona la savia y excreta melaza que impregna el olivo. En períodos húmedos, sirve de alimento para hongos negros que recubren los tejidos vegetales y disminuyen la fotosíntesis y respiración del olivo.



Gráfica 25. Diferentes estados de desarrollo de la cochinilla de la tizne. Fuente: Junta de Andalucía.



Gráfica 26. Ciclo biológico de la cochinilla de la tizne. Fuente: Junta de Andalucía.

5.1.4.2. Daños.

Los daños directos son escasos, sólo en caso de grandes poblaciones puede repercutir en la producción. Sin embargo, la negrilla puede ser abundante y provoca la depresión del árbol.



Gráfica 27. Hojas de olivo afectadas por la negrilla. Fuente: Junta de Andalucía.

5.1.4.3. Método de control y seguimiento de las poblaciones.

Tiene numerosos enemigos naturales principalmente unas pequeñas avispidas que depositan sus huevos en el interior de la cochinilla alimentándose del cuerpo y de los huevos. Juegan un papel crucial en el control natural por lo que resulta muy importante protegerlos y favorecer su acción, procurando utilizar productos selectivos.

La cochinilla es muy sensible al calor y al viento seco, su mortalidad es muy grande en veranos cálidos y secos. Una poda que facilite la aireación disminuye el riesgo de alcanzar altas poblaciones, contribuyendo a su control y no favorece el desarrollo de la negrilla. Si es necesario el control químico, se puede optar por productos reguladores del desarrollo (antes de la floración) o productos tradicionales (en verano cuando hayan eclosionado los huevos). Si la población es baja y no hay riesgo de negrilla se puede aplazar la decisión hasta el final del verano y esperar que el calor haga su efecto para ahorrar algún tratamiento. Hay diversos productos de alta eficiencia, pero lo más importante es que el árbol quede bien mojado por el producto (las condiciones de aplicación tienen que ser las correctas). Al hacer una nueva plantación hay que revisar que las nuevas plantas no tengan cochinillas.

5.2. Enfermedades.

El olivar en España se encuentra en un sutil equilibrio con sus patógenos que sólo se rompe cuando da lugar a grandes ataques y pérdidas de consideración. La alta variabilidad del clima mediterránea contribuye también a romper este equilibrio que también se altera con la actividad humana. La uniformidad varietal de la actual olivicultura intensiva implica un sistema más forzado de cultivo y contribuye también a la alteración del equilibrio. Es importante considerar que las enfermedades del olivo, así como sus métodos de control deben considerarse en conjunto con vistas a lograr una producción elevada y de calidad, con el

mínimo impacto ambiental. A continuación, se describen las principales enfermedades que afectan al olivar en la zona de estudio:

- Repilo.
- Verticilosis.
- Tuberculosis.
- Negrilla.

5.2.1. Repilo.

Es la enfermedad más importante del olivar español por su extensión y perjuicios en condiciones favorables (años lluviosos, plantaciones densas y mal aireadas y olivares próximos a zonas húmedas). La consecuencia más importante es la defoliación del árbol con su consecuente debilitamiento y disminución de la productividad. También se observan infecciones del pedúnculo del fruto, originando su caída o un efecto negativo sobre la calidad del aceite de oliva y rendimiento grado.

El agente causal de esta enfermedad es un hongo. Se desarrolla en la cutícula de los tejidos infectados y forma un entramado de ninfas. Se reproduce mediante esporas asexuales. En los tejidos muertos el crecimiento micelial es más extenso, formando densas masas estomáticas. Sólo es patógeno en olivo.

Respecto a su ciclo evolutivo, el patógeno sobrevive en los períodos desfavorables en las hojas caídas y afectadas que permanecen en el árbol. La germinación necesita un grado de humedad superior al 98% y temperaturas de 0 a 27°C. Las primeras infecciones aparecen al final del verano con las últimas lluvias o al principio del otoño. La incubación se produce durante 2-30 semanas desde la infección hasta la aparición de los síntomas externos. Depende de la temperatura, la humedad relativa, la variedad de olivo y la edad de la hoja. Respecto a la diseminación, cabe destacar que los conidios se dispersan exclusivamente por el agua de lluvia, las sucesivas infecciones tienen lugar a corta distancia y en sentido descendente del árbol. El final de la primavera es un momento muy crítico para la infección. Si este período es fresco y lluvioso, la abundancia de inóculo y la existencia de hojas nuevas susceptibles que no están protegidas por fungicidas se producen infecciones severas que permanecen latentes durante el verano, sin producir caída de hoja y es la fuente de inóculo principal para las infecciones de otoño-invierno. Arbequina y Arbosana son susceptibles a repilo.

5.2.1.1. Sintomatología.

El síntoma más característico son unas manchas circulares presentes en el haz de la hoja de color marrón oscuro-negro, a veces rodeadas por un halo amarillento durante la primavera. En el envés también aparecen zonas ennegrecidas

discontinuas a lo largo del nervio central, pero son menos aparentes. Otras veces la lesión puede afectar al pedúnculo del fruto, originando un arrugamiento de la aceituna y una caída prematura. Raramente se observan lesiones en el fruto que consisten en la deformación de la aceituna si no está desarrollado o unas manchas de tonalidad marrón debido a las esporas del hongo. Como consecuencia de las lesiones foliares, se produce una caída importante de hojas sobretodo en las ramas bajas que pueden quedar totalmente defoliadas. Esta enfermedad es la principal causa de la defoliación del olivar.



Gráfica 28. Hojas atacadas por reptilo. Fuente: Junta de Andalucía.



Gráfica 29. Diferentes síntomas de reptilo en hojas. Fuente: Junta de Andalucía.



Gráfica 30. Frutos atacados por reptilo. Fuente: Junta de Andalucía.

5.2.1.2. Control.

Se recomienda vigilar la ventilación de los árboles, evitando copas muy densas mediante podas. La severidad de la infección también está influida por el estado nutritivo del árbol. El exceso de nitrógeno o deficiencia de potasio favorecen la infección. Es importante no abusar de los abonados nitrogenados y vigilar la fertilización potásica. El tratamiento consiste en aplicaciones foliares con fungicidas. La frecuencia y momento de aplicación depende de la persistencia del fungicida, el ambiente y la susceptibilidad del cultivar. Se recomienda realizar los tratamientos al principio del otoño y al final del invierno, coincidiendo con el comienzo de los principales períodos de infección. En olivares afectados, el tratamiento en primavera es crítico para la infección. La necesidad de tratamiento viene también determinada por el nivel de infección, si las hojas infectadas a principios de otoño y finales de invierno están por debajo del 1%, el tratamiento puede eliminarse o esperar hasta la aparición de las primeras manchas esporuladas.

Los fungicidas más destacados por su eficacia y persistencia para el tratamiento son los productos cúpricos y las mezclas de cobre con fungicidas orgánicos. Los tratamientos son preventivos, por lo tanto, es fundamental moja muy bien con el caldo la copa del árbol y preferiblemente las ramas bajas e interiores. Es clave la persistencia o resistencia a lavado de los fungicidas porque la infección puede ser larga.

5.2.2. Verticilosis.

La verticilosis es la enfermedad que más preocupa a los agricultores en la actualidad debido a su difusión en los últimos años y su dificultad para controlarla. Su difusión está asociada al establecimiento de nuevas plantaciones intensivas y a la utilización de suelos infestados por el patógeno.

El agente causal es un hongo de reproducción asexual adaptado a condiciones adversas. Puede persistir en el suelo durante años en condiciones de no cultivo. Es patógeno de diversas plantas: algodón, cártamo, girasol, remolacha, berenjena, patata, pimiento y tomate. Hay que revisar si en los campos próximos al olivar presenta alguno de estos cultivos susceptibles. Existen patotipos más virulentos que pueden causar la defoliación del olivo y que actualmente están desplazando a los no defoliantes. Se diagnostica se realiza mediante PCR.

Respecto a su ciclo evolutivo, durante la germinación de producen hifas en el suelo que penetran en las raíces de la planta para alcanzar su sistema vascular. También puede aprovechar cualquier herida. El laboreo facilita la distribución del patógeno y causa heridas radicales que pueden favorecer su penetración. Una vez en el xilema, los conidios colonizan la planta. La penetración en las raíces tiene lugar 48 horas después de la inoculación. El nivel de colonización está

determinado por la virulencia y la resistencia de la variedad en su sistema radical que determina la severidad de los síntomas que se producen en la parte aérea. Una vez los restos materiales se descomponen, el patógeno está dispuesto a iniciar nuevas infecciones.

El patógeno se distribuye en diversas formas: movimiento de suelos infestados, aperos, agua de riego y material vegetal infectado, especialmente hojas y flores. La cantidad de enfermedad está determinada por la densidad de inóculo en el suelo (cantidad de patógeno por unidad de suelo) y la tasa de infección (eficacia del inóculo) que está determinada por factores dependientes del huésped (resistencia varietal, nivel de nutrición, riego, edad), del patógeno (virulencia) y del ambiente (temperatura, humedad, tipo de suelo). Los riegos diarios favorecen las infecciones y el desarrollo de la enfermedad, particularmente cuando las dosis de riego son elevadas y se aplican con dosis elevadas de abonos nitrogenados.

La enfermedad suele aparecer a partir de los dos años de plantación. En olivo ocurre con frecuencia que las plantas enfermas de un año se recuperan en los años siguientes. La frecuencia de recuperación está relacionada con la resistencia varietal e inversamente con la virulencia del hongo.

5.2.2.1. Sintomatología.

No se manifiesta siempre con los mismos síntomas, sin embargo, destacan dos: la apoplejía y el decaimiento lento. La primera consiste en una muerte rápida de ramas o del árbol completo. Suele producirse durante el otoño o el invierno. Las hojas quedan adheridas. Se manifiesta inicialmente por la pérdida de color verde intenso de las hojas que comienza en los extremos de las ramas. Su severidad está asociada a intensas lluvias en otoño y temperaturas moderadas. El decaimiento lento aparece en primavera. Su síntoma más característico es la desecación y momificado de las inflorescencias. Las ramas adquieren un color morado peculiar. Las plantas jóvenes pueden morir a consecuencia de la infección y los adultos presentan ramas enfermas. La raíz solo muere ocasionalmente. Los síntomas son inespecíficos, por tanto, su diagnóstico necesita confirmarse mediante el aislamiento e identificación del patógeno. El aislamiento puede presentar dificultades en algunas épocas del año por su inactivación.



Gráfica 31. Olivo afectado por verticilosis. Fuente: Junta de Andalucía.



Gráfica 32. Síntomas de verticilosis en hojas de olivo. Fuente: Junta de Andalucía.

5.2.2.2. Control.

La dificultad de controlar la Vericilosis está causada principalmente por:

- Supervivencia prolongada del hongo del suelo.
- La inaccesibilidad por su ubicación en el xilema.
- Amplia gama de cultivos susceptibles.

La ausencia de métodos eficaces resalta la necesidad de integrar todas las medidas de lucha disponibles, aunque individualmente sean de eficacia limitada. Las medidas preventivas son las más eficaces. Las más importantes son plantar en suelos no infestados (es un riesgo para el futuro del olivar) y utilizar material libre de patógeno (certificación del material vegetal). La presencia de malas hierbas en el campo también permite mantener o incrementar el inóculo.

Algunos métodos erradicativos eficaces son: abonando en verde de gramíneas y crucíferas, aplicación de materia orgánica, desinfección del suelo mediante tratamientos químicos o físicos (solarización del suelo en árboles individuales). Los tratamientos químicos, aunque eficaces, presentan limitaciones por su coste,

dificultad de aplicación, toxicidad y perjuicio medioambiental. Sin embargo, la infección no se elimina completamente. Es recomendable utilizar variedades lo menos susceptibles posible. Arbequina presenta una moderada resistencia en campos con un bajo nivel de inóculo.

Las plantaciones deben situarse alejadas de zona de influencia de cultivos huéspedes del patógeno. Además, los huertos dentro o en las proximidades de la plantación deben ser eliminados porque constituyen un foco importante de infección.

Si la infección se produce, el objetivo es reducir la densidad de inóculo existente y limitar su crecimiento mediante el control de malas hierbas, destrucción de restos infectados, solarización o control químico. Es fundamental retirar las hojas caídas de árboles enfermos. También realizar enterrado en verde de ciertos cultivos o aplicar material orgánico.

5.2.3. Tuberculosis.

Es una enfermedad distribuida en toda el área de cultivo del olivo. Su nombre hace referencia al síntoma más característico de la enfermedad: verrugas, tumores o agallas del olivo. Su causa es una bacteria patógena. Incidencias medias de 0,1 a 0,5 tumores por 30 cm de tallos se corresponden con infecciones y pérdidas de cosecha ligeras a medias. De 0,5 a 1 tumores, con pérdidas moderadas. Los árboles afectados muestran menor vigor, reducción del crecimiento y fruto con sabor amargo, rancio o salado que disminuye la calidad del aceite. Es una enfermedad reemergente debido al incremento de heridas en las ramas debido al uso de cosechadoras integrales en plantaciones en seto.

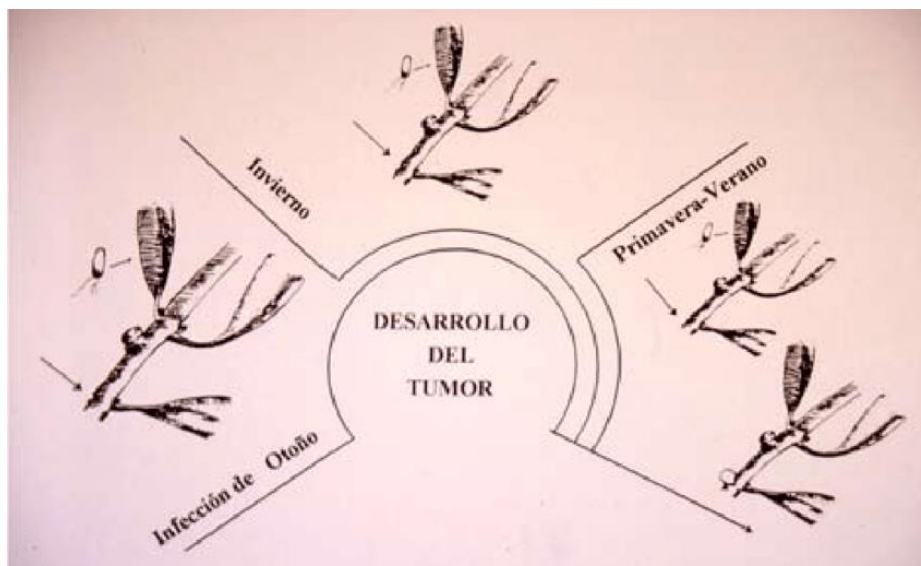


Gráfica 33. Olivo con tuberculosis. Fuente: Junta de Andalucía.

La bacteria causante es una pseudomona que forma pequeñas cavidades a partir de las cuales comienza a desarrollarse el tumor (asociado a la producción de ácido indolacético y citoquininas).

Respecto a su ciclo patogénico, la bacteria sobrevive de una estación a otra en los tumores. Presenta una fase epifita en la que puede vivir y multiplicarse sin causar infección durante los meses de abril y noviembre cuando es muy probable que se produzcan heridas por la caída de la hoja y el riesgo de heladas. Las heridas son el principal foco de infección. La susceptibilidad de las heridas a la penetración disminuye con el tiempo y al reducirse la humedad. El rango de temperaturas para la infección es de 4 a 38°C, la bacteria puede infectar en invierno, pero el óptimo se produce en otoño y primavera. El período de incubación depende del momento de infección. En las infecciones de otoño-invierno, el tumor no se reproduce hasta primavera. En las de primavera y verano, se reproduce a los 14 días, por ello, son especialmente peligrosas si coinciden con temperaturas elevadas y lluvia en presencia de heridas. La bacteria se dispersa a corta distancia por aerosoles y herramientas de poda, a larga distancia por el traslado de material vegetal. También puede contribuir a su dispersión los pájaros y la mosca del olivo.

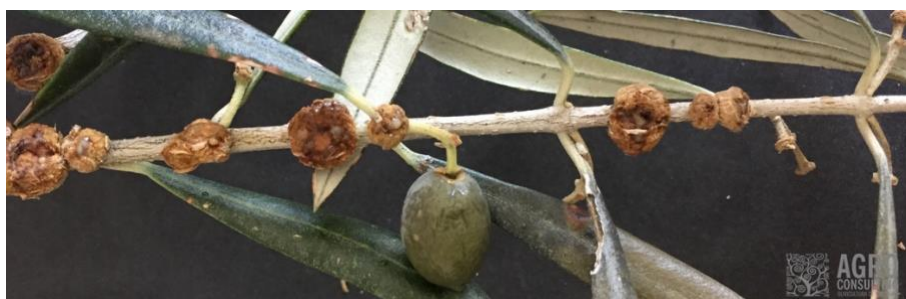
Las condiciones climáticas tienen un simbólico efecto sobre la incidencia y severidad de la enfermedad. Las zonas más afectadas son zonas de abundantes lluvias y con riesgo de heladas tardías o granizos.



Gráfica 34. Ciclo patogénico de tuberculosis. Fuente: Junta de Andalucía.

5.2.3.1. Sintomatología.

Los síntomas son muy claros y conocidos. El más característico es el tumor o agalla redondeada que llega a alcanzar varios centímetros. Se forman en troncos, ramas, tallos y brotes. La infección en fruto es muy infrecuente. Suele producirse en verano con lluvias abundantes. Los tumores jóvenes son verdosos o marrón claro y aspecto liso. Los tumores viejos son más oscuros, la cubierta es rugosa y con grietas. Frecuentemente es utilizada como morada para los insectos. Los tallos muy afectados se defolian y pueden llegar a morir.



Gráfica 35. Agallas en ramo de olivo. Fuente: Junta de Andalucía.

5.2.3.2. Control.

Hay una ausencia de métodos eficaces de control, por ello, es necesario establecer una estrategia de lucha integrada. Las medidas más importantes son: reducir la principal fuente de inóculo, eliminar tejidos con tumores, y evitar las heridas. La recolección y poda deben de hacerse en tiempo seco para evitar infecciones, desinfectando las herramientas después de podar los árboles afectados. La infección se reduce con una nutrición equilibrada y riego de apoyo. En este sentido, es importante controlar las plagas o enfermedades que produzcan caída de hojas. Respecto a los tratamientos químicos, los fungicidas derivados del cobre tienen también acción bactericida. Su efecto protector es temporal y necesita aplicaciones repetidas. Los fungicidas cúpricos utilizados para el Reptilo tienen

un efecto beneficioso indirecto. En zonas de heladas frecuentes, deben realizarse aplicaciones en otoño y primavera.

5.2.4. Negrilla.

Es una enfermedad muy conocida y difundida. Se caracteriza por la formación de una capa negra superficial sobre las hojas, ramas, troncos y frutos. La capa negra está constituida por el micelio y esporas de los hongos patógenos que viven de forma saprofítica, utilizando la melaza producida generalmente por la cochinilla de la tizne. Forma una pantalla que dificulta diversas funciones fisiológicas de los tejidos afectados como la fotosíntesis o la respiración. Si el ataque es intenso, el vigor del olivo disminuye. Los agentes causantes son varios hongos cuyos ataques están determinados por una elevada humedad relativa y temperaturas suaves. Los ataques más graves se producen en otoño y primavera en zonas bajas y húmedas, olivares densos y mal ventilados.

Las medidas de control se centran en la lucha contra la cochinilla, o en evitar el factor causante de la exudación del árbol. Se recomiendan podas de aclareo que favorezcan la ventilación. Si el ataque es muy severo, debe aplicarse algún fungicida para ayudar a la eliminación del patógeno.



Gráfica 36. Negrilla del olivo. Fuente: Junta de Andalucía.

5.2.5. Otras enfermedades.

5.2.5.1. Xylella fastidiosa.

Es una enfermedad fastidiosa del sistema vascular producida por una bacteria no presente en España pero que hay que mencionar por su importancia potencial. Esta bacteria del xilema, transmitida mediante insectos vectores, es responsable de epidemias muy graves en América, afectando a cultivos leñosos. La identificación de un grave síndrome de decaimiento rápido del olivo asociado con esta bacteria en la península del Salento del sureste de Italia ha generado una gran preocupación para el olivar en la cuenca mediterránea. El protocolo establecido para evitar su expansión es la erradicación de los focos detectados.

Es una grave amenaza para el olivar mediterráneo. Los síntomas son muy variables, pero el más característico es la quema de hojas o brotes. Esta situación se extiende con rapidez hasta llegar a secar totalmente al olivo. En la actualidad, no existe ningún medio de lucha para su control. Es fundamental evitar su propagación.



Gráfica 37. Olivo afectado por *Xylella fastidiosa*. Fuente: Junta de Andalucía.



Gráfica 38. Síntomas en hoja de *Xylella fastidiosa*. Fuente: Junta de Andalucía.

5.2.5.2. Daños causados por agentes abióticos.

Los daños causados por agentes abióticos pueden causar pérdidas considerables y se deben a:

- Anomalías de la nutrición.
- Exceso de humedad en el suelo: puede producirse asfixia radical y muerte del árbol. Los árboles jóvenes son más susceptibles al encharcamiento. Sus síntomas son detención del crecimiento, clorosis y amarilleces foliares generalizadas.
- Escasez de agua: las pérdidas medias ocasionadas por la sequía son superiores a cualquiera de las causadas por otros daños, plagas o enfermedades.

- Heladas o frío: la resistencia al frío es un factor varietal. Puede causar la muerte de brotes y ramas. El olivo en reposo invernal lo tolera bien. Las plantas jóvenes son más sensibles.
- Otros daños: daños de sol, granizo, etc.

6. RECOLECCIÓN.

La recolección influye notablemente en las características del aceite. Hay dos factores que son clave respecto a la cosecha: la época en que debe realizarse y el sistema a emplear.

Respecto a la época, la aceituna debe ser recogida en el momento de madurez óptima, considerando como tal el estado en que el fruto tenga la máxima cantidad de aceite y de mejores características. Se deben realizar controles periódicos de análisis de aceitunas.

En cuanto al sistema de recolección, deben utilizarse sistemas que no deterioran las aceitunas, produciéndolas heridas, magullamientos, roturas de ramas o de brotes tiernos. El ideal es realizar la extracción de aceite al mismo tiempo que se efectúa la recolección del fruto. El rápido transporte desde la plantación hasta la almazara es fundamental para la calidad del aceite de oliva.

6.1. Índice de madurez.

La aceituna debe ser recogida cuando alcance la madurez total y antes de caerse del olivo. El estado de madurez de la aceituna se reconoce por el cambio de coloración de verde a negro.

Antes del inicio de la recolección, es conveniente realizar análisis periódicos sobre estado de la aceituna, medir el grado de acidez, la grasa húmeda y el rendimiento (cantidad de aceite que tiene la aceituna). De esta manera, se asegura el conocimiento sobre el estado de madurez del fruto sin depender de su aspecto o coloración.

6.2. Mecanización de la recolección.

Uno de los objetivos de la plantación en seto es mecanizar la recolección para disminuir así los costes de mano de obra. La recolección se realiza con una cosechadora de aceitunas que pasa sobre las filas de la planta. El objetivo es realizar una cosecha de bajo coste y rápida. En primer lugar, se recolectan los bloques de Arbequina y aproximadamente tres semanas después se sigue con los bloques de Arbosana. El tiempo de empleo de las vendimiadoras aumenta un

25% con esta variedad. Aproximadamente se cosecha una hectárea de Arbequina en unas 3 horas. Se necesitan 33 horas para Arbequina y 42 horas para Arbosana. La cosechadora descarga en uno o dos remolques paralelos que transporten la aceituna hasta la almazara. En total, se necesita un conductor de la cosechadora y uno o dos tractoristas con el remolque. El seto debe presentar el menor número de obstáculos posibles para el paso de máquina de recolección, para ello, es fundamental realizar una buena poda.

El sector de maquinaria satisface las necesidades del olivar en seto mediante las cosechadoras de aceitunas que pasan sobre las filas de plantas. Después de los inicios en los que se utilizaban las vendimiadoras autopropulsadas, los tres grandes fabricantes de vendimiadoras (Gregoire, New Holland y Pellenc) han desarrollado nuevos modelos que anuncian como aptos para viñedo y olivar, y otros exclusivos para olivar.

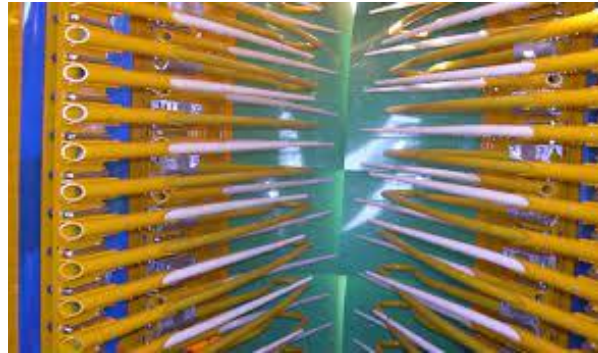


Gráfica 39. Cosechadora de olivar en seto Pellenc. Fuente: Innovagri.

Las máquinas para el olivar deben tener una altura más elevada y un túnel de recolección más ancho que las vendimiadoras para que puedan trabajar en setos cuyo porte sea mayor que el de las viñas en espaldera. Como las ramas más altas son flexibles, aunque tengan más altura que el extremo superior del túnel de recolección, se pueden arquear y entrar en él. Incluso se instalan cabezales de recolección con una zona sin cerrar por arriba, de modo que las ramas más altas que la máquina ha forzado a torcerse al empezar a pasar sobre ellas pueden enderezarse mientras están siendo sacudidas. En este caso, si se mantiene la altura de 2,5 m mediante las podas, la máquina pasa sin presentar problemas.

Estas máquinas procedentes del sector de la viticultura tienen las típicas varillas sacudidoras arqueadas de las vendimiadoras, aunque su número es mucho mayor en las cosechadoras de aceitunas (de 21 a 26 pares según modelos) para sacudir la copa de los olivos en toda su altura. El mayor número de varillas ha permitido que se pueda variar la amplitud del movimiento de cada una, de modo que las varillas de la parte alta tengan mayor amplitud que las de la parte baja

para que la parte superior de los árboles, que es más elástica, sufra una sacudida mayor que optimice el derribo de aceitunas. Ha habido algunas innovaciones en el tipo de varilla respecto a las que instalan las vendimiadoras como es superponer varillas arqueadas y rectilíneas en el mismo túnel de recolección.



Gráfica 40. Varillas de la cosechadora. Fuente: Innovagri.

La arquitectura de las cosechadoras de aceitunas es semejante a la de las vendimiadoras de las mismas marcas. La visión de la entrada y el interior del túnel de recolección ya sea de forma directa o mediante cámaras de video, es importante para que el conductor accione los mandos que ajustan la separación entre las varillas sacudidoras del lado derecho y las del lado izquierdo en función del espesor de la vegetación. También incorporan tecnologías desarrolladas en cosechadoras de otros productos, como son las palancas multifunción y las pantallas táctiles que permiten acceder a todas las funciones importantes de la cosechadora.

La transmisión hidrostática a las ruedas motrices proporciona prestaciones equivalentes o superiores a algunas que tienen los tractores. En algunos modelos se puede fijar la velocidad de trabajo y una simple pulsación en el mando de avance hace que la máquina recupere esa misma velocidad tras cada maniobra en la que hubiera habido que modificarla.



Gráfica 41. Cosechadora de olivar en seto New Holland. Fuente: Innovagri.

El túnel de recolección tiene dispositivos de centrado y en la parte inferior de la entrada del túnel de recolección, pequeñas varillas inclinadas que desvían hacia

arriba las ramas muy bajas de los olivos; esas ramas quedan a mayor altura que el dispositivo de recepción para que las aceitunas derribadas puedan ser interceptadas y no se pierdan en el suelo. La recepción de las aceitunas derribadas es en noria de cestillas flexibles (New Holland) o escamas imbricadas (las restantes marcas).



Gráfica 42. Cosechadora de olivar en seto Gregoire. Fuente: Innovagri.

La capacidad de las tolvas varía entre 3.000 litros la Pellenc arrastrada y los 3.600 hasta 5.000 litros (según modelos) en las autopropulsadas, la cual se reduce a la mitad si solo tienen una tolva en un lado y un brazo de descarga en el otro. Las tolvas ofrecidas de serie son de un acero más barato que el inoxidable, las aceitunas no se rompen al cosecharlas y no hay riesgo de que suelten aceite dentro de las tolvas.



Gráfica 43. Cosechadora con brazo de descarga a remolque. Fuente: Innovagri.

La máquina debe presentar brazo de descarga a remolque mientras cosecha. El principal riesgo de daños a los árboles está en los primeros de cada fila, donde puede provocar rotura de ramas de cierto grosor e incluso arranque de árboles si la máquina no se alinea bien al empezar a cabalgar sobre la fila.

7. EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PROYECTO.

De acuerdo con todos los anejos descritos anteriormente, se ejecuta y se pone en marcha el proyecto. Para ello, en primer lugar, se solicitan los permisos necesarios y se seleccionan los contratistas para realizar las obras de ejecución. El calendario de actividades programadas para la ejecución del proyecto se recoge en la tabla 5.

ACTIVIDAD	A	S	O	N	D	E	F	M	A
Solicitar permisos ¹									
Subsolado									
Compra de la planta certificada									
Visita a vivero ²									
Enmienda orgánica									
Pase de cultivador									
Nivelado									
Instalación del riego ³									
Señalización de las líneas									
Recogida plantones de vivero									
Plantación ⁴									
Unión tutor-árbol + Protección									
Pozas + Primer riego									
Reposición de marras									
Revisión									

Tabla 10. Calendario de actividades. Fuente: elaboración propia.

¹ Solicitud de permisos para la ejecución del proyecto.

² Las visitas a vivero se realizan periódicamente para comprobar el estado de los plantones.

³ Incluye excavación para la red de distribución de las tuberías enterradas, colocación red de riego, instalación B.T., instalación del cabezal de riego y equipo de bombeo y filtración.

⁴ La plantación incluye colocar la planta, compactar el suelo alrededor del cepellón, colocación del tutor y extender los ramales de riego.

8. CALENDARIO DE LABORES.

El calendario de labores necesarias durante la vida del proyecto se recoge en la tabla 11.

ACTIVIDAD	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Riego												
Aplicación de herbicida												
Siega mecánica con desbrozadora												
Abono												
Poda												
Tratamientos ⁵												
Análisis foliar												
Recolección												

Tabla 11. Calendario de labores. Fuente: elaboración propia.

⁵ Se realiza exclusivamente ante la aparición de síntomas y la aplicación depende del tratamiento.

9. BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS

BARRANCO et al. *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa (2017).

GARCÍA ZAMORANO et al. *Suelo, Riego, Nutrición y Medio Ambiente del Olivar*. Ed. Junta de Andalucía. (2010).

GÓMEZ DEL CAMPO, María. *OLIVICULTURA*. Madrid: Publicaciones de la E.U.I.T Agrícola, U.P.M. (2004).

IBAR ALBIÑANA, Leandro. *Guía completa del olivo*. USA: Ed. de vecchi (2018).

PASTOR, M. *La Poda del Olivo*. Ed S.A. Agrícola Española. (2016).

ANEJO VII. MAQUINARIA.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	- 3 -
2.	MAQUINARIA.....	- 3 -
2.1.	TRACTOR.....	- 3 -
2.1.1.	El atomizador.....	- 4 -
2.1.2.	La barra.....	- 5 -
2.1.3.	La trituradora.....	- 5 -
2.1.4.	La desbrozadora.....	- 6 -
2.1.5.	Los discos de corte.....	- 7 -
2.1.6.	La podadora de bajos.....	- 7 -
2.1.7.	La hileradora.....	- 8 -
2.1.8.	El cultivador.....	- 8 -
2.1.9.	El subsolador.....	- 9 -
2.2.	COSECHADORA.....	- 9 -
2.3.	SIERRA MECÁNICA.....	- 11 -
3.	BIBLIOGRAFÍA.....	- 12 -

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	John Deere 5125 R.....	- 4 -
Ilustración 2.	Atomizador.....	- 4 -
Ilustración 3.	Barra de tratamientos.....	- 5 -
Ilustración 4.	Trituradora.....	- 6 -
Ilustración 5.	Desbrozadora.....	- 6 -
Ilustración 6.	Discos de corte.....	- 7 -
Ilustración 7.	Podadora de bajos.....	- 7 -
Ilustración 8.	Hileradora.....	- 8 -
Ilustración 9.	Cultivador.....	- 9 -
Ilustración 10.	Subsolador.....	- 9 -
Ilustración 11.	Cosechadora.....	- 10 -
Ilustración 12.	Remolque paralelo a la cosechadora.....	- 11 -
Ilustración 13.	Sierra mecánica.....	- 11 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tareas mecanizadas del olivar en seto.....	- 3 -
----------	--	-------

1. INTRODUCCIÓN.

La mecanización de la plantación en seto es fundamental para alcanzar los valores de rentabilidad deseados en la plantación. Con la mecanización, en este caso, también se consigue una mejora en la calidad del producto final: el aceite de oliva. Este tipo de plantación es casi 100% mecanizable, una vez pasada la poda de formación, prácticamente el mantenimiento general puede hacerse por medios mecánicos.

En la tabla 1 se recogen el listado de tareas mecanizadas en el olivar en seto y la máquina necesaria correspondiente para su mecanización.

TAREA	MAQUINARIA
Tratamiento foliar	Atomizador
Tratamiento herbicida	Cuba + barra
Poda	Motosierra + Discos de corte + Podadora de bajos
Hilarar ramón	Hileradora
Triturar ramón	Trituradora
Manejo cubierta vegetal	Desbrozadora
Recolección	Cosechadora
Preparación del terreno	Cultivador y subsolador

Tabla 1. Tareas mecanizadas del olivar en seto. Fuente: elaboración propia.

La máquina de plantación y tutorado, así como la retroexcavadora para la canalización de la red de tuberías se alquilan en el momento necesario.

2. MAQUINARIA.

2.1. Tractor.

El tractor es el vehículo agrícola más importante para las plantaciones mecanizadas, realiza diversas tareas a partir de los diferentes aperos que se enganchan a él. El promotor dispone es un tractor estrecho John Deere 5125 R con 135 CV. El radio de giro es 5 m.



Ilustración 1. John Deere 5125 R. Fuente: John Deere.

El tractor se engancha a:

2.1.1. El atomizador.

Un atomizador es un pulverizador hidráulico para realizar los tratamientos fitosanitarios. Combina el transporte del líquido a presión hacia las boquillas con el transporte de las gotas por la acción de una potente corriente de aire generada por un ventilador. En el olivar está muy indicado para tratamientos en los que es muy importante el recubrimiento foliar y el mojado de las partes internas de los árboles. Estos equipos mejoran el alcance y disposición de las gotas porque aportan energía cinética a las gotas formadas, crean cortinas de aire evitando la deriva y agitan la masa vegetal mejorando la penetración y reparto del líquido. Las barras portaboquillas son tuberías independientes en forma de arco alimentadas desde el distribuidor y las boquillas son de turbulencia (la trayectoria giratoria de las gotas favorece que el producto se introduzca en el interior de la vegetación).



Ilustración 2. Atomizador. Fuente: John Deere.

2.1.2. La barra.

El control de malas hierbas se hace con pulverizadores hidráulicos de chorro proyectado, también conocidos como barras de tratamientos. Está formado el depósito de caldo, bomba, manómetro, reguladores de presión y caudal, distribuidores, filtros y barra de aplicación. En olivar se utilizan boquillas de hendidura o de chorro plano de 110º, colocando simétricas en el centro y asimétricas en los extremos. Debe tener una altura de 50 cm sobre el suelo y mantenerse paralelo al mismo. La pulverización se centra en la línea de los árboles. El tipo de boquilla utilizada es la de hendidura de 110º con espaciamiento 0,33-0,5 m. La cobertura del herbicida debe ser entre 20 y 40 gotas por cm². Por lo tanto, el tamaño de las gotas debe situarse entre 200 y 600 µm.

Los fabricantes dan directamente en tablas la boquilla a elegir y la presión de trabajo en función de la dosis a aplicar y la velocidad de desplazamiento para una separación estándar de las boquillas de 0,5 m. Antes de realizar cualquier tratamiento, es necesario efectuar pruebas con agua para definir las variables da tener en cuenta según las características del producto a aplicar. Se realiza un recorrido de 100 m cronometrando el tiempo invertido y midiendo la cantidad de agua gastada. De esta manera se deduce la velocidad de avance y la dosis de caldo por unidad de superficie requerida. El promotor dispone de una barra herbicida delantera doble de la marca Vimar.



Ilustración 3. Barra de tratamientos. Fuente: Vimar.

2.1.3. La trituradora.

Los restos de poda se trituran para incorporarlos al suelo en forma de materia orgánica. Las trituradoras realizan un picado basto dejando sobre el suelo una cubierta de restos triturados. Funcionan golpeando las ramas y reducen el

tamaño mediante rotura por impacto. Disponen de un rotor horizontal o vertical, al que se unen unas cuchillas, que gira a gran velocidad dentro de una carcasa. El diámetro máximo del material inicial debe de ser 8 cm, por lo que la leña gruesa deber ser previamente retirada. En este caso, entre los restos de la poda, no hay ramas tan gruesas. El promotor dispone de una trituradora de martillos de brazo variable de 1,80 metros de mano.

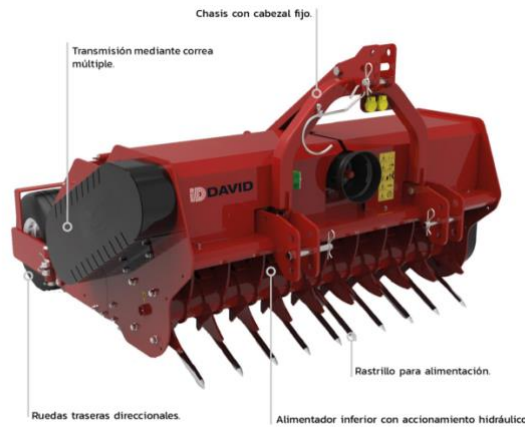


Ilustración 4. Trituradora. Fuente: Industrias David.

2.1.4. La desbrozadora.

La siega mecánica de las cubiertas vegetales presentes en las calles de la plantación se realiza con desbrozadora. Se trata de un apero accionado por la toma de fuerza que se clasifica según los elementos que se utilicen para desbrozar: cadenas, cuchillas, martillo y por la disposición del eje: horizontal o vertical. En este caso, se usa una desbrozadora de cadenas de eje vertical. Su anchura de trabajo deber ser tal que permita reducir al mínimo los pases entre calles, aproximadamente 3 m. El promotor dispone de una desbrozadora GeoTech.



Ilustración 5. Desbrozadora. Fuente: GeoTech.

2.1.5. Los discos de corte.

La poda mecánica consiste en realizar cortes de rebaje o laterales, utilizando una máquina podadora de discos giratorios. La máquina trabaja desplazándose por el centro de las calles y realizando cortes indiscriminados de la copa del árbol, ya sea paralelo, perpendicular o con cierta inclinación (recomendación) respecto a la superficie del suelo. El sistema de corte está constituido por uno o varios brazos rígidos articulados en los que está colocado los discos. La máquina dispone de un sistema hidráulico para regular la posición de corte. Una bomba accionada por la toma de fuerza hace girar, por motores hidráulicos, a varios discos dentados de acero que se encargan de efectuar el corte de las ramas que se encuentran a su paso.



Ilustración 6. Discos de corte. Fuente: Industrias David.

2.1.6. La podadora de bajos.

Es una máquina que realiza cortes en las ramas bajas. Es una podadora de barra de corte con movimiento alternativo. El sistema de corte está constituido por uno o varios brazos rígidos en los que están colocados las barras de corte. En este caso, se genera un movimiento alternativo que corta ramas de menor diámetro.



Ilustración 7. Podadora de bajos. Fuente: Industrias David.

2.1.7. La hileradora.

El aprovechamiento del ramón requiere una operación previa que es el hilerado. Consiste en colocar las ramas en el centro de la calle para su posterior triturado. Esta máquina va acoplada al tractor en su parte delantera y mediante unos rastrillos acoplados a un brazo extensible arrastra los restos de poda a mitad de la calle. No debe superar una anchura de 1,5 m (anchura de trabajo de la trituradora) y 1 m de altura para el paso del tractor por encima. La disposición de los restos debe ser continua, sin espacios, para mantener la alimentación constante.

En la parte trasera del tractor se engancha la trituradora que desmenuza los restos de poda. Un solo tractor y con dos máquinas (una delantera y otra trasera) hace el acordonado de los restos de poda y tritura con una trituradora detrás. De tal forma que una sola persona con un solo tractor puede hacer los dos trabajos simultáneamente.



Ilustración 8. Hileradora. Fuente: Agriexpo.

2.1.8. El cultivador.

Son máquinas que disponen de un bastidor formado por barras longitudinales soldadas a otras transversales que portan sus brazos. Su objetivo es penetrar en el suelo y romperlo, proyectando lateralmente los terrones formados dejando la tierra fina depositada en la parte inferior de la zona trabajada. Se usa para el desmenuzamiento de terrones, mullido de la capa superficial, extirpación de malas hierbas e incorporación de las enmiendas. El promotor dispone de un

cultivador marca Granada de 5 metros que se emplea para el enterrado de la enmienda orgánica.



Ilustración 9. Cultivador. Fuente: Agromáquina.

2.1.9. El subsolador.

Se trata de un arado de subsuelo para trabajar suelo más profundos con el objetivo de romper las capas endurecidas y aumentar la humedad y fertilidad del mismo. Se usa exclusivamente para el establecimiento de la plantación.



Ilustración 10. Subsolador. Fuente: Quimel.

2.2. Cosechadora.

La cosechadora es un sacudidor de copa. Es una maquina autopropulsada (transmisión hidrostática con bomba de caudal variable y motores hidráulicos en

las cuatro ruedas) que aplica un vareo mecánico a la copa del árbol y permite la gestión del fruto derribado. Incorporan elementos de recepción, limpieza y transporte del fruto para su descarga en remolques. La cabina se sitúa en la parte superior. El sistema de vareo está formado por barras arqueadas o varillas que transmiten un movimiento alternativo de alta amplitud y baja frecuencia. Las varas de 1 metro de longitud penetran de forma parcial y perpendicular en la copa del olivo. Los cabezales, a ambos lados del bastidor, sacuden y presionan la zona exterior de las copas, se ajustan en función del ancho de la vegetación. Disponen de un sistema de elevación con cilindros hidráulicos sobre las ruedas que permiten a la máquina adaptar su altura a las copas y troncos de los árboles. El cabezal debe trabajar siempre paralelo al suelo. Son máquinas pesadas, de gran volumen y con altos requerimientos de potencia. Su velocidad de trabajo es de hasta 12 km/h. Trabaja en pendientes laterales de hasta un 30%.

Las aceitunas derribadas se reciben al fondo del túnel, sobre escamas retráctiles, que aseguran la estanqueidad con el tronco. De ahí son conducidas a las tolvas situadas en la parte superior de la máquina. Durante este recorrido se intercala un sistema de limpieza que permite el paso del fruto y expulsa las ramas hacia el exterior.

La cantidad de aceituna dejada en el olivo no es considerable, hay una buena limpieza del fruto recogido. Es fundamental limitar la altura y el ancho del árbol, así como limpiar las bajeras para el buen funcionamiento de la máquina.



Ilustración 11. Cosechadora. Fuente: Pellenc.

La cosechadora descarga las aceitunas en uno o dos remolques paralelos.



Ilustración 12. Remolque paralelo a la cosechadora. Fuente: Innovagri.

2.3. Sierra mecánica.

La sierra mecánica es necesaria para realizar la poda manual. Esta máquina exige cierta preparación por parte de los operarios que la utilizan. El promotor dispone de una motosierra STIL MS 193 CE Carving, de 1,8 CV y cilindrada de 30,1 cm³.



Ilustración 13. Sierra mecánica. Fuente: STIHL.

3. BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS

BARRANCO et al. *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa (2017).

WEB

Industrias David. Fabricantes de maquinaria agrícola.

<https://id-david.com/>

**ANEJO VIII. ESTUDIO
ECONÓMICO Y EVALUACIÓN
DE LA INVERISÓN**

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	- 4 -
1.1.	CRITERIOS BÁSICOS QUE DEFINEN LA INVERSIÓN.....	- 4 -
1.2.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE INVERSIONES.....	- 4 -
2.	EVALUACIÓN FINANCIERA.....	- 5 -
2.1.	INVERSIÓN O DESEMBOLSO INICIAL.....	- 5 -
2.2.	VIDA ÚTIL DEL PROYECTO.....	- 5 -
2.3.	FLUJOS DE CAJA.....	- 5 -
2.3.1.	Costes de producción.....	- 6 -
2.3.1.1.	Maquinaria.....	- 6 -
2.3.1.2.	Mano de obra.....	- 6 -
2.3.1.3.	Riego.....	- 6 -
2.3.1.4.	Manejo del suelo.....	- 7 -
2.3.1.5.	Tratamientos fitosanitarios.....	- 8 -
2.3.1.6.	Electricidad.....	- 8 -
2.3.1.7.	Fertirrigación.....	- 8 -
2.3.1.8.	Podas.....	- 9 -
2.3.1.9.	Recolección.....	- 10 -
2.3.1.10.	Varios.....	- 10 -
2.3.1.11.	Costes totales de producción (€).....	- 11 -
2.3.2.	Costes financieros.....	- 12 -
2.3.3.	Ingresos.....	- 12 -
2.3.4.	Flujos de caja.....	- 14 -
3.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN FINANCIERA.....	- 15 -
3.1.	VAN.....	- 15 -
3.2.	RELACIÓN BENEFICIO/INVERSIÓN.....	- 15 -
3.3.	TIR.....	- 16 -
3.4.	PAY-BACK (PLAZO DE RECUPERACIÓN).....	- 16 -
4.	RENTABILIDAD DEL PROYECTO SEGÚN EL PRECIO DE AOVE.....	- 15 -
5.	CONCLUSIÓN.....	- 16 -
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	- 17 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Inversión inicial.....	- 5 -
Tabla 2.	Costes mano de obra.....	- 6 -
Tabla 3.	Costes de riego.....	- 7 -
Tabla 4.	Costes de los herbicidas en línea de árboles.....	- 7 -
Tabla 5.	Costes de herbicidas.....	- 7 -
Tabla 6.	Costes de manejo del suelo.....	- 8 -
Tabla 7.	Costes tratamiento fitosanitario.....	- 8 -
Tabla 8.	Costes electricidad.....	- 8 -
Tabla 9.	Costes de fertilización.....	- 9 -
Tabla 10.	Costes de poda.....	- 9 -

Tabla 11. Costes mano de recolección.....	- 10 -
Tabla 12. Producción anual de aceitunas.	- 10 -
Tabla 13. Costes de transporte.	- 10 -
Tabla 14. Costes varios.	- 10 -
Tabla 15. Costes de producción.	- 11 -
Tabla 16. Ingresos por producción.	- 13 -
Tabla 17. Ingresos totales.	- 13 -
Tabla 18. Flujos de caja.	- 14 -
Tabla 19. VAN.	- 15 -
Tabla 20. Rentabilidad según el precio del aceite de oliva.	- 16 -

1. INTRODUCCIÓN.

El objetivo de este anejo es determinar la viabilidad económica del proyecto, es decir, su rentabilidad. Para ello, es necesario conocer la inversión inicial, los costes e ingresos anuales. El estudio financiero tiene en cuenta que:

- Los cobros y los pagos se producen al final de cada ejercicio.
- Los precios de las materias primas y la maquinaria no están sometido a inflación o deflación.
- Se evalúa la rentabilidad de la explotación utilizando una serie de indicadores económicos, calculados a partir de los flujos de caja (VAN, TIR, etc.).

1.1. Criterios básicos que definen la inversión.

La evaluación financiera se fundamenta en:

- Desembolso inicial (K): unidades monetarias que el inversor debe desembolsar para que el proyecto pueda ponerse en marcha.
- Vida útil del proyecto (n): número de años que la inversión produce rentas.
- Flujos de caja (R): diferencia entre los cobros y los pagos (ordinarios y extraordinarios) de cada año de proyecto.
- Tasa de actualización: tasa que determina el valor actual de la inversión o flujos de caja futuros.

1.2. Criterios de evaluación de inversiones.

La rentabilidad del proyecto se evalúa mediante los siguientes indicadores económicos:

- **Valor Actual Neto (VAN):** es el valor actual de la ganancia total o rentabilidad neta de la inversión. Se trata de un indicador que calcula el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros originados por una inversión.

$$VAN = -K + \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+r)^j}$$

- **Ratio Beneficio/Inversión (Q):** mide la ganancia neta generada por cada unidad monetaria invertida.

- **Tasa Interna de Rendimiento (TIR):** tasa de actualización en la que el VAN es cero. Es un índice de rentabilidad que tiene en consideración la reinversión de los flujos de caja anuales. Si la TIR es superior a un tipo de interés de capitalización establecido en el mercado, el proyecto es rentable.
- **Pay Back o plazo de recuperación:** período en el que se recupera el desembolso inicial, es decir, el tiempo tarda la inversión para que los pagos actualizados se igualen a los cobros actualizados.

2. EVALUACIÓN FINANCIERA.

2.1. Inversión o desembolso inicial.

La inversión inicial del proyecto está determinada por los costes de preparación del terreno, la instalación del equipo de riego y fertirrigación, la plantación y la maquinaria. La caseta de riego, la balsa, el terreno y cierta maquinaria están en propiedad.

RESUMEN DEL PRESUPUESTO	
CAPÍTULO 1. PREPARACIÓN TERRENO.	11.457,27
CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN RED DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN.	67.674,17
CAPÍTULO 3. PLANTACIÓN	58.557,95
CAPÍTULO 4. MAQUINARIA.	20.305,13
CAPÍTULO 5. SEGURIDAD Y SALUD.	146,00
TOTAL, EJECUCIÓN MATERIAL (€)	158.140,52
	21% IVA
	191.350,03

Tabla 1. Inversión inicial. Fuente: elaboración propia.

El presupuesto de ejecución del material se recoge en el *Documento IV Mediciones y Presupuesto* y es de 191.350,03 €.

2.2. Vida útil del proyecto.

La vida útil de un proyecto es el período de tiempo que transcurre desde que se pone en marcha la inversión hasta el momento en el que deja de generar rentas. En este caso, se ha considerado una vida útil de 20 años.

2.3. Flujos de caja.

Los flujos de caja hacen referencia a la entrada y salida neta de dinero a lo largo de un año, es decir, son la diferencia entre los ingresos y los costes anuales de la plantación. Es una buena manera de conocer el nivel de liquidez de la empresa.

2.3.1. Costes de producción.

2.3.1.1. Maquinaria.

La compra de los aperos (atomizador, discos de corte, podadora de bajos e hileradora) se considera en la inversión inicial. También se considera en la inversión inicial el coste de preparación de terreno con el pase de cultivador y subsolador.

El coste de maquinaria incluye el combustible necesario del tractor y la motosierra, la amortización de cada máquina, el lubricante necesario para su uso, los costes de reparación y mantenimiento de cada uno de ellos.

El precio de combustible se considera 0,85 €/L. Los costes del pase con atomizador se consideran en los de los tratamientos fitosanitarios, los costes del pase con discos de corte, podadora de bajos, hiladora y trituradora se consideran en los costes de poda, el coste de pase de desbrozadora y de barra de herbicidas se considera en el coste de manejo de suelo.

2.3.1.2. Mano de obra.

Se considera necesaria la ayuda de dos trabajadores durante los primeros tres años para el entutorado de los árboles y la poda manual de tijera o motosierra. El resto de los años se necesita durante la poda manual y recolección un único peón. Por lo tanto, se decide la contratación de un peón desde noviembre hasta abril (6 meses). Además, hay que incluir la seguridad social del autónomo. El salario indicado es 8,5€/hora incluido la seguridad social. Por lo tanto, los costes de personal a partir del tercer año alcanzan:

- Peón: 8840 €/año.
- Seguridad social autónomo: 3.730 €/año.
- Total: 12.570 €/año

Los primeros tres años se contrata un peón más durante los meses de febrero y marzo, lo que supondría 2578 €/año.

	Años 1-3	Años 3-20
Mano de obra	15.148€	12.570€

Tabla 2. Costes mano de obra. Fuente: elaboración propia.

2.3.1.3. Riego.

El precio actual del agua en la Comunidad de Regantes de Caravaca de la Cruz es 0,33€/m³. Teniendo en cuenta que el gasto durante los tres primeros años es 3150 m³ y 3000 m³ el resto de los años con la aplicación de riego deficitario, el riego supone un coste de 990 €/año y 940,5 €/año respectivamente.

	Años 1-3	Años 3-20
Riego	1031€	990€

Tabla 3. Costes de riego. Fuente: elaboración propia.

2.3.1.4. Manejo del suelo.

a) Herbicidas:

Se realizan dos aplicaciones de herbicida anuales en la línea de plantación y una en la calle cada tres años. Durante los tres primeros años, el herbicida seleccionado es Oxifluorfen y el resto de la vida útil de la plantación Glifosfato. La dosis depende de las necesidades anuales.

- Línea de árboles:

Año	Herbicida	Dosis (L/ha)	Nº tratamientos	Dosis total (L/año)	Precio (€/L)	Total (€)
1-3	Oxifluorfen 24%	1,5	2	66	12,31	812
4-20	Glifosfato 36%	4	2	176	3,70	651

Tabla 4. Costes de los herbicidas en línea de árboles. Fuente: elaboración propia.

- Calle:

Se realiza el tratamiento en los años 3, 6, 9, 12, 15 y 18 de la plantación. La dosis aplicada asciende a 5 L/ha con un único tratamiento anual, lo que supone una dosis total de 110 L y un precio de 407€.

- Barra de herbicidas:

La barra tiene 4 metros, la intención es realizar una pasada entre calle de árboles, es decir, un pase por fila de plantación. Teniendo en cuenta que hay 32482 árboles y hay una separación de 1,5 m, el tractor debe recorrer 48.723 m. Si se tiene en cuenta que la cuba se llena cada hora (rendimiento del 50%) y que el tractor se lleva a 5 km/hora. Se necesitan 19,4 horas/tratamiento. El coste horario del tractor es 31,4 €/hora. Por lo tanto, son 609 €/tratamiento.

	Años 1-2	Año 3	Años 6,9,12,15 y 18	Resto de años
Herbicidas	$812 + 2 * 609 =$ 2030 €	$812 + 407 + 3 * 609 =$ 3046 €	$651 + 407 + 3 * 609 =$ 2885 €	$651 + 609 =$ 1260 €

Tabla 5. Costes de herbicidas. Fuente: elaboración propia.

b) Desbrozadora:

El pase de la desbrozadora se realiza en las calles una vez todos los años menos los años 3,6,9,12,15 y 18. La desbrozadora tiene 3 metros, se realiza un pase por calle, y el tractor lleva una velocidad 7 km/h. Por lo tanto, se necesitan 7 horas al año. El coste horario del tractor es 31,4 €/hora, es decir, 220 €/año.

	Años 1-2	Año 3	Años 6,9,12,15 y 18	Resto de años
Manejo del suelo	2030 + 220 = 2250€	3046 €	2885 €	1260 + 220 = 1480€

Tabla 6. Costes de manejo del suelo. Fuente: elaboración propia.

2.3.1.5. Tratamientos fitosanitarios.

El tratamiento de los fitosanitarios depende del estado sanitario de la plantación cada año. Es fundamental no aplicar el tratamiento de manera sistemática y, por lo tanto, difícil valorar sus costes y calcular de manera exacta el consumo. Por ello, se consulta información con otras explotaciones de la zona con las mismas características que nos indican que tienen un gasto medio de 45 €/ha, es decir, un coste anual de **990 €**. Este precio no incluye el pase con atomizador. La intención es realizar una pasada entre calle de árboles, es decir, una pasa por fila de plantación. Teniendo en cuenta que el tractor debe recorrer 48.723 m. Si se tiene en cuenta que la cuba se llena cada hora (rendimiento del 50%) y que el tractor se lleva a 5 km/hora. Se necesitan 19,5 horas/tratamiento. Si se realizan 4 tratamientos anuales y el coste horario del tractor es 31,4 €/hora, el pase con atomizador cuesta **2448€/año**.

	Años 1-3	Años 3-20
Tratamiento fitosanitario	3438€	3438€

Tabla 7. Costes tratamiento fitosanitario. Fuente: elaboración propia.

2.3.1.6. Electricidad.

El gasto de electricidad por parte del sistema de riego depende de las horas de riego anuales y la bomba. El precio de la luz se estima en 0,12 €/kW y el de término de potencia en 26,41 €/kW. La bomba escogida tiene una potencia de 37 kW y el tiempo de riego anual es 60,72 horas durante los primeros tres años de plantación y 56,2 horas el resto de la vida útil. Por lo tanto,

	Años 1-3	Años 3-20
Electricidad	$26,41 * 37 + 37 * 0,12 * 60,72 =$ 1247€	$26,41 * 37 + 37 * 0,12 * 56,2 =$ 1005€

Tabla 8. Costes electricidad. Fuente: elaboración propia.

2.3.1.7. Fertirrigación.

El aporte de fertilizantes cada año depende de los resultados del análisis foliar. Sin embargo, se estima su coste a partir de las informaciones consultadas a las fincas de la región que cultivan Arbequina en seto. El precio aproximado es 310€/ha. La dosis de fertilizantes hasta la entrada en producción (año 3) se reduce una cuarta parte. Por lo tanto, el precio también.

	Años 1-3	Años 3-20
Fertilización	5115€	6820€

Tabla 9. Costes de fertilización. Fuente: elaboración propia.

2.3.1.8. Podas.

- a) Poda de formación (años 1-3): se realiza a mano con tijeras neumáticas. Por lo tanto, el coste de esta labor es el correspondiente al de la mano de obra necesaria para llevarla a cabo que se ha calculado en el apartado 2.3.1.3.
- b) Poda de mantenimiento (años 3-20): se realiza con los discos de corte y podadora de bajos.

Con los **discos de corte** se realizan dos pases por fila de plantación: una poda de altura y una poda de anchura. Teniendo en cuenta que hay 32.482 árboles y hay una separación de 1,5 m, el tractor debe recorrer 97.446 m dos veces. Si se tiene en cuenta que el tractor se lleva a 2 km/hora. Se necesitan 49 horas. El coste horario del tractor es 31,4 €/hora. Por lo tanto, son **1539€/año** en el pase con los discos de corte.

La **podadora de bajos** se pasa una vez por fila de plantación, por lo tanto, el tractor debe recorrer 48.723 m. Si se tiene en cuenta que el tractor se lleva a 5 km/hora. Se necesitan 10 horas. El coste horario del tractor es 31,4 €/hora. Por lo tanto, son **314€/año** en el pase de podadora de bajos.

Para **incorporar los restos** de poda hay que hacer un pase por fila con un solo tractor y dos máquinas (una delantera y otra trasera). La hileradora delante hace el acordonado de los restos de poda y la trituradora detrás tritura. De tal forma que una sola persona con un solo tractor puede hacer los dos trabajos simultáneamente. Si se tiene en cuenta que el tractor se lleva a 10 km/hora. Se necesitan 5 horas. El coste horario del tractor es 31,4 €/hora. Por lo tanto, son **157€/año**.

Además, cada dos años se realiza un repaso posterior con motosierra. Los costes horarios de uso de la motosierra son 1,37€/hora. Si se emplean 1 minutos/árbol. El tiempo de uso asciende a 541 horas que son 741€/año.

	Años 1-3	Años 3-20	
		Años pares	Años impares
Poda	Coste de la mano de obra	1539 + 314 + 157 + 741 = 2751€	1539 + 314 + 157 = 2010€

Tabla 10. Costes de poda. Fuente: elaboración propia.

2.3.1.9. Recolección.

La recolección se realiza con cosechadora alquilada. El coste es de 150€/hora. Se necesitan 33 horas para Arbequina y 42 horas para Arbosana, es decir, **11.250 €/año**.

	Años 1-3	Años 3-20
Recolección	0€	11.250€

Tabla 11. Costes mano de recolección. Fuente: elaboración propia.

2.3.1.10. Varios.

En este apartado se consideran costes como el análisis foliar, eliminación de tutores, reposición de marras, revisión de ataduras, transporte y molturación, y otros gastos de mantenimiento.

- Análisis foliar: 95€/año.
- Eliminación de los tutores: se realiza en el año 3 a mano. Por lo tanto, el coste correspondiente es el de la mano de obra contratada.
- Revisión de ataduras: se realiza en el primer año a mano. Por lo tanto, el coste correspondiente es el de la mano de obra contratada.
- Transporte: se considera un coste de 0,012 €/kg. La producción considerada es:

Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
3000 kg/ha	5000 kg/ha	7000 kg/ha	10000 kg/ha

Tabla 12. Producción total media de aceitunas. Fuente: elaboración propia.

Los datos de producción se estiman teniendo en cuenta la información facilitada por otras fincas de la región que cultivan Arbequina en seto. Por lo tanto, los costes de transporten son:

Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
36€	60€	84€	120€

Tabla 13. Costes de transporte. Fuente: elaboración propia.

- Otros gastos de mantenimiento: se consideran 1500€ otros gastos.

	Año 1	Años 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Varios	1595€	1595€	1631€	1655€	1679€	1715€

Tabla 14. Costes varios. Fuente: elaboración propia.

2.3.1.11. Costes totales de producción (€).

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Mano de obra	12570	12570	15148	15148	15148	15148	15148	15148	15148	15148	15148	15148	15148	15148	15148	15148	15148	15148	15148	15148
Riego	1031	1031	1031	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990
Manejo del suelo	2250	2250	3046	1480	1480	2885	1480	1480	2885	1480	1480	2885	1480	1480	2885	1480	1480	2885	1480	1480
Tratamiento fitosanitario	3438	3438	3438	3438	3438	3438	3438	3438	3438	3438	3438	3438	3438	3438	3438	3438	3438	3438	3438	3438
Electricidad	1247	1247	1247	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005
Fertirrigación	5115	5115	5115	6820	6820	6820	6820	6820	6820	6820	6820	6820	6820	6820	6820	6820	6820	6820	6820	6820
Podas	0	0	0	2751	2010	2751	2010	2751	2010	2751	2010	2751	2010	2751	2010	2751	2010	2751	2010	2751
Recolección	0	0	0	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250
Varios	1595	1595	1631	1655	1679	1715	1715	1717	1715	1715	1715	1715	1715	1715	1715	1715	1715	1715	1715	1715
Total	27.205	27.205	30.615	44.488	43.771	45.953	43.807	44.548	45.212	44.548	43.807	45.953	43.807	44.548	45.212	44.548	43.807	45.953	43.807	44.548

Tabla 15. Costes de producción. Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Costes financieros.

Según el presupuesto adjunto al proyecto, su ejecución tiene un coste de 191.350,03 €. El promotor dispone de cierta liquidez, pero argumenta que al tener que esperar 5 años para empezar a recibir ingresos que cubran los gastos anuales, se decanta por pedir un crédito que le sirven para pagar los gastos de la puesta en marcha y los gastos de los primeros años, junto con el dinero propio. Las características del crédito son las siguientes:

- % interés efectivo anual, a pagar en años.
- El aval necesario del préstamo es una finca que tiene el promotor de 20 ha de regadío.

El cálculo de la anualidad se calcula de la siguiente forma:

$$VA = Q * \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}$$

- VA = valor del préstamo = 250.000
- Q = valor de la anualidad.
- n = tiempo de amortización = 15 años.
- i = tipo de interés = 3 % de interés anual.

Por lo tanto, la anualidad a devolver es 20.941, 65€

2.3.3. Ingresos.

Los ingresos son el resultado de la venta por producción, la ayuda de la PAC y la ayuda que concede la región de Murcia a aquellos agricultores que realizan inversiones en las explotaciones agrarias (ayuda CARM). La intensidad de la ayuda es el 40% de la inversión. El importe admisible se limita a 40.000€, por lo tanto, se recibe una ayuda de 16.000€ el primer año.

La producción de aceituna se estima a partir del tercer año sobre valores orientativos recogidos en la información facilitada por otras fincas que cultivan Arbequina en seto en la zona (tabla 12).

La aceituna se vende en la Almazara privada *La Esperanza* situada en el municipio de Calasparra a 18 km de la plantación. El precio de venta medio de la aceituna de los últimos años para estas variedades ha sido 0,6€/kg. Es muy difícil establecer un importe estable, sin embargo, son variedades recogidas muy tempranas para producir aceite de oliva de alta calidad.

	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Producción total media (kg aceituna/ha)	3.000	5.000	7.000	10.000
Ingresos por producción (€)	39.600	66.000	92.400	132.000

Tabla 16. Ingresos por producción. Fuente: elaboración propia.

Año	1	2	3	4	5	6
Ingresos por producción (€)	0	0	39.600	66.000	92.400	132.000
Ayuda CARM (€)	16.000	0	0	0	0	0
Ayuda PAC (€)	5600	5600	5600	5600	5600	5600
Total (€)	21.600	5.600	45.200	71.600	98.000	137.600

Tabla 17. Ingresos totales. Fuente: elaboración propia.

El precio de producción de 1 kg de aceituna una vez amortizado el préstamo es de 0,21€.

2.3.4. Flujos de caja.

Año	Capital inicial (€)	Inversión (€)	Costes financieros (€)	Costes (€)	Ingresos (€)	Flujos de caja (€)
0	250.000	191.350,03	20.942			- 20.942
1			20.942	27205	21.600	- 26.547
2			20.942	27205	5.600	- 42.547
3			20.942	30615	45.200	- 6.357
4			20.942	44488	71.600	6.170
5			20.942	43771	98.000	33.287
6			20.942	45953	137.600	70.705
7			20.942	43807	137.600	72.851
8			20.942	44548	137.600	72.110
9			20.942	45212	137.600	71.446
10			20.942	44548	137.600	72.110
11			20.942	43807	137.600	72.851
12			20.942	45953	137.600	70.705
13			20.942	43807	137.600	72.851
14			20.942	44548	137.600	72.110
15			20.942	45212	137.600	71.446
16				44548	137.600	93.052
17				43807	137.600	93.793
18				45953	137.600	91.647
19				43807	137.600	93.793
20				44548	137.600	93.052

Tabla 18. Flujo de caja. Fuente: elaboración propia.

3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN FINANCIERA.

3.1. VAN.

El VAN se calcula con una tasa de actualización del 2%.

Año	Capital inicial (€)	Inversión (€)	Costes financieros (€)	Costes (€)	Ingresos (€)	Flujos de caja (€)	VAN
0	250.000	191.350,03	20.942			- 20.942	
1			20.942	27205	21.600	- 26.547	-26.026 €
2			20.942	27205	5.600	- 42.547	-40.895 €
3			20.942	30615	45.200	- 6.357	-5.990 €
4			20.942	44488	71.600	6.170	5.700 €
5			20.942	43771	98.000	33.287	30.149 €
6			20.942	45953	137.600	70.705	62.784 €
7			20.942	43807	137.600	72.851	63.421 €
8			20.942	44548	137.600	72.110	61.545 €
9			20.942	45212	137.600	71.446	59.783 €
10			20.942	44548	137.600	72.110	59.156 €
11			20.942	43807	137.600	72.851	58.592 €
12			20.942	45953	137.600	70.705	55.751 €
13			20.942	43807	137.600	72.851	56.316 €
14			20.942	44548	137.600	72.110	54.651 €
15			20.942	45212	137.600	71.446	53.086 €
16				44548	137.600	93.052	67.783 €
17				43807	137.600	93.793	66.983 €
18				45953	137.600	91.647	64.168 €
19				43807	137.600	93.793	64.382 €
20				44548	137.600	93.052	62.621 €
							682.612 €

Tabla 19. VAN. Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, el VAN es 682.612€.

3.2. Relación Beneficio/Inversión.

Es el coeficiente entre el VAN y el pago de la inversión.

$$\text{VAN/Inversión} = 682.612/191.350 = 3,6$$

3.3. TIR.

Es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión, es decir, el porcentaje de beneficio o pérdida. En este caso, el TIR es un 15%. Por lo tanto, se trata de un proyecto rentable.

3.4. Pay-Back (Plazo de recuperación).

El plazo de recuperación es el tiempo que tarda un proyecto en recuperar la inversión inicial. En este caso, la inversión se recupera en ocho años.

4. RENTABILIDAD SEGÚN EL PRECIO DE LA ACEITUNA.

Los precios de la aceituna pueden variar entre campañas. Estos cambios pueden producir una incertidumbre respecto a la rentabilidad del proyecto en base a los diferentes precios. En la tabla 20 se muestran los diferentes criterios de rentabilidad en función del precio de la aceituna. El precio más bajo de los últimos años ha sido 0,35€/kg y el más alto 0,70€/kg. Sin embargo, las previsiones son alcistas y se considera que no va a bajar de 0,4€/kg.

PRECIO (€/kg)	VAN	TIR
0,35	-33.301 €	2%
0,40	109.882 €	5%
0,50	396.247 €	11%
0,60	682.612 €	15%
0,70	968.977 €	19%

La inversión se recupera con un precio mínimo de la aceituna de 0,43€/kg. Por debajo de este precio se producen pérdidas. La rentabilidad del proyecto se va a situar entre un 11 y 15%.

5. CONCLUSIÓN.

El proyecto es rentable según los criterios utilizados en el estudio económico, principalmente VAN y TIR. La inversión inicial de 191.350 € se recupera en ocho años. La ganancia total es 682.612€ (tasa de actualización 2%) y la rentabilidad se sitúa en un 15%. El proyecto es viable, sin embargo, hay que tener en cuenta que los datos estimados de precio y productividad pueden variar.

6. BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS

BARRANCO et al. *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa (2017).

WEB

Anuario de estadística del MAPA 2019. MAPAMA. Recuperado de:

<https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/default.aspx>

Anuario de estadística agraria regional de la Región de Murcia. CARM.

Recuperado de:

[https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=1174&RASTRO=c1415\\$m&IDTIPO=100](https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=1174&RASTRO=c1415$m&IDTIPO=100)

Sistema de Información de Precio en Origen. POOLRED. Recuperado de:

<http://www.poolred.com/>

DOCUMENTO II. PLANOS

ÍNDICE

PLANO Nº1. SITUACIÓN DE LA PLANTACIÓN.

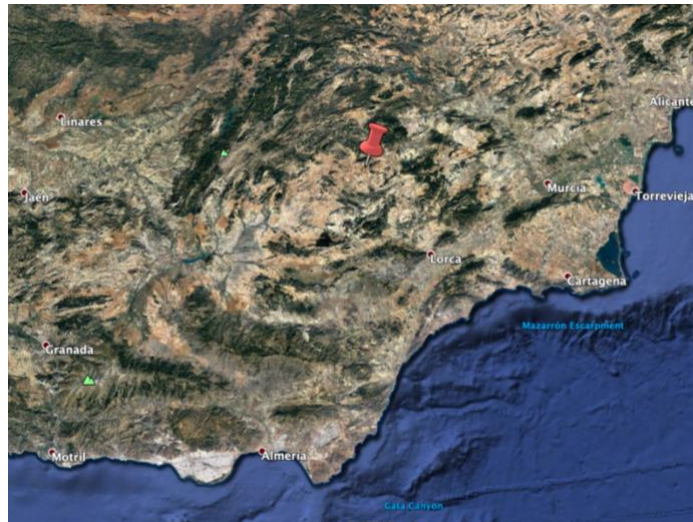
PLANO Nº2. SUPERFICIE DEL OLIVAR.

PLANO Nº3. RED DE RIEGO. RED DE DISTRIBUCIÓN.

PLANO Nº4. RED DE RIEGO. RED TERCIARIA.

PLANO Nº5. RED DE RIEGO. LATERALES Y EMISORES.

PLANO Nº6 DISTRIBUCIÓN DE VARIEDADES.



PLANO: SITUACIÓN DE LA PLANTACIÓN.

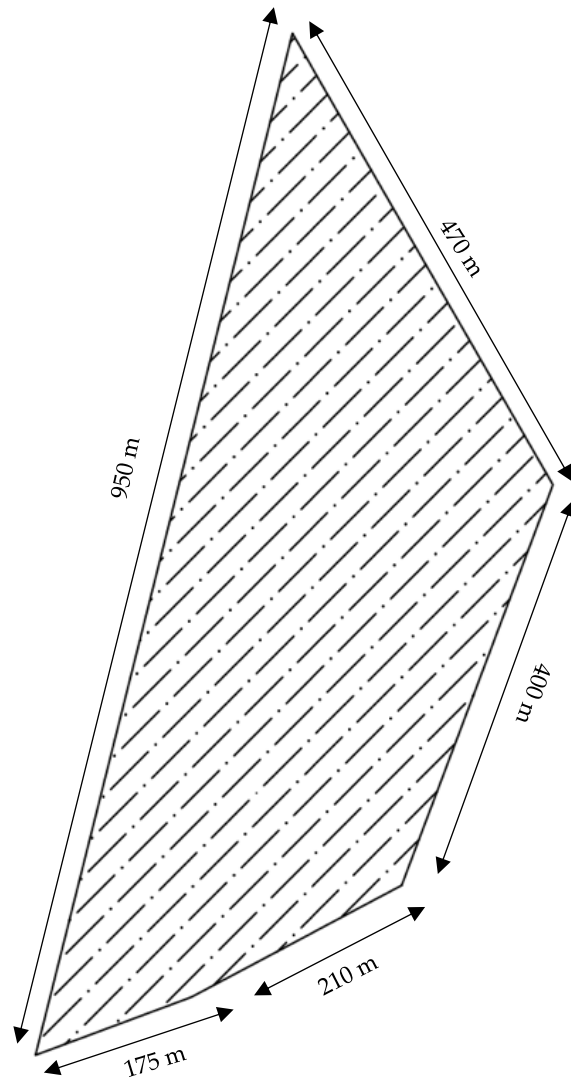
TÍTULO: PLANTACIÓN DE 22 HA. DE OLIVAR EN SETO
CON RIEGO POR GOTEO EN EL MUNICIPIO DE
CARAVACA DE LA CRUZ (MURCIA)

FIRMA: PAULA SÁNCHEZ GARCÍA

ESCALA: VARIAS

FECHA: 15/06/2021

PLANO Nº1



PLANO: SUPERFICIE DEL OLIVAR

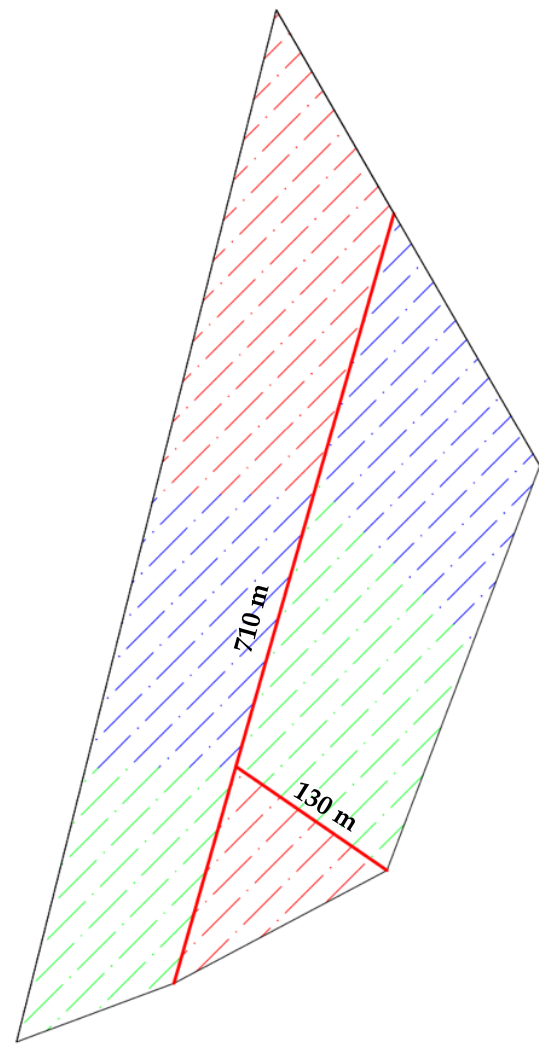
TÍTULO: PLANTACIÓN DE 22 HA. DE OLIVAR EN SETO
CON RIEGO POR GOTEO EN EL MUNICIPIO DE
CARAVACA DE LA CRUZ (MURCIA)

FIRMA: PAULA SÁNCHEZ GARCÍA





ESCALA: 1/6000

FECHA: 15/06/2021

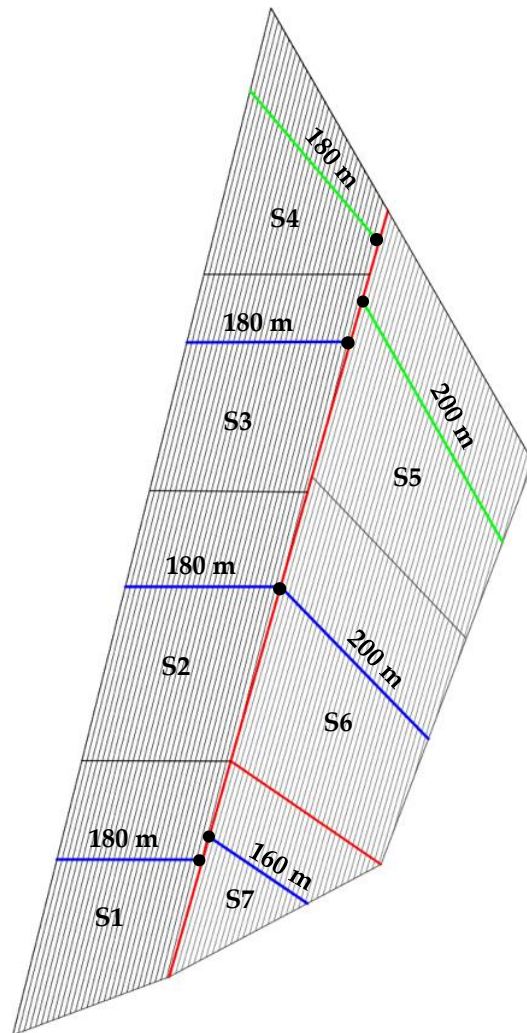
PLANO Nº2



LEYENDA:

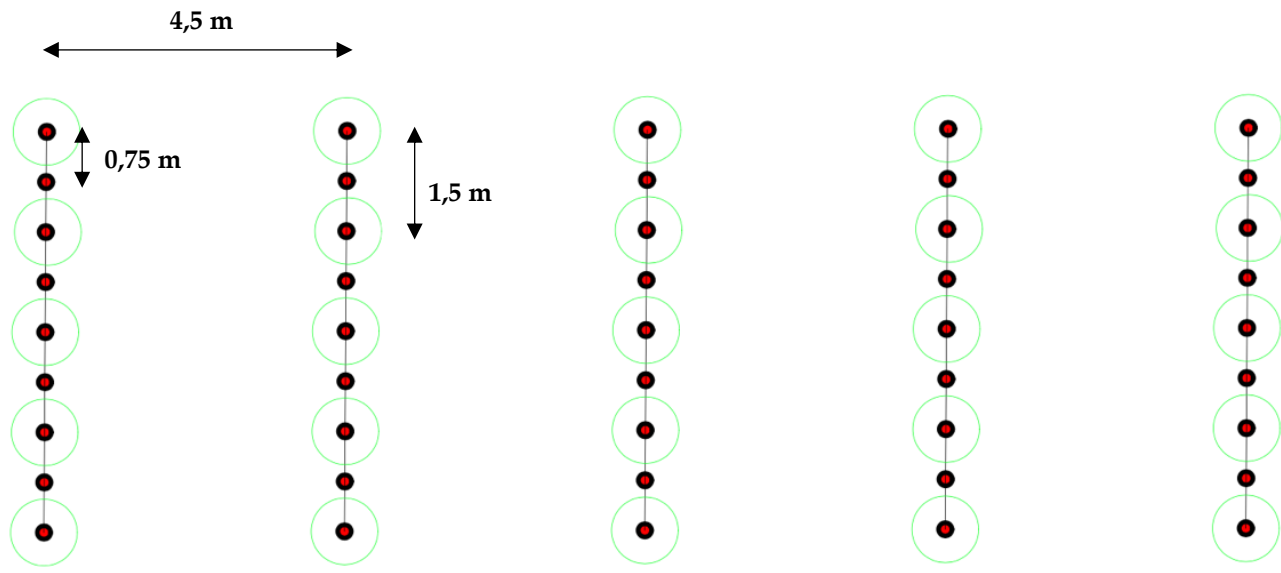
	TUBERÍA PVC 160/252
	SECTOR 1
	SECTOR 2
	SECTOR 3

PLANO: RED DE RIEGO. RED DE DISTRIBUCIÓN.		
TÍTULO: PLANTACIÓN DE 22 HA. DE OLIVAR EN SETO CON RIEGO POR GOTEO EN EL MUNICIPIO DE CARAVACA DE LA CRUZ (MURCIA)		
FIRMA: PAULA SÁNCHEZ GARCÍA		
ESCALA: 1/6000	FECHA: 15/06/2021	PLANO Nº3






LEYENDA:	
TUBERÍA PRINCIPAL PVC 160/252	
TUBERÍA PORTA-RAMALES PVC 63/50	
TUBERÍA PORTA-RAMALES PVC 75/63	
ELECTROVÁLVULAS	

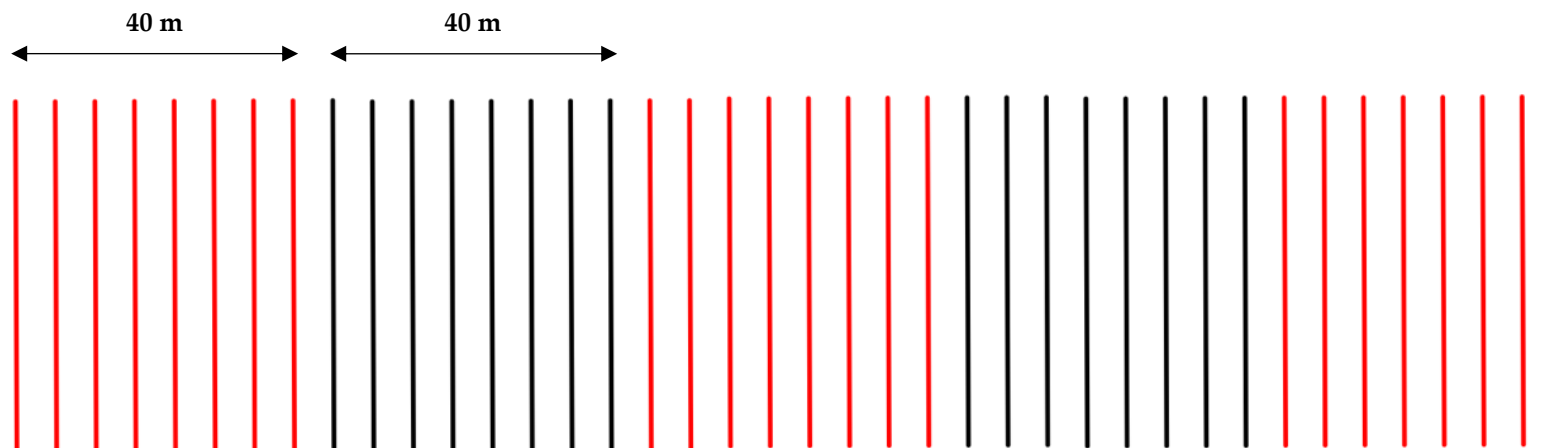
PLANO: RED DE RIEGO. RED TERCIARIAS.		
TÍTULO: PLANTACIÓN DE 22 HA. DE OLIVAR EN SETO CON RIEGO POR GOTEO EN EL MUNICIPIO DE CARAVACA DE LA CRUZ (MURCIA)		
FIRMA: PAULA SÁNCHEZ GARCÍA		
ESCALA: 1/6000	FECHA: 15/06/2021	PLANO Nº4



LEYENDA:

ÁRBOL		GOTERO	
RAMAL			

PLANO: RED DE RIEGO. LATERALES Y EMISORES		
TÍTULO: PLANTACIÓN DE 22 HA. DE OLIVAR EN SETO CON RIEGO POR GOTEO EN EL MUNICIPIO DE CARAVACA DE LA CRUZ (MURCIA)		
FIRMA: PAULA SÁNCHEZ GARCÍA		
ESCALA: 1/100	FECHA: 15/06/2021	PLANO Nº5



LEYENDA:	
ARBEQUINA	—
ARBOSANA	—

PLANO: DISTRIBUCIÓN DE VAREIDADES		
TÍTULO: PLANTACIÓN DE 22 HA. DE OLIVAR EN SETO CON RIEGO POR GOTEO EN EL MUNICIPIO DE CARAVACA DE LA CRUZ (MURCIA)		
FIRMA: PAULA SÁNCHEZ GARCÍA		
ESCALA: 1/750	FECHA: 15/06/2021	PLANO N°6

DOCUMENTO III. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1. OBJETO Y ALCANCE DEL PLIEGO.	- 6 -
1.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN.	- 6 -
1.2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS.	- 6 -
1.3. COMPATIBILIDAD Y RELACIÓN ENTRE DICHS DOCUMENTOS.	- 6 -
1.4. REPRESENTANTES DE LA PROPIEDAD Y EL CONTRATISTA.	- 6 -
1.5. ALTERACIÓN Y/O LIMITACIÓN DEL PROGRAMA DE TRABAJOS.	- 7 -
1.6. DISPOSICIONES A TENER EN CUENTA CON CARÁCTER GENERAL Y PARTICULAR.	- 7 -
2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.	- 8 -
3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA.	- 9 -
3.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO.	- 9 -
3.1.1. Normas generales.	- 9 -
3.1.2. Materias primas y energía.	- 9 -
3.2. OBTENCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL.	- 9 -
3.2.1. Procedencia y compra de las plantas.	- 10 -
3.2.2. Características de las plantas.	- 10 -
3.2.3. Porte de la planta.	- 10 -
3.2.4. Rechazos de plantones.	- 10 -
3.2.5. Documentos.	- 11 -
3.2.6. Lotes.	- 11 -
3.2.7. Obligaciones del vivero.	- 12 -
3.3. PLANTACIÓN.	- 12 -
3.3.1. Momento de aplicación.	- 12 -
3.3.2. Proceso de plantación.	- 12 -
3.3.3. Labores previas.	- 12 -
3.3.4. Momento de plantación.	- 12 -
3.3.5. Reposición de marras.	- 12 -
3.4. PRÁCTICAS CULTURALES.	- 12 -
3.4.1. Calendario de labores.	- 12 -
3.5. PODA.	- 13 -
3.5.1. Normas generales.	- 13 -
3.5.2. Mano de obra.	- 13 -
3.5.3. Mantenimiento.	- 13 -
3.5.4. Restos de poda.	- 13 -
3.6. FERTILIZACIÓN.	- 13 -
3.6.1. Normas generales.	- 13 -
3.6.2. Abonado.	- 14 -
3.6.3. Composición y riqueza de los fertilizantes.	- 14 -
3.6.4. Envasado y etiquetado.	- 14 -
3.6.5. Peticiones.	- 14 -
3.6.6. Recepción de abonos.	- 14 -
3.6.7. Manejo y aplicación.	- 14 -
3.6.8. Transporte.	- 15 -
3.6.9. Almacenamiento y conservación.	- 15 -
3.6.10. Facturas.	- 15 -
3.7. PRODUCTOS FITOSANITARIOS.	- 15 -
3.7.1. Normativa general.	- 15 -
3.7.2. Condiciones de envasado y etiquetado.	- 15 -
3.7.3. Tipo de producto y envasado.	- 16 -

3.7.4.	Manejo.....	- 16 -
3.7.5.	Almacenamiento.....	- 16 -
3.7.6.	Mezcla.....	- 16 -
3.7.7.	Aplicación.....	- 16 -
3.7.8.	Limpieza.....	- 16 -
3.7.9.	Seguridad y productos tóxicos.....	- 16 -
3.7.10.	Fraude.....	- 17 -
3.8.	RIEGO.....	- 17 -
3.8.1.	Calendario y dosis de riego.....	- 17 -
3.8.2.	Revisiones del sistema de riego.....	- 17 -
3.8.3.	Reparaciones y mantenimiento.....	- 17 -
3.9.	RECOLECCIÓN.....	- 18 -
3.9.1.	Normas generales.....	- 18 -
3.9.2.	Mano de obra.....	- 18 -
3.9.3.	Época de recolección.....	- 18 -
3.9.4.	Supervisión y limpieza.....	- 18 -
3.10.	MAQUINARIA Y EQUIPOS.....	- 18 -
3.10.1.	Normas generales.....	- 18 -
3.10.2.	Mantenimiento y conservación.....	- 18 -
3.10.3.	Almacenamiento.....	- 18 -
3.10.4.	Averías.....	- 19 -
3.10.5.	Seguridad del personal.....	- 19 -
3.10.6.	Reglamentación.....	- 19 -
3.11.	MATERIALES DE LA INSTALACIÓN DE RIEGO.....	- 19 -
3.11.1.	Tuberías de PVC.....	- 19 -
3.11.2.	Piezas de conexión.....	- 19 -
3.11.3.	Válvula de compuerta y electroválvula.....	- 20 -
3.11.4.	Otras válvulas.....	- 20 -
3.11.5.	Cabezal de riego, equipo de filtración e inyección.....	- 20 -
3.11.6.	Instalación de tuberías.....	- 20 -
3.11.7.	Goteros.....	- 20 -
3.11.8.	Comprobación de la instalación.....	- 21 -
3.11.9.	Limpieza de las conducciones.....	- 21 -
3.11.10.	Manejo del sistema.....	- 21 -
3.11.11.	Mantenimiento.....	- 21 -
3.11.12.	Averías.....	- 21 -
3.12.	OTRAS LABORES.....	- 21 -
3.12.1.	Otras labores.....	- 21 -
3.12.2.	Cambio de labores.....	- 22 -
3.13.	EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	- 22 -
3.13.1.	Plan de ejecución de las obras.....	- 22 -
3.13.2.	Replanteo.....	- 22 -
3.13.3.	Excavaciones.....	- 22 -
3.13.4.	Ejecución de las tuberías.....	- 23 -
3.13.5.	Relleno de las zanjas.....	- 23 -
3.13.6.	Medición del relleno.....	- 23 -
3.13.7.	Instalaciones.....	- 23 -
3.13.8.	Defectos.....	- 23 -
3.13.9.	Mano de obra.....	- 24 -
3.13.10.	Labores mal ejecutadas.....	- 24 -
3.13.11.	Trabajos no expuestos en el pliego de condiciones.....	- 24 -

3.13.12.	<i>Interpretación, aclaración o modificación de los Documentos del proyecto.</i>	- 24 -
3.13.13.	<i>Protección.</i>	- 24 -
4.	PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA.	- 25 -
4.1.	DE LAS OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONTRATISTA.	- 25 -
4.1.1.	<i>Residencia.</i>	- 25 -
4.1.2.	<i>Oficina en obra.</i>	- 25 -
4.1.3.	<i>Presencia en Plantación.</i>	- 25 -
4.1.4.	<i>Representación.</i>	- 26 -
4.1.5.	<i>Trabajos no Estipulados en el Pliego de Condiciones.</i>	- 26 -
4.1.6.	<i>Interpretaciones, aclaraciones o modificaciones del proyecto.</i>	- 26 -
4.1.7.	<i>Reclamaciones contra órdenes de la Dirección técnica.</i>	- 26 -
4.1.8.	<i>Recusaciones.</i>	- 27 -
4.1.9.	<i>Falta de subordinación al director técnico.</i>	- 27 -
4.1.10.	<i>Libro de órdenes.</i>	- 27 -
4.2.	DE LAS PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES.	- 27 -
4.2.1.	<i>Caminos y accesos.</i>	- 27 -
4.2.2.	<i>Comienzo, ritmo y órdenes del trabajo.</i>	- 27 -
4.2.3.	<i>Prórroga por imprevistos.</i>	- 28 -
4.2.4.	<i>Responsabilidades del director técnico en el retraso.</i>	- 28 -
4.2.5.	<i>Replanteo.</i>	- 28 -
4.2.6.	<i>Condiciones generales de la ejecución de los trabajos.</i>	- 28 -
4.2.7.	<i>Obras y vicios ocultos.</i>	- 29 -
4.2.8.	<i>Trabajos defectuosos.</i>	- 29 -
4.2.9.	<i>Materiales y aparatos: procedencia, empleo, no utilizables y defectuosos.</i>	- 29 -
4.2.10.	<i>Medios auxiliares.</i>	- 29 -
4.3.	DE LA RECEPCIÓN.	- 30 -
4.3.1.	<i>Recepciones provisionales.</i>	- 30 -
4.3.2.	<i>Plazo de garantía.</i>	- 30 -
4.3.3.	<i>Conservación de los trabajos recibidos provisionalmente.</i>	- 30 -
4.3.4.	<i>Recepción final.</i>	- 31 -
4.3.5.	<i>Liquidación en caso de rescisión.</i>	- 31 -
4.4.	FACULTADES DEL DIRECTOR TÉCNICO.	- 31 -
4.4.1.	<i>Facultades del director técnico.</i>	- 31 -
5.	PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA.	- 31 -
5.1.	BASE FUNDAMENTAL.	- 31 -
5.2.	DE LAS GARANTÍAS DE CUMPLIMIENTO Y FIANZAS.	- 31 -
5.2.1.	<i>Garantías.</i>	- 32 -
5.2.2.	<i>Fianzas provisional y definitiva.</i>	- 32 -
5.2.3.	<i>Ejecución de los trabajos con carga a la fianza.</i>	- 32 -
5.2.4.	<i>Devolución de la fianza.</i>	- 32 -
5.3.	DE LOS PRECIOS.	- 32 -
5.3.1.	<i>Composición de los precios unitarios.</i>	- 32 -
5.3.2.	<i>Ejecución material.</i>	- 32 -
5.3.3.	<i>Contrata.</i>	- 32 -
5.3.4.	<i>Precios contradictorios.</i>	- 33 -
5.3.5.	<i>Aumento de precios.</i>	- 33 -
5.3.6.	<i>Formas de medir y aplicar precios.</i>	- 33 -
5.3.7.	<i>Revisión de precios contratados.</i>	- 34 -

5.3.8.	<i>Acopio de materiales</i>	- 34 -
5.3.9.	<i>Elementos comprendidos en el presupuesto</i>	- 34 -
5.4.	VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS.	- 34 -
5.4.1.	<i>Abono de obras ya ejecutadas</i>	- 34 -
5.4.2.	<i>Obras de mejora.</i>	- 34 -
5.4.3.	<i>Obras calculadas por partidas alzadas.</i>	- 35 -
5.4.4.	<i>Honorarios por dirección de obra</i>	- 35 -
5.4.5.	<i>Liquidaciones parciales por carácter provisional.</i>	- 35 -
5.4.6.	<i>Liquidación definitiva.</i>	- 35 -
5.5.	INDEMNIZACIONES MUTUAS.	- 35 -
5.5.1.	<i>Sanciones por retraso de las obras</i>	- 35 -
5.5.2.	<i>Indemnizaciones por retraso de la entrega</i>	- 35 -
5.5.3.	<i>Indemnización por daños de causa mayor.</i>	- 35 -
5.5.4.	<i>Renuncias</i>	- 36 -
6.	PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL.	- 36 -
6.1.	JURISDICCIÓN.	- 36 -
6.2.	ACCIDENTES DE TRABAJO Y DAÑOS A TERCEROS.	- 36 -
6.3.	PAGO DE ÁRBITROS	- 37 -
6.4.	CAUSAS DE RECISIÓN DEL CONTRATO	- 37 -

1. OBJETO Y ALCANCE DEL PLIEGO.

1.1. Ámbito de aplicación.

Se aplica el presente pliego de condiciones a todas las obras cuyas características, planos y presupuestos se adjuntan a las distintas partes de este Proyecto, así como el conjunto de labores necesarias para ejecutar completamente la explotación e instalación según los planos y documentos adjuntos.

Se entiende por labores accesorias aquellas que no pueden ser definidas en todos sus detalles debido a su naturaleza, y se definirán a medida que avanza la ejecución de los trabajos. Estas labores se deben llevar a cabo siguiendo las indicaciones del Ingeniero director que dirija los trabajos.

1.2. Documentos que definen las obras.

Los documentos que definen las obras pueden tener carácter contractual o ser informativos. Tanto unos como otros deben de ser entregados por la propiedad al contratista.

Son documentos contractuales los Planos, el Pliego de Condiciones, el Cuadro de Precios, el Presupuesto Parcial y el Presupuesto total que están incluidos en este proyecto. Los datos que se incluyen tanto en la Memoria como en los Anejos a la Memoria tienen carácter informativo.

Sea cual sea el cambio que se realice en el planteamiento de la obra, y que suponga un cambio importante respecto al proyecto inicial, deberá ponerse en conocimiento de la Dirección Técnica, que debe aprobarlo y redactar el correspondiente proyecto reformado cuando sea necesario.

1.3. Compatibilidad y relación entre dichos documentos.

En el caso en el que exista contradicción entre los planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo que contenga el Pliego de Condiciones. Si alguna información está en los Planos y no en el Pliego de Condiciones o viceversa, se ejecutará como si se encuentra en los dos documentos, por tener ambos carácter contractual.

1.4. Representantes de la Propiedad y el Contratista.

En primer lugar, la Propiedad determinará como su representante a un Ingeniero Agrónomo Superior, técnico Agrícola, técnico Forestal o Graduado en Ingeniería Forestal, el cual realizará las funciones de control, vigilancia y dirección de este Proyecto.

El Contratista, por su parte, proporcionará todas las facilidades posibles para que el Ingeniero director o sus ayudantes, puedan llevar a cabo el trabajo con la mayor eficacia posible.

El director de Obra no será responsable de la tardanza de los Organismos competentes en la tramitación del proyecto, ante la propiedad, ya que la tramitación es ajena al director, cual tiene la obligación de dar comienzo a las labores una vez que se hayan conseguido todos los permisos necesarios.

1.5. Alteración y/o limitación del programa de trabajos.

Si durante la ejecución de los trabajos es necesaria la ejecución de cualquier tipo de labor o instalación no prevista en el presente documento, el adjudicatario tendrá la obligación de realizar dicha labor o instalación con sujeción a las ordenes del director de Obra, y por supuesto, de acuerdo con las normas del buen arte constructivo.

Este director de Obra podrá sancionar o aprobar los sistemas empleados por el adjudicatario, por lo que las labores e instalaciones que resulten defectuosas podrán, ya sea total o parcialmente, deberán ser desmontadas, demolidas o modificadas sin que el Adjudicatario tenga derecho a ningún tipo de reclamación.

1.6. Disposiciones a tener en cuenta con carácter general y particular.

El presente documento se regirá mediante una serie de condiciones de carácter general y de carácter particular que se señalan a continuación:

- Instrucción de Normas UNE de aplicación en el Ministerio de Obras Publicas y transportes.
- Ley de Ordenación y Defensa de la Industria Nacional.
- Instrucciones para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón en Masa o Armado EHE. Resolución General de Instrucciones para la construcción de 31 de octubre de 1966.
- Normas Básicas (NBE) y Tecnologías y Soluciones Homologadas de la Edificación recogidas todas ellas en el código técnico de la edificación (CTE).
- Métodos y Normas de Ensayo del Laboratorio Central del Ministerio de Fomento.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales vigentes del Ministerio de Fomento.
- Ley 198/63 de Bases de Contratos del Estado. Modificado por el R.D 2528/1986.
- Reglamento General de Contratación del Estado (3.410/75).
- Estatuto de los Trabajadores.
- Reglamento Electrotécnico para baja tensión.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OM9-III 71) (BOE16- III-71).

- Reglamento Nacional del Trabajo de la Construcción y Obras Públicas, y disposiciones complementarias (11/9/46 y 8/2/51).
- Reglamento de los comités de Seguridad e Higiene en el Trabajo (BOE 16/3/71) y modificación (10/11/95).
- Reglamento Electrónico de Baja Tensión (REBT 2002) y Normas MIBT complementarias.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales (BOE 10/11/95) y modificación (BOE 8/3/96).
- Obras de construcción, Seguridad y Salud (BOE 25/10/97).
- Reglamentos de los Servicios Médicos de Empresa (OM 17/5/74) (BOE 29/5/74).
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.

Nada de lo que aparezca en ese apartado se debe interpretar como que el Contratista queda relevado de su responsabilidad de cumplir todos los Códigos, Reglamentos y Normas aplicables. Cuando exista diferencia, incompatibilidad o contradicción entre alguno de los conceptos señalados en el presente documento, y los conceptos señalados en las disposiciones particulares o generales, prevalecerá lo dispuesto en este documento.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.

Los trabajos del presente Estudio se desarrollan en una parcela situada en el Término Municipal de Caravaca de la Cruz de 220.000 m² con coordenadas geográficas:

- Latitud: 38° 0'16.60" N
- Longitud: 2° 3'38.51" O

Los trabajos a realizar para llevar a cabo el presente proyecto son:

- Preparación del terreno.
- Instalación del riego.
- Plantación.
- Tareas durante el primer año de la plantación:
 - Extendido de goteros.
 - Reposición de mallas.
 - Colocación de tubos protectores.
 - Entutorado.
- Tareas durante la vida de la plantación:

- Manejo del suelo.
- Protección del cultivo.
- Poda.
- Fertilización.
- Recolección.

Este documento, tiene como uno de sus objetivos, el que sirva de base al director técnico, constructor y promotor para poder interpretar el documento adjunto. Todas las labores que se incluyan en el presupuesto (contando todos los oficios y materiales que se utilicen en ellas) serán objeto de las normas y condiciones facultativas del presente documento.

Estas labores se deben ajustar a lo dispuesto en los planos, estados de mediciones y cuadros de precios, y deberá resolverse cualquier discrepancia que hubiera por parte del Ingeniero, el cual podrá variar el tipo de alguna labor, y como consecuencia deberá redactar el correspondiente proyecto reformado, el cual se considerará parte del proyecto inicial, por lo que estará sujeto a las mismas especificaciones que este. Aquellas labores de menor importancia o las que no pueden ser previstas en todos sus detalles inicialmente, sino que se detallan a medida que avanza la ejecución son consideradas labores accesorias, las cuales se deben construir de acuerdo con los proyectos particulares que se redacten durante la ejecución, a medida que se conozcan sus necesidades.

Las dimensiones, materiales y formas que se emplean se recogen en los distintos documentos técnicos del proyecto al que pertenece este Pliego de Condiciones.

3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA.

3.1. Preparación del terreno.

3.1.1. Normas generales.

Las labores y operaciones de preparación para el establecimiento de la plantación, riego y practicas culturales se ejecutarán siguiendo las normas que se citan en la Memoria y sus Anejos.

3.1.2. Materias primas y energía.

Las materias primas y energía que se utilicen serán las especificadas en los documentos del proyecto. La Dirección Técnica de la explotación asumirá las responsabilidades derivadas de las modificaciones sustanciales según lo establecido.

3.2. Obtención del material vegetal.

3.2.1. Procedencia y compra de las plantas.

Las plantas se obtendrán de vivero autorizado que suministrará el material vegetal libre de virus, "planta certificada", según las características especificadas en el texto re difundido del Reglamento Técnico de Control y Certificación de Plantas de Vivero de Frutales.

El material vegetal seleccionado deberá cumplir con la normativa oficial siguiente:

- Real Decreto 929/1995, de 9 de junio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de control y certificación de plantas de vivero de frutales. (B.O.E. de 14 de junio de 1995), con sus correspondientes modificaciones, hasta la última modificación: Real Decreto 1256/2010, de 8 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 929/1995, de 9 de junio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de control y certificación de plantas de vivero de frutales.

La compra se efectúa mediante un contrato en el que se especifique el tipo de plantas, fecha y forma de entrega, así como las responsabilidades en caso de incumplimiento por ambas partes.

3.2.2. Características de las plantas.

Las plantas deberán reunir las condiciones de sanidad y vigor marcadas por la legislación vigente.

Las variedades *Arbequina* y *Arbosana*, seleccionadas en base a los estudios que se recogen en los Anejos, será la que se utilice en la plantación, ya que es la más adecuada para las condiciones climáticas, edafológicas, de producción y comerciales de la zona.

Deben tener la calificación de "planta certificada", estas llevarán etiquetas oficiales de color azul, que incluirá la siguiente información: Indicación de calidad CEE; con encabezamiento de ESPAÑA; organismo oficial responsable, nombre o código; categoría, especie, nombre botánico y común; variedad y clon; patrón y clon; cantidad; número de lote o serie; proveedor; país productor, en el caso de importaciones de terceros países; la mención "VF" ó "VT".

3.2.3. Porte de la planta.

Las plantas no presentarán ningún síntoma de enfermedad. Es fundamental revisar el estado de enraizamiento de las raíces. Los plantones deben ser de medio año y de 0,4 m.

3.2.4. Rechazos de plantones.

Se rechazarán los plantones que presenten síntomas de raquitismo o de retraso de crecimiento, así como las que presenten heridas en el tronco o ramas y no

presenten un sistema radicular sano, según lo dispuesto en el *Anejo III. Establecimiento de la plantación.*

Así como todos aquellos organismos nocivos y enfermedades que afectan a la calidad:

- Insectos, ácaros y nematodos en todas sus fases de desarrollo: Eusophera pinguis Meloidogyne spp. Saissetia oleae
- Bacterias: Pseudomonas syringae pv. savastanoi
- Hongos: Verticillium dahliae
- Virus y organismos similares

3.2.5. Documentos.

Todas las plantas que se adquieran deberán ir acompañadas por un documento en el que se indican las características de las plantas, así como el destino de estas, de acuerdo con los datos mínimos que se detallan.

- Remitente: número del documento, nombre del proveedor, número del registro, domicilio social, domicilio almacén y medio de transporte.
- Destinatario: Nombre, domicilio y municipio.
- Mercancía remitida: Tipo de material (semilla, partes de planta y plántones), variedad y clon, en su caso. Patrón y clon, en su caso. Categoría, número de lote y cantidad (unidades o kg., en su caso).
- Declaración del proveedor: "El proveedor remitente declara que la mercancía amparada por el presente documento cumple con todos los requisitos exigidos en el Reglamento Técnico de Control y Certificación de Plantas de Vivero Frutales, para su categoría, haciéndose responsable de la veracidad de los datos consignados".
- Fecha de expedición y sello del proveedor.

La casa suministradora garantizará que el producto corresponde a las características que se señalan en la etiqueta.

3.2.6. Lotes.

Las plantas certificadas procedentes del vivero se adquieren en lotes homogéneos. Si, durante el embalaje, almacenamiento, transporte o entrega, se juntan o mezclan plantas de vivero de distintas procedencias el proveedor hará constar la composición del lote y la procedencia de sus distintos componentes. Se evitará en la medida de lo posible este tipo de situaciones.

3.2.7. Obligaciones del vivero.

El vivero tomará las medidas necesarias para garantizar el cumplimiento de las normas fijadas en el Reglamento Técnico de Control y Certificación de Plantas de Vivero de Frutales en todas las etapas de la producción y de la comercialización. Dicho proveedor está obligado a reponer los plantones que no estén en buen estado.

3.3. Plantación.

3.3.1. Momento de aplicación.

La disposición de la plantación, densidad y marco de plantación se realiza de acuerdo con las descripciones efectuadas en el *Anejo III Establecimiento de la plantación*.

3.3.2. Proceso de plantación.

La plantación se realiza siguiendo rigurosamente lo indicado en el apartado de plantación del *Anejo III. Establecimiento de la plantación*, y según el orden establecido en la ejecución y puesta en marcha del proyecto.

3.3.3. Labores previas.

Las labores previas a la plantación se realizan conforme al orden en que se describen en el *Anejo III: Establecimiento de la plantación*, teniendo en cuenta las labores que son contratadas, y el origen del abonado.

3.3.4. Momento de plantación.

La plantación se realiza siguiendo las normas, orden y tiempos que se marcan en el *Anejo III: Establecimiento de la plantación*.

3.3.5. Reposición de marras.

En el mismo año en que se lleva a cabo la plantación, se procede a la revisión de la plantación, realizando la reposición de marras, y realizando las posibles correcciones de estas, así como la revisión sanitaria de los plantones, tutores y entutorado.

3.4. Prácticas culturales.

3.4.1. Calendario de labores.

La recolección, poda, fertilización, manejo de suelo, tratamientos fitosanitarios y riego, es decir, todas y cada una de las prácticas que se lleven a cabo en la explotación, según lo indicado en cada uno de los Anejos y Memoria, deben de cumplir las fechas de inicio y finalización.

El encargado de la plantación puede contratar personal eventual en horas extras, si fuese necesario, para cumplir las normas que se indican en el *Anejo VI: Prácticas Culturales*.

El encargado de la plantación puede realizar cambios en las labores, siempre y cuando haya una causa que los justifique y no afecte a lo redactado en el *Documento n°1: Memoria y Anejos*.

3.5. Poda.

3.5.1. Normas generales.

El sistema de formación elegido se realiza conforme a lo establecido, siguiendo los pasos y fechas descritos en el *Anejo VI. Prácticas culturales* en el apartado de poda, teniendo especial cuidado con la formación del árbol. Cuando, a juicio del encargado, exista una causa que justifique una variación en los plazos de realización de estas operaciones, esta debe consultarse previamente a la Dirección Técnica.

3.5.2. Mano de obra.

Durante el primer año la poda se realiza por dos peones, dirigida por el técnico responsable. En los años sucesivos se contrata a un peón cualificado en esta tarea, la persona debe ser propias de la zona y conocedoras de la poda.

3.5.3. Mantenimiento.

El equipo utilizado en la poda debe ser cuidado, mantenido y desinfectado en una solución anti criptogámica para evitar enfermedades.

3.5.4. Restos de poda.

Se dejan en la parcela una vez triturados de inmediato, nunca se dejan en la parcela la madera vieja para evitar los ataques por barrenillo.

3.6. Fertilización.

3.6.1. Normas generales.

Los abonos que se utilicen en la explotación deberán ajustarse a la normativa vigente relativa a la pureza y a la composición de estos.

- Real Decreto 999/2017, de 24 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. En la que se incluyen en esta definición los abonos, los productos especiales y las enmiendas.

3.6.2. Abonado.

El abonado de mantenimiento se realizará incorporando el abono al agua de riego, mediante fertirrigación y por aplicación foliar, según se indica en el *Anejo VI. Prácticas Culturales*, en el apartado de fertilización.

3.6.3. Composición y riqueza de los fertilizantes.

La riqueza de los fertilizantes debe venir expresada como N, para el nitrógeno, P₂O₅ para el fósforo y K₂O para el potasio. Los abonos de gran higroscopicidad vendrán en envases especiales, y no se abrirán hasta el momento del empleo.

3.6.4. Envasado y etiquetado.

Todos los abonos envasados o transportados en camiones cisterna deben llevar en la etiqueta de la factura, expresado el porcentaje de riqueza de cada elemento fertilizante, la denominación y clase de abono, el peso neto y la dirección del fabricante o comerciante que los elabore o manipule. Los envases y camiones cisterna deben de ir precintados.

3.6.5. Peticiones.

El encargado pedirá las partidas de abonos, así como de programar la fertirrigación conforme a lo expuesto en el *Anejo VI. Prácticas Culturales*, pero siempre con la supervisión del técnico responsable.

3.6.6. Recepción de abonos.

Todos los abonos se compran envasados. Los envases deben ir precintados.

3.6.7. Manejo y aplicación.

Se usan los fertilizantes escogidos en el apartado de fertilización, *Anejo VI. Prácticas culturales*. Las mezclas y distribuciones de abono se hacen bajo las recomendaciones técnicas, ajustándose siempre a los criterios de incompatibilidad de los diferentes abonos a emplear y cumpliendo las normas de manipulación de productos fitosanitarios, así como las normas de prevención de riesgos laborales.

Si al realizar nuevos análisis de suelo, agua y foliares, indicasen una variación de los elementos nutritivos, el técnico puede rectificar el abonado. Hay que recordar que en el *Anejo VI. Prácticas culturales* se indica una programación orientativa, por tanto, el técnico debe cada año elaborar un plan de abonado.

3.6.8. Transporte.

El transporte desde el distribuidor a la explotación se realiza siguiendo las normas básicas de protección y cuidados en su transporte, reguladas por la normativa.

3.6.9. Almacenamiento y conservación.

Los fertilizantes se almacenan de forma que se conserven intactas sus propiedades. Se guardan en los tanques de la caseta libres de humedad, en el caso, de que la utilización no sea inmediata son guardados en la nave del propietario donde se aloja la maquinaria.

3.6.10. Facturas.

Deben figurar en la factura el peso total de la partida, el número y la clase de envase y, firma de conformidad por ambas partes. Se acompaña el albarán de entrega del producto firmado por el responsable de la recepción.

3.7. Productos fitosanitarios.

3.7.1. Normativa general.

Los productos fitosanitarios que se utilizan en la explotación deben ajustarse a las normativas vigentes, debiendo estar inscritos en el Registro Oficial de Productos Fitosanitarios Regulado por el Ministerio.

Los productos fitosanitarios que se empleen en la explotación deben cumplir la normativa vigente, según el Real Decreto 3349/1983 de noviembre y órdenes ministeriales del 1 de abril de 1976 y 7 de octubre de 1976.

El encargado de la explotación debe estar, al menos, en posesión del carné de manipulador de productos fitosanitarios nivel básico.

3.7.2. Condiciones de envasado y etiquetado.

Los productos envasados deben estar precintados y etiquetados según el modelo oficial en el que constan el número de registro del producto y la composición química, así como la riqueza de la materia activa.

El etiquetado es indeleble y legible, con la indicación del fabricante (productor, importador, envasador), los productos clasificados como peligrosos deben ir indicados (frases de riesgo [R] y frases de seguridad [S], requeridos conforme al RD 255/2003), y tendrán a disposición la ficha técnica de seguridad.

El embalaje debe evitar roturas en su manejo.

3.7.3. Tipo de producto y envasado.

Ante la incertidumbre del momento de prever las plagas o enfermedades que afecten al cultivo, el encargado de la explotación debe basarse en las indicaciones del Técnico responsable de la explotación, el cual debe indicar los productos a usar y dosis en cada caso, y determinar sus normas de utilización.

3.7.4. Manejo.

El encargado realiza la aplicación de los productos fitosanitarios por medio del atomizador. El conductor debe ir con el equipo de protección, compuesto por una máscara, traje y guantes, siempre y cuando la dirección técnica o el fabricante del producto así lo indiquen.

3.7.5. Almacenamiento.

Los productos fitosanitarios se guardan en la nave almacén, bien cerrados y en sus envases, siendo controlado su uso y llevando un riguroso control de las cantidades utilizadas. El encargado realiza las tareas con ayuda de peones si es necesario.

3.7.6. Mezcla.

El uso y mezcla de productos fitosanitarios se hace bajo asesoramiento técnico.

3.7.7. Aplicación.

El encargado de la explotación no usa nuevos productos fitosanitarios, ni varía la dosis, sin consultar previamente al técnico responsable, el cual debe determinar por escrito las normas de utilización de estos. Los tratamientos fitosanitarios se dan en la época y forma en que se explica en los cuadros de cultivo y a la dosis estrictamente indicada.

3.7.8. Limpieza.

Después de cada tratamiento fitosanitario, el encargado realiza la limpieza del equipo de tratamientos, para evitar la mezcla de estos.

3.7.9. Seguridad y productos tóxicos.

En caso de utilizar productos peligrosos, se adoptan las medidas que se reflejan en el apartado 3.7.2., en caso de afección o intoxicación se siguen las indicaciones que aparezcan en la etiqueta del producto usado.

En los tratamientos previos a la recolección se tienen en cuenta los plazos de seguridad que estipula el fabricante y se cumplen estrictamente.

Se instala un botiquín de urgencia en la caseta según las normas del ministerio de sanidad y seguridad social, en el que figuren visiblemente las pautas a seguir en caso de intoxicación.

En el caso de utilizar productos peligrosos, se adoptan medidas estrictas de seguridad para el personal que los maneje, LEY 43/2002, de 20 de noviembre, de sanidad vegetal. (B.O.E 279, de 21 de noviembre de 2002).

3.7.10. Fraude.

En caso de duda sobre la autenticidad de los productos o de sus etiquetas, se realizan los análisis oportunos en la delegación de agricultura, o bien en el servicio de defensa contra fraudes del Ministerio de Agricultura.

3.8. Riego.

3.8.1. Calendario y dosis de riego.

Los calendarios de riego propuestos son indicativos y en ningún caso deben imponerse, por tanto, se pueden realizar los cambios oportunos en el calendario y la dosis, en función de las condiciones agroclimáticas de cada año. Se deja a criterio técnico responsable las oportunas modificaciones.

3.8.2. Revisiones del sistema de riego.

El técnico de la instalación instruirá al encargado el manejo y mantenimiento del sistema de riego, ya que será el responsable de su mantenimiento y funcionamiento.

3.8.3. Reparaciones y mantenimiento.

En caso de avería en el sistema de riego se contacta con un técnico. El encargado llamará lo antes posible al técnico para que la avería suponga el mínimo trastorno posible en el calendario de riego.

Para asegurar su conservación, el encargado del riego procede periódicamente al engrase y limpieza de las piezas del cabezal de riego.

Se tendrá en la finca los recambios de aquellas piezas que se estropeen con más frecuencia, y todas aquellas herramientas necesarias para efectuar reparaciones en el sistema, con el fin de interrumpir al mínimo el riego.

El encargado del mantenimiento realiza la limpieza de las tuberías y depósitos con ácido nítrico, y realiza lavados de arena y anillas de los filtros, así como la limpieza de los goteros obstruidos.

3.9. Recolección.

3.9.1. Normas generales.

Las pautas a seguir en la recolección son las expresadas en el *Anejo VI. Prácticas Culturales*.

3.9.2. Mano de obra.

Se contrata un peón auxiliar y eventual para la recolección, siendo esta una operación supervisada por el encargado. La recolección se lleva a cabo con la maquinaria expuesta en el *Anejo VI. Prácticas culturales*, en el apartado de la recolección.

3.9.3. Época de recolección.

La época de recogida coincide con la fecha de idónea de recolección de la variedad, dentro de un cierto intervalo (octubre-enero). Es responsabilidad del encargado decidir cada año la fecha exacta de su comienzo influenciada por las condiciones climatológicas, retrasando o adelantando el inicio de la misma.

3.9.4. Supervisión y limpieza.

Se realiza la recolección con material desinfectado, para evitar infecciones.

3.10. Maquinaria y equipos.

3.10.1. Normas generales.

La maquinaria de la explotación solo es utilizada por manos expertas y en los trabajos para los cuales fueron adquiridas y diseñadas.

3.10.2. Mantenimiento y conservación.

El encargado cumple con las normas que figuren en los libros de instrucciones de la maquinaria, en especial el engrase, ajuste y conservación de los diferentes elementos.

Todos los residuos de la maquinaria (aceites utilizados, ruedas gastadas, piezas...) serán depositados en contenedores especiales o lugares habilitados para ello.

Después de cada operación serán perfectamente limpiados.

3.10.3. Almacenamiento.

La maquinaria permanece en la nave siempre que no se esté utilizando, evitando con ello su deterioro por exposición a la intemperie.

3.10.4. Averías.

Las averías que se produzcan en la maquinaria durante su uso en la explotación son incumbencia del propietario y los gastos de reparación corren por su cuenta.

3.10.5. Seguridad del personal.

Respecto al uso de maquinaria, el conductor debe trabajar en las condiciones de máxima seguridad. Se tendrá una especial atención en las uniones de los brazos con la toma de fuerza.

3.10.6. Reglamentación.

Los tractores deben estar inscritos en el registro oficial de maquinaria agraria del ministerio de agricultura (ROMA) cumpliendo con los requisitos de dicha inscripción.

3.11. Materiales de la instalación de riego.

3.11.1. Tuberías de PVC.

Las tuberías de PVC tienen las características descritas en el *Anejo V: Riego*.

Las uniones para las tuberías de PVC se efectúan mediante juntas de goma, de forma que evite cualquier tipo de pérdida de presión. Los materiales y piezas de PVC habrán de cumplir específicamente la Norma UNE-53112, en lo que se refiere a las presiones de trabajo, diámetro y demás características. En todos los casos las presiones de trabajo a 20°C son de 6 atm.

Certificado de calidad AENOR, ya que incrementa el nivel de confianza del producto, garantizando el cumplimiento con todos los requisitos legales que implica el marcado CE.

Así mismo se rechazan aquellas tuberías que presenten irregularidades en su superficie o se aparten de las medidas dadas por el fabricante.

3.11.2. Piezas de conexión.

La Dirección Facultativa puede utilizar piezas de conexión no detalladas en el presupuesto y en los planos si así lo considera.

Las piezas especiales y juntas de tubos resistirán los esfuerzos de cobertura o empuje exterior, consecuencia de la presión máxima interior y del esfuerzo dinámico debido a la velocidad del agua. Las tes, cruces y otras piezas serán de PVC capaces de resistir la presión y esfuerzos anteriormente citados. Así se garantiza el buen funcionamiento de la red de riego.

3.11.3. Válvula de compuerta y electroválvula.

La válvula de compuerta, las electroválvulas y demás elementos son de construcción simple y robusta, fáciles de montar y usar. El cierre debe ser progresivo para evitar que se den golpes de ariete.

3.11.4. Otras válvulas.

Las válvulas a instalar en las tuberías consiguen el cierre absoluto del paso del agua por las conducciones. El cierre debe ser progresivo para evitar que un cierre brusco provoque golpes de ariete. Deberán ser de larga duración.

3.11.5. Cabezal de riego, equipo de filtración e inyección.

El equipo de filtrado e inyección, el equipo de bombeo, accesorios de todo el conjunto de la instalación, según las características especificadas en los planos y en el *Anejo V. Riego*, así como cada elemento que integran las máquinas e instalaciones serán controlados por el Ingeniero director. El contratista se responsabilizará del suministro, del montaje y comprobación del correcto funcionamiento de la instalación completa.

3.11.6. Instalación de tuberías.

Las tuberías principales y secundarias van enterradas, teniendo especial cuidado al colocar las conexiones entre la tubería secundaria y los ramales portagoteros. Las conexiones entre tuberías se hacen mediante anillas de goma del diámetro adecuado para las medidas adoptadas y reflejadas en el correspondiente *Anejo V. Riego*, y los planos correspondientes. La tubería terciaria no se enterrará y se colocará una vez realizada la plantación.

Una vez instaladas y colocadas las tuberías, se proceder al relleno de las zanjas en dos etapas:

- Se cubren con una capa de arena y gravilla y se realiza una prueba hidráulica de toda la instalación.
- Se completa el relleno, cubriendo la tubería con arena y gravilla completando el relleno de la zanja con tierra procedente de la excavación realizada no quedando huecos en las proximidades de las piezas.

3.11.7. Goteros.

Se utilizan goteros integrados autocompensantes de 4 L/h, colocados sobre el ramal portagoteros a una separación de 1 m. En el *Anejo V. Riego* se especifica la elección de este.

3.11.8. Comprobación de la instalación.

No se procede al empleo de los materiales sin que antes sean examinados y aceptados en los términos y formas que prescriba el Técnico encargado, salvo lo que se disponga en contrario para casos determinados en el presente Pliego. Las pruebas y ensayos prescritos en este Pliego se llevan a cabo por el Técnico encargado o agente en quien al efecto delegue.

Se realizará una comprobación de toda la instalación de manera global, de tal manera, que cada componente funcione y esté instalado correctamente.

3.11.9. Limpieza de las conducciones.

Después de cada campaña de riego se limpian las tuberías dejando correr el agua. Todos los años, antes de comenzar la campana de riego, se procede al limpiado de las tuberías comprobando que no existen problemas de obstrucción en goteros, dejando correr el agua, utilizando un producto detergente que no sea corrosivo para las tuberías.

3.11.10. Manejo del sistema.

Se siguen las directrices expresadas en el *Anejo V. Riego*. El encargado de la explotación puede hacer modificaciones correspondientes por razones climatológicas, siempre y cuando el técnico de su aprobación, y realice un programa para cada año.

3.11.11. Mantenimiento.

Para asegurar la conservación de la instalación, el encargado de la explotación procede periódicamente al engrase de las piezas del cabezal de riego.

3.11.12. Averías.

En caso de avería en el sistema de filtrado e inyección, equipo de bombeo o conducción del agua, u otra incidencia no mencionada en dicho pliego, el encargado de la instalación debe dar parte inmediatamente al técnico responsable para que la avería se repare lo antes posible, en el caso que dicha avería no puede ser solucionada por dicho encargado.

3.12. Otras labores.

3.12.1. Otras labores.

Se llevan a cabo todas las descritas y previstas en la *Memoria y Anejo VI. Prácticas culturales*. También todas aquellas no descritas y realizables a criterio del encargado especialista consultadas con el técnico responsable de la explotación.

3.12.2. Cambio de labores.

El encargado de la explotación puede realizar cambios en algunas labores, siempre que estos cambios sean ocasionados por nuevas características producidas en la plantación, y con el consentimiento del técnico de la explotación.

3.13. Ejecución de las obras.

3.13.1. Plan de ejecución de las obras.

El contratista debe redactar un programa de trabajo que someterá a aprobación del técnico encargado y al que debe ajustarse a los tiempo y actividades descritas en los anejos.

3.13.2. Replanteo.

Además de la aprobación del replanteo general, se lleva a cabo por el técnico encargado, o facultativo en quien delegue, los replanteos parciales que exija el curso de las obras, debiendo presenciar estas operaciones el Contratista o su representante, los cuales se harán, cargo de las estacas, señales y referencias que se dejen en el terreno.

El Contratista no comenzará las obras referentes a los replanteos, sin previa autorización del técnico responsable de la explotación.

Las zanjas, deberán ser reconocidas por el ingeniero o facultativo en quien delegue, sin cuya aprobación no podrá rellenar sin la comprobación necesaria de tuberías y demás piezas de la instalación.

3.13.3. Excavaciones.

Las excavaciones se hacen de acuerdo con las alineaciones y rasantes que resulten del replanteo y cumplimiento de las órdenes por escrito del ingeniero encargado. Todo exceso de excavaciones que realice el Contratista deberá rellenarse con terraplén o fabrica, según lo consideré necesario el ingeniero, en la forma que prescriba, no siendo de abono esta operación ni el exceso de volumen excavado. Si se representasen aguas que hubiese necesidad de drenar se podrá en conocimiento de la dirección para que se tomen las medidas pertinentes. Estos trabajos auxiliares de drenaje, si la importancia lo demandase y el técnico encargado de la dirección lo juzgase necesario, serán objeto de presupuestos adicionales.

3.13.4. Ejecución de las tuberías.

La zanja de excavación para la tubería no puede estar abierta a su rasante definitiva más de ocho días antes de la colocación de las tuberías. En caso de hacerse la excavación con anticipación debe dejarse los últimos veinte centímetros de esta para ser ejecutados no antes de los ocho días previos a la colocación de los tubos.

Para el relleno se utilizará primeramente una capa de arena y gravilla de unos 20 cm. sobre la que se colocara la tubería, una vez colocada esta se rellenara con la misma arena y gravilla hasta cubrirla y a continuación, se acaba de rellenar la zanja con la tierra de excavación que presente un aspecto más polvoriento hasta completar el nivel igualando con el terreno adyacente.

Los tubos se unen por juntas tipo junta elástica.

La prueba en zanja de las tuberías se realizará sin tapar las juntas de los tubos, debiendo someterlos a una presión máxima de 1,4 veces la presión de trabajo o nominal.

Para todo lo referente a montaje y pruebas, así como almacenaje y transporte, se realizará según indican las directrices del “Código de instalación y manejo de tubos de PVC para la conducción de agua a presión” (UNE 53.399 IN).

3.13.5. Relleno de las zanjas.

Se llevar a cabo con arena y gravilla de aportación y las tierras procedentes de las excavaciones.

3.13.6. Medición del relleno.

La medición del relleno de zanjas se hace sin descontar el volumen ocupado por la tubería del determinado por las secciones de la zanja.

3.13.7. Instalaciones.

Se colocan las tuberías para las redes e instalaciones con los diámetros y distancias señaladas en el proyecto.

3.13.8. Defectos.

Las deformaciones, grietas, roturas, etc. serán motivo suficiente para ordenar la desinstalación total o parcial, con la consiguiente reinstalación, si lo estima conveniente el ingeniero o técnico encargado. Los gastos corren a cargo del contratista.

3.13.9. Mano de obra.

El contratista debe tener siempre en la obra el número de operarios proporcionado a la extensión y clase de obra que esté ejecutando. Los operarios son de aptitud reconocida y experimentada en sus respectivos oficios y constantemente ha de haber en la obra un encargado apto que vigile a los operarios para que cumplan las órdenes del ingeniero.

3.13.10. Labores mal ejecutadas.

Si a juicio de la Dirección Técnica hubiese alguna parte de la labor mal ejecutada, tendrá la obligación de revisarla cuantas veces sea necesaria hasta que merezca la aprobación de la Dirección Técnica, no teniendo por esta causa derecho a indemnización, ni adicional alguno.

3.13.11. Trabajos no expuestos en el pliego de condiciones.

Es obligación del contratista ejecutar cuanto fuera necesario para la buena construcción y aspecto de las labores, aún cuando no se halle expresamente estipulado en dicho Pliego de Condiciones.

3.13.12. Interpretación, aclaración o modificación de los Documentos del proyecto.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar algún documento del proyecto a indicación del Pliego de Condiciones o bien de los Planos del Proyecto, las órdenes de instrucción correspondientes se comunican previamente y por escrito al Contratista, estando este a su vez obligado a devolver el documento firmado para su confirmación.

3.13.13. Protección.

Corren a cuenta del Contratista los seguros, cargas sociales, etc., que obliga la legislación vigente, haciéndose responsable del cumplimiento de esta obligación.

Todos los trabajos se realizan teniendo en cuenta todas las disposiciones vigentes en materia de seguridad de trabajo, por lo que el Contratista responsable de cuantos accidentes o daños se pudieran ocasionar por el no cumplimiento de estas disposiciones.

4. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA.

4.1. De las obligaciones y derechos generales del contratista.

4.1.1. Residencia.

Es obligación del Contratista o de un representante suyo autorizado residir en un punto cercano a la zona de ejecución de los trabajos y no ausentarse de él sin previo aviso por escrito al director de Obra, junto con la notificación de la persona que lo representará en todas sus funciones durante su ausencia. Esta obligación abarca desde el momento que dan comienzo las obras hasta su recepción definitiva.

Si ocurre que el Contratista o su representante se ausentan sin causa justificada y sin dejar una persona que cumpla sus funciones, las notificaciones se harán al individuo más caracterizado o al de mayor categoría técnica de los empleados de la contrata, sea cual sea su rango, que intervengan en la obra. Si estos tampoco estuviesen presentes, estas notificaciones se depositarán en la residencia oficial de la Contrata.

4.1.2. Oficina en obra.

El Contratista deberá habilitar en la plantación una oficina en la cual exista una mesa para poder extenderse y consultarse los planos. En esta oficina, el Contratista deberá tener, a disposición del director de obra:

- El proyecto de Ejecución completo, incluidos los complementos que puedan redactarse.
- Licencia de Obras.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- El Plan de Seguridad y Salud y su Libro de Incidencias, si lo hay.
- Proyecto de Control de Calidad y su Libro de Registro, si lo hay.
- Reglamento y Ordenanza de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Documentación de los seguros suscritos por el Constructor.
- Deberá de disponer también de una oficina para la Dirección Facultativa, acondicionada para que se pueda trabajar en ella a cualquier hora del día.

4.1.3. Presencia en Plantación.

El contratista, ya sea por él mismo o por medio de sus encargados, estará presente durante la Jornada legal de trabajo y acompañara al Director técnico, en las visitas de obra que haga, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos que sean precisos para la comprobación tanto de las liquidaciones como de las mediciones.

4.1.4. Representación.

El Contratista está obligado a comunicar al director técnico, la persona designada como su delegado en la plantación, el cual será reconocido como encargado de la misma. Este debe tener dedicación plena y facultades para representarle y tener la capacidad en cada momento de adoptar decisiones competentes.

La falta de cualificación por parte del encargado permitirá que el director técnico pueda paralizar las labores sin derecho a reclamación, hasta que se subsane la deficiencia o se cambie de encargado.

4.1.5. Trabajos no Estipulados en el Pliego de Condiciones.

Es obligación del contratista ejecutar cuando sea necesario, determinados Documentos del Proyecto, siempre que lo permita el director técnico, y asegurando una correcta y adecuada actuación.

A este respecto se considera que el Proyecto ha sido reformado toda variación que suponga un incremento de los precios de alguna unidad de obra en más del 20%, o en más del 10% sobre el total de la obra.

4.1.6. Interpretaciones, aclaraciones o modificaciones del proyecto.

El Contratista podrá requerir del director técnico, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

Cuando se trate de interpretar, modificar o aclarar conceptos del Pliego de Condiciones, o incluso indicaciones de los planos, estas modificaciones las debe comunicar por escrito el director de técnico al Contratista, y este estará obligado a firmarlo y devolvérselo al director técnico. Esta firma debe figurar al pie de todas las órdenes, o instrucciones que este reciba del director técnico. El Contratista tiene tres días para realizar cualquier reclamación al director técnico.

4.1.7. Reclamaciones contra órdenes de la Dirección técnica.

Antes de emplear y colocar los distintos tipos de materiales y aparatos empleados en la ejecución, deberán ser examinados y aceptados por el director técnico, de acuerdo a las especificaciones que recoge el presente documento. Para este visto bueno, deberán comprobarse previamente, los ensayos y pruebas de las muestras y modelos necesarios que recogerá el Contratista.

Estos ensayos, pruebas y análisis suponen unos gastos que correrán a cargo del Contratista.

Si los materiales o aparatos no son de la calidad que se requiere, y no se reparan correctamente para que cumplan dicha calidad, el director técnico mandará al

Contratista que los cambie por otros que si cumplan las calidades exigidas en el presente documento y por el director técnico.

4.1.8. Recusaciones.

El Contratista no podrá recusar al director técnico, la vigilancia de la explotación, ni que se designen por parte del director técnico otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

Si se ve perjudicado por la labor de estos facultativos, podrá recurrir, según lo expuesto en el presente documento, pero sin que por ello se pueda perturbar la marcha de los trabajos.

4.1.9. Falta de subordinación al director técnico.

En el caso que se produzca desobediencia, incompetencia o negligencia grave, por parte del Contratista, que perjudiquen el ritmo de los trabajos, el director técnico podrá requerir al Contratista que aparte de la ejecución de la obra a los empleados que causen estas desobediencias, negligencias o incompetencias.

4.1.10. Libro de órdenes.

El contratista debe tener en la oficina de la obra el Libro de Ordenes, en el cual se deberán anotar las órdenes que el director técnico dé durante la ejecución de la obra.

El Contratista tendrá la obligación de cumplir, tanto lo dispuesto en el presente documento como las órdenes que aparecen en este libro.

4.2. De las prescripciones generales relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares.

4.2.1. Caminos y accesos.

El contratista deberá disponer por su cuenta los accesos a la obra, el cerramiento o vallado provisional de esta durante la ejecución del proyecto. El director de Obra podrá exigir que se realicen mejoras o modificaciones en estos caminos o accesos, cuando él lo considere necesario.

4.2.2. Comienzo, ritmo y órdenes del trabajo.

Es obligación del Contratista, informar por escrito al director técnico, del comienzo del proyecto, en un plazo máximo de 24 horas desde su comienzo.

El Contratista deberá comenzar el proyecto en el plazo de 15 días desde la fecha de adjudicación. Este estará obligado además a cumplir lo establecido en el

Reglamento Oficial de Trabajo, en cuanto a ritmo y orden de los trabajos, manteniendo informado al director técnico de esto.

4.2.3. Prórroga por imprevistos.

En el caso de que, por causa de fuerza mayor, y con independencia de la voluntad del Contratista, este no puede dar comienzo a las labores o se ve obligado a interrumpirlas, y no puede terminarlas en el plazo fijado, se le dará una prórroga para que cumpla la contrata. Para que se le pueda dar esta prórroga, se necesita un informe favorable del director técnico. Para conseguir este informe, el Contratista deberá exponer por escrito las causas que impiden la ejecución de los trabajos y por tanto el retraso en los plazos pactados, razonándolo debidamente.

4.2.4. Responsabilidades del director técnico en el retraso.

En el caso de que el Contratista hubiese solicitado por escrito las carencias de planos o de órdenes del director técnico, como justificación para el retraso en la ejecución de las labores, y no se le hubiese proporcionado lo que pedía, tendrá excusa para el incumplimiento de los plazos de obra estipulados.

4.2.5. Replanteo.

El comienzo de las labores por parte del Contratista comienza con el replanteo sobre el terreno, señalando las referencias que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Estos trabajos de replanteo son a cargo del Contratista, el cual deberá someter el replanteo a la aprobación del director técnico. Una vez conseguido el visto bueno del director técnico, deberá preparar un acta de conformidad, acompañada por un plano. La omisión de este trámite será responsabilidad del Contratista.

4.2.6. Condiciones generales de la ejecución de los trabajos.

Es obligación del Contratista el emplear materiales y mano de obra que cumplan las condiciones exigidas en el Pliego de Condiciones de índole Técnica del presente documento, así como la realización de todos los trabajos que se hayan contratado de acuerdo a dicho documento.

Hasta el momento en que se realiza la recepción definitiva de la obra, el Contratista es el único responsable de la ejecución, así como de las faltas y defectos que se deriven de esta por una mala ejecución o calidad de materiales y aparatos.

No le puede servir de excusa que no le hayan llamado la atención el Director de Obra o sus subalternos, ni tampoco que esos materiales hayan sido valorados positivamente en las certificaciones parciales de la obra.

4.2.7. Obras y vicios ocultos.

Será responsabilidad del director técnico la demolición de cualquier trabajo que crea defectuoso, antes de la recepción definitiva, cuando tenga razones fundadas que le hagan pensar que existen vicios ocultos de ejecución en las labores que se han ejecutado.

El coste que suponga esta demolición y posterior reconstrucción serán a cuenta del Contratista (cuando existan los vicios). Si no existen dichos vicios, los gastos correrán a cuenta del Propietario de la explotación.

4.2.8. Trabajos defectuosos.

Cuando el director técnico o sus subalternos piensen que hay algún vicio oculto o defectos en los trabajos realizados, en los materiales empleados o en los aparatos utilizados, ya sea durante o después de la ejecución de estos, y siempre antes de que se realice la recepción definitiva de la obra, se dispondrá que las partes que tengan defectos sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo expuesto en el presente documento. Los gastos correrán a cuenta del Contratista.

4.2.9. Materiales y aparatos: procedencia, empleo, no utilizables y defectuosos.

Según como se ha citado anteriormente en el presente documento, ningún material ni aparato podrá ser utilizado ni colocado, sin que antes haya sido examinado y aceptado por el director técnico. Estos gastos de los ensayos, análisis y pruebas correrán a cargo del Contratista.

Si estos aparatos y materiales no tienen la calidad requerida, el director técnico, mandará al Contratista que los remplace por otros que cumplan las condiciones expuestas en el presente documento o las expuestas por el director técnica.

4.2.10. Medios auxiliares.

El contratista tendrá la obligación de ejecutar la obra aplicando todos los medios que sean necesarios para que esta sea la correcta según lo estipulado en el presente documento, y en función de las ordenanzas de director técnico, siempre ciñéndose al presupuesto para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

Correrán por cuenta del Contratista los medios auxiliares que se necesiten para la correcta ejecución de la obra. En este aspecto cabe destacar que corre por cuenta del contratista cualquier tipo de accidente que pueda ocurrir por insuficiencia de dichos medios auxiliares en la obra.

Además, también correrá por cuenta del Contratista todos aquellos medios auxiliares tanto de protección como de señalización de la obra (vallado, señales

de tráfico y luminosas, protección provisional, así como todas aquellas que sean necesarias, según la legislación vigente para evitar accidentes en la ejecución de la obra).

4.3. De la recepción.

4.3.1. Recepciones provisionales.

En el momento en el que se realiza la recepción provisional deberán estar presentes tanto el Propietario, como el director técnico y el Contratista (o su representante autorizado).

Cuando la plantación se encuentren un estado adecuado y hayan sido ejecutadas de acuerdo a las condiciones establecidas tanto en el presente documento como por el director técnico, se darán por recibidas provisionalmente, cantándose a partir de ese día el plazo de garantía (15 días).

Si la plantación no está en buenas condiciones para realizar la recepción, se deberá especificar en el acta las instrucciones detalladas (por el director técnico), que deberá seguir el contratista para poder remediar esos efectos observados, teniendo para ello un plazo fijado. Una vez transcurrido dicho tiempo se realizará otro reconocimiento en idénticas condiciones para realizar la recepción provisional de la plantación.

Una vez realizado el reconocimiento, si la plantación se encuentra en las condiciones que especifica el presente documento, se levanta un acta (duplicada) que se acompaña con los documentos que justifiquen la liquidación final. Se quedan un Acta el Contratista y otra la Propiedad.

4.3.2. Plazo de garantía.

El plazo de garantía será de 15 días desde la fecha de la recepción provisional. En el transcurso de esta garantía, será el contratista el que se ocupará de las reparaciones y desperfectos que se puedan imputar a vicios ocultos o defectos de las labores.

4.3.3. Conservación de los trabajos recibidos provisionalmente.

En el caso de que el contratista no realice la conservación precisa durante el plazo de garantía, el Propietario podrá establecer todo lo que precise en cuanto a guardería (cuando la plantación no está ocupada), limpieza y conservación de las obras, cuyos gastos correrán a cuenta del Contratista.

En el momento en el que el Contratista abandone la plantación, esta deberá quedar desocupada en el plazo que fije el director técnico.

Una vez realizada la recepción provisional de la plantación, en esta no deberán quedar otros útiles, materiales, herramientas, etc. que los necesarios para realizar la limpieza, guardería y conservación de la plantación.

4.3.4. Recepción final.

Una vez pasado el año desde la recepción parcial (plazo de garantía), se realiza la liquidación fijada, la cual incluye el importe de las unidades de obra que se hayan ejecutado, así como las que constituyen modificaciones del Proyecto, siempre que hayan sido previamente aprobadas por el director técnico.

El contratista no tendrá derecho a formular declaraciones por aumentos de obra que no estén autorizados por escrito en la Entidad propietaria con el visto bueno del director técnico.

4.3.5. Liquidación en caso de rescisión.

Se realizará a través de un contrato liquidatorio, el cual se redactará de acuerdo con ambas partes. Este contrato debe incluir el importe de las unidades de obra que se hayan realizado hasta la fecha en que se produzca dicha rescisión.

4.4. Facultades del director técnico.

4.4.1. Facultades del director técnico.

Son misiones del director técnico, además de todas las facultades particulares expresadas en los artículos del presente documento, la dirección y vigilancia de los trabajos que se realicen en la plantación ya sea por sí mismo o por medio de un representante con autoridad técnica legal. Estas facultades deberán realizarlas sobre las personas y cosas que se sitúen en la plantación y en relación a los trabajos que para la ejecución de las labores se lleven a cabo, teniendo incluso la capacidad de recusar al Contratista si se considera que el adoptar esta resolución es útil y necesaria para que la obra se realice correctamente.

5. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA.

5.1. Base fundamental.

La base fundamental del Pliego de Condiciones de Índole Económica es que el Contratista tiene derecho a cobrar lo que haya ejecutado realmente, siempre que se haya atendido a lo estipulado en el Proyecto.

5.2. De las garantías de cumplimiento y fianzas.

5.2.1. Garantías.

Es capacidad del director técnico, exigir al Contratista la presentación de referencias bancarias como de otras entidades o personas, con el objetivo de asegurarse de que este cumple los requisitos necesarios para el cumplimiento del contrato. Es común que estas referencias las presente el Contratista con anterioridad a la firma del Contrato como requisito para realizar éste.

5.2.2. Fianzas provisional y definitiva.

Se permite la posibilidad de exigir al Contratista una fianza del 10 % del precio del presupuesto del proyecto, del cual se le adjudica la obra para asegurarse del cumplimiento del contrato por parte de éste.

5.2.3. Ejecución de los trabajos con carga a la fianza.

El director técnico tiene la capacidad de utilizar la fianza pagada por el Contratista para pagar la realización de los trabajos precisos para utilizar la obra en las condiciones contratadas por parte de terceras empresas o por la Administración en el caso de que el Contratista se negase a hacer por su cuenta dichos trabajos. En el caso de que el importe de esta fianza no sea suficiente para pagar los gastos, podrá realizar acciones legales contra el Contratista.

5.2.4. Devolución de la fianza.

En el caso de no utilizar el dinero de la fianza, o parte de él, este será devuelto al Contratista en un plazo máximo de 8 días desde la firma del acta de recepción definitiva. Para que sea devuelta la fianza es necesario también que el Alcalde de el Municipio en el que se localiza el proyecto (Caravaca de la Cruz en este caso) acredite que no existe ninguna reclamación por parte del ayuntamiento por danos y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de los jornales o materiales, así como tampoco por indemnizaciones que se deriven de accidentes que hayan ocurrido en el transcurso del trabajo en la obra.

5.3. De los precios.

5.3.1. Composición de los precios unitarios.

Los precios unitarios se componen de la suma de los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

5.3.2. Ejecución material.

Se considera Precio de ejecución material al resultado obtenido por la suma de los costes directos e indirectos y gastos generales.

5.3.3. Contrata.

Se refiere este punto a cuando los trabajos a realizar se contratan a riesgo y ventura. En este caso se entiende por Precio de Contrata el precio de ejecución

material, más el % sobre este último precio en concepto de Beneficio Industrial del Contratista. Este % está estimado en un 6% salvo que en el presente documento se establezca otro porcentaje diferente.

5.3.4. Precios contradictorios.

Ante la necesidad de fijar un precio nuevo, este se estudiará y se convendrá contradictoriamente de la siguiente forma:

- Tanto Contratista como director técnico fijarán por escrito y firmado el precio que debe aplicarse a la nueva unidad según su entender. En el caso que estos precios coincidan o exista una diferencia mínima la cual se puede salvar por acuerdo entre las partes, el director técnico formulará un Acta de Avenencia, quedando así el precio formalizado.
- En el caso que no sea posible hacer que coincidan los precios, el técnico propone a la Propiedad que adopte la resolución que él considere conveniente. Esta resolución puede ser aprobar el precio del Contratista o segregar la obra y esta parte ser ejecutada por la administración o por otro Contratista.
- La fijación de dicho precio contradictorio prevalecerá al comienzo de la unidad nueva. En el caso de que esta ya haya comenzado, el Contratista deberá aceptar el precio que fije el director técnico.

5.3.5. Aumento de precios.

Para poder reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro de precios del correspondiente proyecto, el Contratista deberá haber hecho las reclamaciones u observaciones oportunas antes de la firma del contrato.

Tampoco se le admitirán las reclamaciones que se fundamenten en indicaciones que sobre las obras aparezcan en la memoria del Proyecto, ya que este documento no tiene carácter contractual. Las equivocaciones materiales o errores aritméticos que se produzcan en las unidades de obra o en el importe de estas se corregirán en cualquier momento que se observen y no tendrán efectos en cuanto a la rescisión del Contrato. Las equivocaciones materiales no alterarán la oferta hecha por la Contrata, con respecto al importe del presupuesto que servirá de base a la misma, ya que se fijará siempre por la relación de las cifras de dicho presupuesto antes de las correcciones y la cantidad ofertada.

5.3.6. Formas de medir y aplicar precios.

Bajo ninguna circunstancia podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto a la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas. En este aspecto se deberá ceñir a lo expuesto en el presente documento, y más en concreto a los Pliegos de condiciones de Índole Técnica, tanto generales como particulares.

5.3.7. Revisión de precios contratados.

La forma de contratar la ejecución de las obras es a riesgo y ventura, por lo que no se admitirá revisión de los precios, siempre y cuando el incremento no alcance, en el sumatorio de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el calendario, un montante superior al 3% de importe total del presupuesto que se haya contratado.

Si se da la circunstancia de que se producen variaciones en alza superiores al porcentaje citado anteriormente, se precederá a efectuar la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el presente documento, percibiendo el Contratista la diferencia que resulte por la variación del I.P.C. superior al 3%. En las unidades que se puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta, no habrá revisión de precios.

5.3.8. Acopio de materiales

La propiedad ordenará por escrito al Contratista los materiales y aparatos que debe acopiar para la ejecución de la obra, y este estará obligado a realizar tal acopio. Estos materiales acopiados y abonados por el Propietario, serán de su propiedad, y el Contratista será el encargado de su conservación.

5.3.9. Elementos comprendidos en el presupuesto.

Los precios de las diferentes unidades de obra en el Presupuesto, se ha tenido en cuenta los medios auxiliares, así como toda suerte de indemnizaciones, impuestos, multas o pagos que tengan que hacerse por cualquier concepto, con lo que se hallen gravados o se graven los materiales o las obras. No se abonará al Contratista cantidad alguna por dichos conceptos. En el precio de cada unidad también van comprendidos los materiales accesorios y operaciones necesarias para dejar la obra completamente terminada.

5.4. Valoración y abono de los trabajos.

5.4.1. Abono de obras ya ejecutadas.

Se abonarán al Contratista las obras ejecutadas con arreglo a las normas del Proyecto aprobado.

5.4.2. Obras de mejora.

Si por alguna disposición superior se produjera alguna reforma en las obras sin aumentar la cantidad total del Presupuesto, el Contratista queda obligado a ejecutarla con la baja proporcional al adjudicarse la subasta.

5.4.3. Obras calculadas por partidas alzadas.

Las partidas alzadas consignadas en el Presupuesto se abonarán al Contratista cuando estén totalmente terminadas, con arreglo a lo expuesto en el presente Pliego.

5.4.4. Honorarios por dirección de obra.

Serán por cuenta del Contratista y su importe será el tanto por ciento correspondiente a las tarifas de honorarios del Instituto de Ingenieros Civiles de España.

5.4.5. Liquidaciones parciales por carácter provisional.

La obra ejecutada se abonará por certificaciones de liquidaciones parciales. Estas certificaciones tendrán carácter de documentos provisionales como pagos a cuenta, sin que suponga la aceptación de mediciones ni precios, sujetos a las mediciones y variaciones de la liquidación final.

5.4.6. Liquidación definitiva.

Terminadas las obras, se procederá a la liquidación final, que incluirá el importe de las unidades de obra realizadas y las que constituyen modificaciones del Proyecto, siempre y cuando estas hayan sido previamente aprobadas con sus precios por la Dirección Técnica.

5.5. Indemnizaciones mutuas.

5.5.1. Sanciones por retraso de las obras.

Si el Constructor, excluyendo los casos de fuerza mayor, no tuviese perfectamente concluidas las obras y en disposición de inmediata utilización, dentro del plazo previsto en el artículo correspondiente, la propiedad podrá reducir de las liquidaciones, fianzas o emolumentos de todas clases que tuviese en su poder las cantidades establecidas según las cláusulas del contrato privado entre Propiedad y Contrata.

5.5.2. Indemnizaciones por retraso de la entrega.

El importe de la indemnización que debe abonar el contratista por causa de retrasos no justificado en el plazo de terminación de las obras contratadas, será una cantidad fijada por día de retraso, cantidad que quedará expresada por las partes contratantes antes de la firma del contrato, pero que no será inferior a la correspondiente al (5%) de las sumas totales desembolsadas por el propietario.

5.5.3. Indemnización por daños de causa mayor.

El contratista no tendrá derecho a indemnización si los perjuicios son ocasionados por causa que no sean de fuerza mayor:

- Incendios causados por electricidad
- Daños producidos por terremotos o vientos huracanados
- Los destrozos ocasionados violentamente

La indemnización se referirá exclusivamente al abono de las unidades de obra ya ejecutadas a, materiales acopiados a pie de obra; en ningún caso comprenderá medios auxiliares, maquinaria e instalaciones, etc., propiedad de la contrata.

5.5.4. Renuncias.

El contratista renuncia a la indemnización por el aumento que pudieran sufrir los materiales o jornales especificados en los diversos documentos de este proyecto.

6. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL.

6.1. Jurisdicción.

Para cuantas cuestiones, litigios o diferencias pudieran surgir durante o después de los trabajos, las partes se someterán a juicio de amigables componentes nombrados en número igual por ellas y presidido por el director de obra y, en ultimo termino, a los Tribunales de justicia del lugar en que radique la Propiedad, con expresa renuncia del fuero domiciliario.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el Contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

El Contratista se obliga a lo establecido en la Ley de Contratos de Trabajos, lo dispuesto por Accidentes de Trabajo, Subsidio Familiar y Seguros Sociales.

Será de encargo y cuenta del Contratista el vallado y vigilando que, por los propietarios de las fincas contiguas si las hubiese, no se realicen durante las obras actos que merme o modifiquen la propiedad.

Toda observación referente será informada al director de obra.

6.2. Accidentes de trabajo y daños a terceros.

En caso de accidentes ocurridos en los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos en legislación vigente y, siendo en todo caso, único responsable de su cumplimiento y sin que, por ningún concepto, pueda quedar afectada la Propiedad por responsabilidades en cualquier aspecto. El Contratista está obligado a adoptar las medidas de

seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan para evitar, en lo posible, accidentes a los peones en todos los lugares peligrosos de la obra.

De los accidentes o perjuicios que se generen por no cumplir el Contratista lo legislado éste será el único responsable o sus representantes en la obra.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido. Será, por tanto, de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda en las operaciones de ejecución de las obras.

6.3. Pago de árbitros.

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras correrá a cargo de la Contrata, siempre que en las condiciones particulares del Proyecto no se estipule lo contrario. No obstante, el Contratista deberá ser reintegrado del importe de todos aquellos conceptos que el Ingeniero Director considere justo hacerlo.

6.4. Causas de rescisión del contrato.

Se consideran causas suficientes de rescisión las que a continuación se señalan:

- La muerte o incapacidad del Contratista.
- La quiebra del Contratista.

En los casos anteriores, si el heredero ofreciera llevar a cabo las obras, bajo las mismas condiciones estipuladas en el Contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquellos derechos a indemnización alguna.

- Las alteraciones del Contrato por las causas siguientes:
 - La modificación del Proyecto que represente alteraciones fundamentales, siempre que la variación del presupuesto de ejecución como consecuencia de estas modificaciones represente en más o en menos del 50% como mínimo, de las unidades del Proyecto modificadas.
 - La modificación de unidades de obra, siempre que estas modificaciones representen variaciones en más o en menos del 50% como mínimo de las Unidades del Proyecto modificadas.
- La suspensión de la obra comenzada y, en todo caso, siempre por causas ajenas a la Contrata, no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de dos meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.

- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido tres meses.
- El no dar comienzo la Contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones del Proyecto.
- El incumplimiento de las condiciones del Contrato, cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de la obra.
- La terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a ésta.
- El abandono de la obra sin causa justificada.
- La mala fe en la ejecución de los trabajos.

Así mismo serán de aplicación los preceptos de la “Ley y Reglamento General de Contratación”, en todos aquellos puntos que no queden suficientemente regulados.

JUNIO DE 2020, MADRID

Fdo: Paula Sánchez García

**DOCUMENTO IV.
MEDICIONES Y
PRESUPUESTO**

ÍNDICE

1. MEDICIONES Y PRESUPUESTO.	- 3 -
CAPÍTULO 1. PREPARACIÓN TERRENO.....	- 3 -
CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN RED DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN.....	- 5 -
CAPÍTULO 3. PLANTACIÓN	- 12 -
CAPÍTULO 4. MAQUINARIA.....	- 15 -
CAPÍTULO 5. SEGURIDAD Y SALUD.	- 17 -
2. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTO.....	- 19 -
CAPÍTULO 1. PREPARACIÓN TERRENO.....	- 19 -
CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN RED DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN.....	- 21 -
CAPÍTULO 3. PLANTACIÓN	- 26 -
CAPÍTULO 4. MAQUINARIA.....	- 27 -
CAPÍTULO 5. SEGURIDAD Y SALUD.	- 28 -
3. RESUMEN DEL PRESUPUESTOS.	- 29 -

1. MEDICIONES Y PRESUPUESTO.

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
---------	----	-------------	----------	---------------------	-------------------

CAPÍTULO 1. PREPARACIÓN TERRENO.

01.01	hr	Pase de subsolador			
		Alquiler de tractor 155 CV + Subsolador de 5 brazos. Dos pases cruzados a una profundidad de 0,60 metros.			
			58,51	49,95	2.922,57
01.02	hr	Enmienda orgánica			
		Alquiler de tractor 155 CV + Carro espaciador del estiércol.			
			4,00	39,95	159,80
01.03	kg	Estiércol			
		109 t de estiércol para enmienda orgánica.			
			109.000,00	0,05	5.450,00

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
01.04	hr	Pase de cultivador			
		Alquiler de tractor 155 CV + Cultivador de 5,4 metros para enterrar enmienda orgánica a una profundidad de 22 cm.	13,64	49,95	681,32
01.05	Ud	Análisis de suelo			
		Solicitud de análisis de suelo a laboratorios especializados.	1,00	68,00	68,00
01.06	hr	Pase de niveladora			
		Alquiler de tractor 155 CV + niveladora suspendida de 3 metros de mano.	48,40	44,95	2.175,58
TOTAL CAPÍTULO 1					11.457,27

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
----------------	-----------	--------------------	-----------------	----------------------------	--------------------------

CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN RED DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN.

02.01	m	Apertura de zanja con retroexcavadora			
		Apertura de zanja en cualquier clase de terreno de 100x40 cm. Incluye tapado de la misma, carga, tapado y transporte a vertedero.			
			2.180,00	4,92	10.725,60
02.02	m	Tubería PVC 160 mm			
		Tubería de PVC con junta elástica de 160 mm de diámetro y 6,8 atmosferas de presión de trabajo. Incluye parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclaje, colocación y prueba de la misma.			
			900,00	7,07	6.353,00
02.03	m	Tubería PVC 75 mm			
		Tubería de PVC con junta elástica de 75 mm de diámetro y 6,8 atmosferas de presión de trabajo. Incluye parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclaje, colocación y prueba de la misma.			
			380,00	4,59	1.744,20

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
02.04	m	Tubería PVC 63 mm			
		Tubería de PVC con junta elástica de 63 mm de diámetro y 6,8 atmosferas de presión de trabajo. Incluye parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclaje, colocación y prueba de la misma.	900,00	3,74	3.366,00
02.05	m	Tubería PVC 25 mm			
		Tubería de PVC con junta elástica de 25 mm de diámetro y 6,8 atmosferas de presión de trabajo. Incluye parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclaje, colocación y prueba de la misma.	62.008,00	0,32	19.842,56
02.06	Ud	Emisores de caudal 4L/h			
		Goteros autocompensantes de caudal 4 l/h para riego por gotero. Incluye colocación.	82793,00	0,06	4.967,58

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
02.07	Ud	Ventosas			
		Ventosas bifuncionales metálica de 2" de latón tipo THORENS con llave de corte, roscada, colocada, incluido p.p. de pequeño material.	4,00	210,898	843,59
02.08	Ud	Llave de desagüe			
		Desagüe para tubería terciaria de PVC, formado por válvula de esfera de PVC de PN 1,0 MPa de 1/4" de diámetro, manguito de subida en PVC de 50 mm de diámetro, PN 0,6 MPa, incluida reducciones, arqueta de tubo de hormigón en masa de 0,5 m de longitud y 0,2 metros de diámetro y 20 cm de espesor de gravilla. Colocado y probado.	7,00	77,94	545,58
02.09	m ³	Arena y gravilla			
		Arena con gravilla de tamaño inferior a 2 cm para relleno de fondos y laterales de zanjas.	218	8,38	1.826,84

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
02.10	Ud	Electroválvula			
		Electroválvula 75 mm. Suinga válvula esfera PVC roscada 75 mm. Llave de paso utilizada en tuberías de POLIETILENO y PVC 75 mm 2 1/2".	3,00	83,95	251,85
		Electroválvula 63 mm. Suinga válvula esfera PVC roscada 63 mm. Llave de paso utilizada en tuberías de POLIETILENO y PVC 63 mm 2 1/2".	5,00	76,95	384,75
02.11	Ud	Piloto regulador de presión			
		Piloto regulador de presión adaptado a válvula hidráulica de 100 mm de diámetro para regulación de presión de trabajo. Colocado y probado.	1,00	37,93	37,93
02.12	Ud	Tanques fertirrigación			
		Depósito de polietileno de 3.000 L.	2,00	894,25	1788,50

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
02.13	Ud	Cabezal filtrado Anillas triple- 3"			
		Cabezal de filtrado triple de diámetro nominal 3". P.N.1,0 MPa de limpieza manual. Conexión embreada, con anillas de polipropileno. Superficie efectiva neta de 1.110 cm2 por filtro. Carcasa de protección plástica, cierre mediante abrazadera de acero inoxidable. Incluye todos los accesorios necesarios, para su instalación.			
			3,00	935,34	2.086,02
02.14	Ud	Equipo de inyección fertilizantes			
		Suministro e instalación de equipo de inyección para fertilización con dos depósitos de 3.000 litros. Bomba inyectora con un caudal máximo de 200 l/h y una potencia de motor de 200W. Valvulería de instalación, llaves de corte, tuberías de PVC con pequeño material incluido conexionado y cableado eléctrico al cuadro G.P. instalado para equipo.			
			1,00	991	991,00
02.15	Ud	Contador volumétrico de fertilizante			
		Suministro y colocación de contador volumétrico para control y medición de fertilizantes, incluido llaves de corte y material de instalación.			
			1,00	60,56	60,56

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
02.16	Ud	Electroválvula fertilización			
		Suministro y colocación de electroválvula inyectora Amiad, incluido p.p. de piezas especiales.			
			1,00	133,31	133,31
02.17	Ud	Contador general			
		Contador de agua Woltman 150 mm diámetro nominal instalado en tubería de entrada de agua con p.p. de entronques y piezas especiales de instalación.			
			1,00	201,35	201,35
02.18	Ud	Bomba NB 50-250/263			
		Bomba de acoplamiento cerrado de aspiración final monoetapa.			
			1,00	9.518,75	9.518,75

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
02.19	Ud	Acometida eléctrica de B.T.			
		Acometida eléctrica desde el punto más cercano hasta la caseta, instalación de B.T. para suministro eléctrico cuadro de bomba y resto de servicios, incluido cuadro de protección y previsión de tomas eléctricas para usos varios e iluminación.	1,00	1.839,85	1.839,85
02.20	Ud	Programador electrónico			
		Equipo de programación de riego y fertirrigación compuesto por central programable, con conexionado a cuadro de protección red de baja y tomas y cableado para electroválvulas.	1,00	165,35	165,35
TOTAL CAPÍTULO 2					67.674,17

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
---------	----	-------------	----------	---------------------	-------------------

CAPÍTULO 3. PLANTACIÓN

03.01	ha	Plantación			
		Trabajos de plantación con tractor 120 CV y máquina plantadora. Incluye tractorista y peón.			
			22,00	90,00	1.980,00
03.02	Ud	Plantón de Arbequina			
			17.055,00	0,70	11.938,5
03.03	Ud	Plantón de Arbosana			
			17.055,00	0,95	16.202,25

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
03.04	Ud	Tutores de caña de bambú			
		Tutores de caña de bambú de 2,5 m, calibre 20-22.			
			32.482,00	0,45	14.616,5
03.05	Ud	Entutorado + Colocación de protectores			
		Colocación de tubos protectores de 60 cm de altura en cada planta para evitar daños de fauna. Incluye costes de los operarios.			
			32.482,00	0,40	12.992,80
03.06	hr	Reposición de marras			
		Apertura de hoyos y colocación de plantones en los lugares en los que sea preciso. Incluye alquiler de ahoyador, precio horario de tractor propio, costes de maquinista y peón.			
			5	58,39	291,95

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
03.07	m ³	Riego de asentamiento			
		Consiste en aplicar 50 L/pie.			
			1624,1	0,33	535,95
TOTAL CAPÍTULO 3					58.557,95

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
---------	----	-------------	----------	---------------------	-------------------

CAPÍTULO 4. MAQUINARIA.

04.01	Ud	Atomizador John Deere M230 2º mano			
		Pulverizador con depósito de 3.000 L. Grupo neumática 90 mm y regulador neumático fijo.	1	5.100,00	5.100,00
04.02	Ud	Barra podadora discos de corte ID PFP.			
		Podadora de discos ID PFP. Discos acoplables a pala cargadora o manipulador telescópico. Aptas para poda lateral o en copas de árboles frutales y podas de mantenimiento en caminos o cercos perimetrales. 2º mano.	1	4.000,00	4.000,00
04.03	Ud	Podadora de bajos de olivar en seto ID PFO			
		Podadora automática de disco, de alto rendimiento para recortar las faldas de olivares y evitar la pérdida de aceituna durante la recolección. 2º mano	1	6.800,00	6.800,00

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
04.04	Ud	Barredora frontal de restos de poda ID ALH			
		Ideadas para desplazar y acordonar las ramas resultantes de la poda en una línea compacta y así facilitar su recogida o triturado, simultáneamente, con un único pase de tractor.	1	4.300,00	4.300,00
04.05	Ud	Tijeras neumáticas			
		Tijeras neumáticas profesionales Zanon Cayman 80	4	105,13	420,52
TOTAL CAPÍTULO 4					20.305,13

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
----------------	-----------	--------------------	-----------------	----------------------------	--------------------------

CAPÍTULO 5. SEGURIDAD Y SALUD.

05.01	Ud	Casco de seguridad			
		Casco de seguridad homologado CE.			
			4,00	3,14	12,56
05.02	Ud	Guantes			
		Par de guantes de lona/serraje tipo americano primera calidad, homologado CE.			
			6,00	2,73	16,38
05.03	Ud	Botas			
		Par de botas de seguridad S2 serraje/lona con puntera y metálicas, homologadas CE.			
			4,00	22,15	88,6

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE TOTAL (€)
05.04	Ud	Cinta de balizamiento			
		Cinta corrida de balizamiento plástica pintada a dos colores roja y blanca.			
			1,00	8,99	8,99
05.05	Ud	Cartel indicativo riesgo			
		Cartel indicativo de riesgo de 0,30x0,30 m. con soporte metálico de hierro galvanizado 80x40x2 mm y 1,3 m de altura, incluido apertura de pozo, hormigonado, colocación y desmontado.			
			1,00	19,47	19,47
TOTAL CAPÍTULO 5					146,00

2. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTO.

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO PARCIAL	IMPORTE TOTAL (€)
CAPÍTULO 1. PREPARACIÓN TERRENO.				
01.01	hr	Pase de subsolador		
	1	Alquiler de tractor 155 CV + Subsolador de 5 brazos	40,00	
	1	Maquinista	8,87	
	1	Pago Seguridad Social	1,08	
				49,95
01.02	hr	Enmienda orgánica		
	1	Alquiler de tractor 155 CV + Carro esparcidor de estiércol	30,00	
	1	Maquinista	8,87	
	1	Pago Seguridad Social	1,08	
				39,95
01.03	kg	Estiércol		
	1	Estiércol	0,05	
				0,05
01.04	hr	Pase de cultivador		
	1	Alquiler de tractor 155 CV + Cultivador 5,4 m	40,00	
	1	Maquinista	8,87	
	1	Pago Seguridad Social	1,08	
				49,95
01.05	hr	Análisis de suelo		
	1	Análisis de suelo	38,00	
				38,00

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO PARCIAL	IMPORTE TOTAL (€)
01.06	hr	Pase de nivelador		
	1	Alquiler de tractor 155 CV + Niveladora	35,00	
	1	Maquinista	8,87	
	1	Pago Seguridad Social	1,08	
				44,95

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO PARCIAL	IMPORTE TOTAL (€)
---------	----	-------------	----------------	-------------------

CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN RED DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN.

02.01	hr	Apertura de zanja con retroexcavadora		
	0,1	Retroexcavadora neumática 75 CV	35,00	3,50
	0,1	Maquinista	8,87	0,89
	0,05	Peón ordinario	7,36	0,37
	0,15	Pago Seguridad Social	1,08	0,16
				4,92
02.02	hr	Tubería PVC 160 mm		
	0,07	Oficial fontanero	14,22	1,00
	0,07	Peón ordinario	7,36	0,52
	0,14	Pago Seguridad Social	1,08	0,15
	ml			
	1	Tubería PVC 160 mm	5,40	
				7,07
02.03	hr	Tubería PVC 75 mm		
	0,07	Oficial fontanero	14,22	1,00
	0,07	Peón ordinario	7,36	0,52
	0,14	Pago Seguridad Social	1,08	0,15
	ml			
	1	Tubería PVC 75 mm	2,92	
				4,59
02.04	hr	Tubería PVC 63 mm		
	0,07	Oficial fontanero	14,22	1,00
	0,07	Peón ordinario	7,36	0,52
	0,14	Pago Seguridad Social	1,08	0,15
	ml			
	1	Tubería PVC 63 mm	2,07	
				3,74

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO PARCIAL	IMPORTE TOTAL (€)
02.05	ml	Tubería PVC 25 mm		
	1	Tubería PVC 25 mm	0,32	0,32
02.06	Ud	Emisores de caudal 4L/h		
	1	Emisores de caudal 4L/h	0,02	
	hr			
	0,006	Peón ordinario	7,36	0,04
				0,06
02.07	Ud	Ventosas		
	1	Ventosas metal 2''	207,95	
	hr			
	0,4	Peón ordinario	7,36	2,94
				210,89
02.08	Hr	Llave de desagüe		
	0,2	Oficial fontanero	14,22	2,84
	0,2	Peón ordinario	7,36	1,47
	0,4	Pago Seguridad Social	1,08	0,43
	Ud			
	1	Llave desagüe	73,20	
				77,94
02.09	m ³	Arena y gravilla		
	1	Suministro de arena y gravilla	8,38	
				8,38
02.10.01	Hr	Electroválvula		
	0,35	Oficial fontanero	14,22	4,98
	0,35	Peón ordinario	7,36	2,58
	0,7	Pago Seguridad Social	1,08	0,76
	Ud			
	1	Electroválvula	75,63	
				83,95

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO PARCIAL	IMPORTE TOTAL (€)
02.10.02	Hr	Electroválvula		
	0,35	Oficial fontanero	14,22	4,98
	0,35	Peón ordinario	7,36	2,58
	0,7	Pago Seguridad Social	1,08	0,76
	Ud			
	1	Electroválvula	68,63	
				76,95
02.11	Hr	Piloto regulador de presión		
	0,15	Oficial fontanero	14,22	2,13
	0,15	Peón ordinario	7,36	1,10
	0,0	Pago Seguridad Social	1,08	0,00
	Ud			
	1	Piloto regulador de presión	34,70	
				37,93
02.12	m ³	Tanques fertirrigación		
	1	Tanques fertirrigación	894,25	
				894,25
02.13	Hr	Cabezal filtrado		
	0,2	Oficial fontanero	14,22	2,84
	0,2	Peón ordinario	7,36	1,47
	0,4	Pago Seguridad Social	1,08	0,43
	Ud			
	1	Cabezal filtrado	930,69	
				935,34
02.14	Ud	Equipo de inyección fertilizantes		
	1	Bombeo de inyección fertilizante	615,20	
	1	Llaves de corte, válvulas y pequeño material	375,80	
				991,00

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO PARCIAL	IMPORTE TOTAL (€)
02.15	Ud	Contador volumétrico de fertilizante		
	1	Contador volumétrico	55,1	
	1	Otros elementos	2,40	
	hr			
	0,2	Oficial fontanero	14,22	2,84
	0,2	Pago Seguridad Social	1,08	0,22
				60,56
02.16	Ud	Electroválvula fertilización		
	1	Electroválvula fertilización	95,15	
	1	Otros elementos	35,10	
	hr			
	0,2	Oficial fontanero	14,22	2,84
	0,2	Pago Seguridad Social	1,08	0,22
				133,31
02.17	Ud	Contador general		
	1	Contador general	125,15	
	1	Otros elementos	60,9	
	hr			
	1	Oficial fontanero	14,22	14,22
	1	Pago Seguridad Social	1,08	1,08
				201,35
02.18	Ud	Bomba NB 50-250/263		
	1	Bomba	9.099,00	
	1	Otros elementos	389,15	
	hr			
	2	Oficial fontanero	14,22	28,44
	2	Pago Seguridad Social	1,08	2,16
				9.518,75

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO PARCIAL	IMPORTE TOTAL (€)
02.19	Ud	Acometida eléctrica de B.T.		
	1	Acometida eléctrica	960,90	
	1	Cuadro general de protección	589,90	
	1	Otros elementos	189,25	
	hr			
	6	Oficial electricista	14,22	85,32
	6	Pago Seguridad Social	1,08	6,48
				1831,85
02.20	Ud	Programador electrónico		
	1	Programador	125,15	
	1	Otros elementos	9,6	
	hr			
	2	Oficial fontanero	14,22	28,44
	2	Pago Seguridad Social	1,08	2,16
				165,35

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO PARCIAL	IMPORTE TOTAL (€)
---------	----	-------------	----------------	-------------------

CAPÍTULO 3. PLANTACIÓN

03.01	ha	Plantación		
	1	Plantación	90,00	90,00
03.02	Ud	Plantón de Arbequina		
	1	Plantón de Arbequina	0,70	0,70
03.03	Ud	Plantón de Arbosana		
	1	Plantón de Arbosana	0,95	0,95
03.04	Ud	Tutores de caña de bambú		
	1	Tutores de caña de bambú	0,84	0,84
03.05	Ud	Entutorado + Colocación de protectores		
	1	Protectores	0,40	0,40
03.06	hr	Reposición de marras		
	1	Apertura de hoyos (Tractor 100 CV + Ahoyador)	40,00	
	1	Maquinista	8,87	
	1	Peón ordinario	7,36	
	2	Pago Seguridad Social	1,08	2,16
				58,39
03.07	m ³	Riego de asentamiento		
	1	Riego de asentamiento	0,33	0,33

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO PARCIAL	IMPORTE TOTAL (€)
---------	----	-------------	----------------	-------------------

CAPÍTULO 4. MAQUINARIA.

04.01	Ud	Atomizador		
	1	Atomizador John Deere M230	7.200,00	
				7.200,00
04.02	Ud	Barra podadora discos de corte		
	1	Barra podadora discos de corte ID PFP.	8.500,00	
				8.500,00
04.03	Ud	Podadora de bajos de olivar en seto		
	1	Podadora de bajos de olivar en seto ID PFO	13.600,00	
				13.600,00
04.04	Ud	Barredora frontal de restos de poda		
	1	Barredora frontal de restos de poda ID ALH	4.300,00	
				4.300,00
04.05	Ud	Tijeras neumáticas		
	1	Tijeras neumáticas	105,13	
				105,13

PARTIDA	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO PARCIAL	IMPORTE TOTAL (€)
---------	----	-------------	----------------	-------------------

CAPÍTULO 5. SEGURIDAD Y SALUD.

05.01	Ud	Casco de seguridad		
	1	Casco de seguridad	3,14	3,14
05.02	Ud	Guantes		
	1	Guantes	2,73	2,73
05.03	Ud	Botas		
	1	Botas	22,15	22,15
05.04	Ud	Cinta de balizamiento		
	1	Cinta de balizamiento	8,90	8,90
05.05	Ud	Cartel indicativo riesgo		
	1	Cartel indicativo riesgo	19,47	19,47

3. RESUMEN DEL PRESUPUESTOS.

RESUMEN DEL PRESUPUESTO	
CAPÍTULO 1. PREPARACIÓN TERRENO.	11.457,27
CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN RED DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN.	67.674,17
CAPÍTULO 3. PLANTACIÓN	58.557,95
CAPÍTULO 4. MAQUINARIA.	20.305,13
CAPÍTULO 5. SEGURIDAD Y SALUD.	146,00
TOTAL, EJECUCIÓN MATERIAL (€)	158.140,52
	21% IVA
	191.350,03

El importe total del presupuesto asciende a la cantidad de **CIENTO CINCUENTA Y OCHO MIL CIENTO CUARENTA EUROS** con **CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS** a este importe se le añade el correspondiente al porcentaje de IVA (21%), ascendiendo hasta **CIENTO NOVENTA Y UN MIL TRESCIENTOS CINCUENTA EUROS** con **TRES CÉNTIMOS**.

JUNIO DE 2020, MADRID

Fdo. Paula Sánchez García