



Universidad
Zaragoza

Proyecto Fin de Carrera

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)

Autor

Javier Lueza Valero

Director/es y/o ponente

Pablo Martín Ramos

**Escuela Politécnica Superior de Huesca
2015**

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

DOCUMENTO 1: MEMORIA

ÍNDICE MEMORIA

1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO.....	1
2. DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN DEL ALMENDRO.....	3
2.1. CICLO DE VIDA.....	3
2.2. CICLO ANUAL.....	3
2.3. ESTADOS FENOLÓGICOS.....	4
2.4. SITUACIÓN DEL ALMENDRO.....	4
3. PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL ALMENDRO.....	5
3.1. CALENDARIO DE TRATAMIENTOS.....	6
4. ESTUDIO CLIMÁTICO.....	8
4.1. ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	8
4.2. TEMPERATURA.....	8
4.3. RÉGIMEN DE HELADAS.....	9
4.3.1. METODO EMBERGER.....	10
4.4. NÚMERO DE HORAS-FRIO.....	11
4.4.1. MÉTODO DE MOTA.....	12
4.4.2. MÉTODO DE WEINBERGER.....	12
4.5. PLUVIOMETRIA.....	12
4.6. HUMEDAD RELATIVA.....	13
4.7. VIENTO.....	13
4.8. NIEVE.....	13
4.9. CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA.....	14
4.9.1. INDICE DE LANG.....	14
4.9.2. INDICE DE MARTONNE.....	14
4.9.3. INDICE DE DANTIN CERECEDA Y REVENGA.....	14
4.9.4. INDICE DE EMBERGER.....	15
4.10. CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS.....	15
4.10.1. CLASIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE PAPADAKIS...	15
4.10.2. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN.....	16
4.10.3. CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA UNESCO-FAO.....	16
4.10.4. DIAGRAMA OMBROTÉRMICO DE GAUSSEN.....	17

4.11. REQUERIMIENTO CLIMÁTICO DEL ALMENDRO.....	18
4.12. CÁLCULO EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA.....	19
4.12.1. MÉTODO DE BLANEY-CRIDDLE.....	19
4.12.2. METODO DE LA RADIACIÓN.....	20
4.12.3. MÉTODO DE PENMAN.....	21
4.12.4. MÉTODO FAO PENMAN MONTEITH.....	22
4.12.5. MÉTODO DE LA CUBETA EVAPORIMÉTRICA.....	23
4.12.6. ELECCIÓN EVAPOTRANSPIRACIÓN REFERENCIA..	23
4.13. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVO.....	24
4.13.1. ELECCIÓN DEL COEFICIENTE DE CULTIVO.....	25
4.13.2. DURACIÓN FASES DEL CULTIVO.....	26
4.13.3. CÁLCULO DE ET _c	27
4.14. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA.....	28
4.15. PRECIPITACIÓN EFECTIVA.....	29
5. ANÁLISIS EDAFOLÓGICO	30
5.1. ANALISIS DE LA MUESTRA.....	30
5.2. TEXTURA.....	31
5.3. Ph.....	31
5.4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	31
5.5. MATERIA ORGÁNICA.....	31
5.6. CARBONATOS.....	31
5.7. FÓSFORO ASIMILABLE.....	31
5.8. POTASIO DE CAMBIO.....	32
5.9. CALIZA ACTIVA.....	32
5.10. CONCLUSIÓN.....	32
6. ANÁLISIS DEL AGUA.....	32
6.1. ph.....	33
6.2. RIESGO DE SALINIZACIÓN.....	33
6.3. CONTENIDO TOTAL DE SALES.....	34
6.4. PRESIÓN OSMÓTICA.....	34
6.5. IONES.....	34
6.5.1. CLORUROS.....	34
6.5.2. NITRATOS.....	34

6.5.3. SULFATOS.....	35
6.5.4. CALCIO.....	35
6.5.5. SODIO.....	35
6.5.6. POTASIO.....	35
6.5.7. MAGNESIO.....	35
6.6. RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO.....	35
6.7. RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO CORREGIDO.....	36
6.8. RELACIÓN DE CALCIO O ÍNDICE DE KELLY.....	36
6.9. RELACIÓN DE SODIO.....	37
6.10. CARBONATO SÓDICO RESIDUAL O ÍNDICE DE EATON.....	37
6.11. COEFICIENTE ALCALIMÉTRICO O ÍNDICE DE SCOTT.....	37
6.12. DUREZA DEL AGUA.....	37
6.13. CLASIFICACIÓN DEL AGUA NORMA DE RIVERSIDE.....	37
6.14. NORMAS DE H. GREENE (FAO).....	38
6.15. NORMAS WILCOX.....	38
6.16. CLASIFICACIÓN SEGÚN PERMEABILIDAD DEL SUELO.....	38
6.17. RIESGO DE OBSTRUCCIONES.....	38
6.18. INDICE DE SATURACION DE LANGELIER.....	38
7. MATERIAL VEGETAL Y DISPOSICIÓN.....	39
7.1. ELECCIÓN DE LA VARIEDAD.....	39
7.1.1. ORIGEN DE LA VARIEDAD.....	41
7.1.2. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS.....	41
7.1.3. CARACTERÍSTICAS COMERCIALES.....	42
7.1.4. COMPOSICIÓN DEL GRANO.....	42
7.2. ELECCIÓN DE PORTAINJERTOS.....	43
7.2.1. TIPOS DE PORTAINJERTO.....	43
7.3. ELECCIÓN MARCO DE PLANTACIÓN.....	43
7.4. ELECCIÓN DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN.....	44
7.5. ELECCIÓN DE LA ORIENTACIÓN.....	45
8. PLANTACIÓN.....	45
8.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	45
8.2. REPLANTEO.....	46
8.3. FECHA DE PLANTACIÓN.....	46

8.4. RECEPCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS PLANTAS.....	46
8.5. MÉTODO DE PLANTACIÓN.....	46
8.6. COLOCACIÓN DE TUTORES Y PROTECTORES.....	47
8.7. REPOSICIÓN DE MARRAS.....	47
8.8. MANTENIMIENTO DEL SUELO.....	47
8.9. PODA.....	48
8.9.1. ELECCIÓN DEL SISTEMA DE FORMACIÓN.....	48
8.9.2. TIPOS DE PODA.....	49
8.9.3. GESTIÓN DE LOS RESTOS DE PODA.....	49
8.10. ELECCIÓN SISTEMA DE RECOLECCIÓN.....	49
8.11. FECHA DE RECOLECCIÓN.....	49
9. FERTILIZACIÓN.....	50
9.1. NITRÓGENO.....	50
9.1.1. EXTRACCIONES DE NITRÓGENO.....	50
9.1.2. APORTACIÓN DE NITRÓGENO.....	51
9.1.3. NECESIDADES DE NITRÓGENO.....	51
9.2. FÓSFORO.....	52
9.2.1. NECESIDADES DE FÓSFORO.....	52
9.3. POTASIO.....	52
9.3.1. NECESIDADES DE POTASIO.....	52
9.4. MICRONUTRIENTES.....	53
9.5. FERTIRRIGACIÓN.....	53
9.5.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS.....	54
9.5.2. PROGRAMA DE FERTIRRIGACIÓN.....	54
9.6. ENMIENDA ORGÁNICA.....	55
10. DISEÑO AGRONÓMICO.....	55
10.1. BALANCE HIDRICO.....	56
10.1.1. ESTADO DEL AGUA EN EL SUELO.....	56
10.1.2. AGUA DISPONIBLE.....	56
10.1.3. AGUA FÁCILMENTE DISPONIBLE.....	57
10.2. NECESIDADES NETAS DE RIEGO.....	58
10.2.1. CORRECCION DE LAS NECESIDADES NETAS.....	58
10.3. NECESIDADES TOTALES DE RIEGO	59

10.4. SUPERFICIE MOJADA POR UN EMISOR.....	60
10.5. PORCENTAJE DE SUPERFICIE MOJADA.....	61
10.6. NÚMERO DE EMISORES POR PLANTA.....	61
10.7. SEPARACIÓN ENTRE EMISORES.....	61
10.8. PROFUNDIDAD DEL BULBO HÚMEDO.....	62
10.9. DOSIS, DURACIÓN E INTERVALO DEL RIEGO.....	63
10.10. ELECCIÓN DE EMISORES.....	63
11. DISEÑO HIDRÁULICO.....	64
11.1. DISEÑO DE LAS SUBUNIDADES DE RIEGO.....	64
11.1.1. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 1.....	65
11.1.2. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 2	73
11.1.3. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 3	74
11.1.4. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 4.....	75
11.1.5. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 5	76
11.1.6. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 6.....	77
11.1.7. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 7.....	78
11.2. CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN.....	80
11.3. RESUMEN CARACTER. DE LAS TUBERÍAS.....	82
11.4. EXCAVACIÓN DE ZANJAS.....	83
11.4.1. ZANJA DE LA TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN.....	83
11.4.2. ZANJAS DE LAS TUBERÍAS TERCIARIAS.....	84
12. CABEZAL DE RIEGO Y ELEMENTOS SINGULARES.....	84
12.1 FILTRO DE ARENA.....	84
12.2. FILTRO DE MALLA.....	85
12.3. EQUIPO DE FERTILIZACIÓN.....	86
12.3.1. INYECTOR VENTURI.....	86
12.3.2. DEPÓSITO DE FERTILIZANTES.....	87
12.4. CONTADOR.....	87
12.5. ELEMENTOS SINGULARES.....	87
12.5.1. VÁLVULAS HIDRÁULICAS.....	87
12.5.2. VÁLVULA DE VENTOSA.....	88
12.5.3. VÁLVULA DE MARIPOSA.....	88
12.6. PIEZAS ESPECIALES.....	88

12.7. DESAGÜES	89
12.8. PROGRAMADOR.....	89
12.9. AUTOMATISMOS.....	89
12.10. CASETA DE RIEGO.....	90
12.11. PANELES SOLARES.....	90
13. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	91
13.1. SITUACIÓN ACTUAL.....	91
13.2. PRODUCCIÓN DEL ALMENDRO.....	91
13.3. PRODUCCIÓN DE CEBADA.....	91
13.4. SUBVENCIONES PAC.....	92
13.5. PRECIOS DE LA COSECHA.....	92
13.6. COSTES DE PRODUCCIÓN DE LA CEBADA.....	92
13.7. COSTES DE PRODUCCIÓN DE LA ALMENDRA.....	92
13.8. INGRESOS ANUALES DE LA ALMENDRA.....	95
13.9. FLUJO DESTRUIDO.....	95
13.10. COSTE DEL AGUA DE RIEGO.....	95
13.11. ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD.....	95
13.12. ANÁLISIS DE RESULTADOS	98
14. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	99
15. RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO.....	99
16. BIBLIOGRAFÍA.....	99
16.1. LIBROS.....	99
16.2. REVISTAS.....	101
16.3. FUENTES ELECTRÓNICAS.....	102
16.4. SOFTWARE ELECTRÓNICO.....	102
16.5. TRABAJOS ACADÉMICOS.....	102
17. DOCUMENTOS DEL PROYECTO.....	103

MEMORIA

1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

La redacción del presente proyecto viene motivada por la petición del propietario de la finca. Los documentos que integran el proyecto le servirán para verificar técnica y económicamente la viabilidad de la propuesta.

El proyecto se llevará a cabo en el término municipal de Barbastro, capital de la Comarca del Somontano de Barbastro.

La superficie de estas tres parcelas asciende a 21,56 ha., de las que se utilizan para la plantación aproximadamente 20 ha.

Actualmente están dedicadas al cultivo de cereal de invierno en secano.



La finalidad que persigue este proyecto es conseguir un mayor rendimiento económico debido a la obtención de frutos secos de calidad.

Los precios de la almendra están en línea ascendente los últimos años, factor que hace aún más atractivo si cabe realizar plantaciones con riego localizado, debido a que se pueden conseguir producciones más regulares y rentables.

Para conseguir presentar, al propietario de las parcelas, un proyecto lo más riguroso posible, se estudiarán con detalle los factores que condicionan el diseño de una plantación de estas características, para lo que se acometerán los siguientes asuntos:

- ▶ Realizar un estudio climático de la zona, analizando para ello las variables que afectan directamente al cultivo, como son el periodo de heladas, temperaturas, precipitaciones, humedad relativa y velocidad del viento, llegando a determinar la evapotranspiración del cultivo.

- ▶ Estudio del suelo donde se realizará la plantación, para conocer sus características y si hay que realizar alguna corrección.

- ▶ Estudio del agua de riego para comprobar su idoneidad.

- ▶ Cálculo de las necesidades de agua del almendro en las parcelas elegidas y diseño del sistema y periodos de riegos en caso de ser necesarios.

- ▶ Estudio de las posibles variedades de almendro y portainjertos que mejor se adapten a la zona objeto del proyecto y al tipo y diseño de plantación elegidos.

- ▶ Comprobar mediante un minucioso estudio económico la viabilidad de la plantación.

- ▶ Realizar un estudio del mercado nacional e internacional de la almendra para saber cuál es su situación actual y su futuro próximo.

2. DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN DEL ALMENDRO

El almendro (*Prunus dulcis*) pertenece a la familia de las rosáceas y es originario de Asia, aunque se cultiva en el sur de Europa.

Para realizar un buen manejo de la plantación de almendros, es necesario conocer la morfología de todas sus partes, para actuar de manera consecuente en momentos clave, como son la poda y la formación del árbol. También se tendrá en cuenta la fisiología de los procesos que afectan a almendro, como pueden ser la floración, polinización y el cuajado.

2.1. CICLO DE VIDA

El almendro tiene un ciclo de vida muy longevo, extendiéndose decenas de años, aunque en plantaciones de regadío se reduce a 25 o 30 años para aprovechar su ciclo productivo.

Las fases que componen el ciclo plurianual del almendro son las siguientes:

- Estado juvenil, que se reduce si se produce injerto.
- Entrada en producción, suele ser a los dos años desde el injerto.
- Plena producción.
- Disminución de la producción progresiva
- Envejecimiento y reducción drástica de la rentabilidad.

2.2. CICLO ANUAL

El conocimiento del ciclo anual es muy importante, ya que de él se deducen los momentos óptimos para realizar tratamientos o actuar mecánicamente sobre el árbol.

A lo largo de un año se consideran dos fases:

- Periodo de latencia
- Periodo vegetativo

La explicación de cada momento del ciclo de vida y periodo del ciclo anual se detallan en el Anejo N° II.

2.3. ESTADOS FENOLÓGICOS

Los estados fenológicos del almendro se recogen de manera resumida en las siguientes líneas.

- Estado fenológico A: son las yemas de invierno.
- Estado fenológico B: yemas hinchadas.
- Estado fenológico C: cáliz visible.
- Estado fenológico D: corola visible.
- Estado fenológico E: estambres visibles.
- Estado fenológico F: flor abierta.
- Estado fenológico G: caída de pétalos.
- Estado fenológico H: fruto cuajado.
- Estado fenológico I: fruto joven
- Estado fenológico J: fruto en evolución hacia la madurez.

Se detalla cada estado en el Anejo N° II.

2.4. SITUACIÓN DEL ALMENDRO

Las estimaciones son que la demanda por el consumo directo de almendras seguirá creciendo tanto a nivel nacional e internacional, debido a la consideración que ha ganado como alimento sano y natural, dado que aporta a la dieta ácidos grasos esenciales y es un excelente antioxidante natural y protector cardíaco.

La falta de correspondencia entre la superficie plantada y los volúmenes obtenidos se debe a que las formas de producción son marcadamente diferentes en los distintos países: mientras en Estados Unidos las plantaciones son con

variedades seleccionadas y con riego, en España las plantaciones se encuentran en zonas marginales, sin riego.

El programa de mejora genética del CITA de Aragón empezó en 1974, después del inicio de los trabajos en el almendro en 1966 y la constatación de los problemas de la producción española del almendro, fundamentalmente su baja productividad debida a la plantación de variedades sensibles a las heladas predominantes al final del invierno, una deficiente polinización y la sequía.

Por ello desde el principio fueron objetivos básicos del programa de mejora la autocompatibilidad y la floración tardía para paliar estos problemas.

Fruto de este trabajo ha sido una serie de variedades de indudable éxito en las plantaciones españolas, desde 'Guara', probablemente la variedad vegetal de mayor éxito en la agricultura española, hasta las más recientes 'Belona', 'Soleta' y 'Mardía'.

Asimismo, el IRTA de Cataluña también ha realizado programas de mejora, sacando al mercado variedades como "Vairo", "Constantí" o "Marinada", entre otras, cuya principal característica es que son autofértiles y de floración tardía.

3. PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL ALMENDRO

En este anejo se van a estudiar las plagas y enfermedades más habituales que afectan al almendro, el cual tiene sensibilidades y tolerancias según sea la variedad.

En cada plaga y enfermedad se analiza la biología, los síntomas y daños que producen, y los posibles métodos de control.

Las plagas que se desarrollan en el Anejo III son: pulgones, orugueta, tigre, polilla defoliadora, barrenillo, antonomos, gusano cabezudo, anarsia, mosquito verde y araña amarilla.

Las enfermedades que se desarrollan en el Anejo III son: cribado, abolladura, monilia, mancha ocre, roya, fusicoccum, verticilosis, podredumbre de cuello y raíz y mancha bacteriana.

3.1. CALENDARIO DE TRATAMIENTOS

Plagas	Umbral de tolerancia	Materias activas autorizadas
ORUGUETA <i>Aglaope infausta</i>	Al detectar las primeras orugas alimentándose de las hojas.	Clorantranilipol Deltametrin Lambda cihalotrin <i>Bacillus thurigiensis</i>
TIGRE <i>Monasteira unicostata</i>	En prefloración: al detectar presencia. En post-floración: con el 10% de los brotes afectados.	Tau-fluvalinato
POLILLA DEFOLIADORA <i>Malacosoma neustria</i>	Al detectar su presencia.	Clorantranilipol Deltametrin Lambda cihalotrin <i>Bacillus thurigiensis</i>
BARRENILLO <i>Scolytus sp.</i> <i>Xyleborus dispar</i>	Al aparecer los primeros adultos.	Tau-fluvalinato
GUSANO CABEZUDO <i>Capnodis tenebrionis</i>	Al detectar su presencia.	Imidacloprid
ANARSIA <i>Anarsia lineatella</i>	Cuando el 3% de los brotes están afectados.	Clorantranilipol Deltametrin Lambda cihalotrin <i>Bacillus thurigiensis</i>
MOSQUITO VERDE <i>Empocasa vitis</i>	Al detectar su presencia.	Tau-fluvalinato

ARAÑA AMARILLA <i>Tetranychus urticae</i>	En tratamientos de invierno con aceites. Al detectar su presencia.	Aceite de parafina Azufre
PULGONES <i>Myzus persicae</i> <i>Brachycaudus sp.</i> <i>Hyalopterus sp.</i>	En prefloración: al detectar presencia. En post-floración: cuando el 5% de los brotes está, afectados.	Clorantranilipol Deltametrin Lambda cihalotrin Imidacloprid

Enfermedad	Momento de tratamiento	Materias activas autorizadas
CRIBADO <i>Stigmia carpophyla</i>	Tratamiento al producirse la caída de las hojas.	Folpet Cobre Ziram
ABOLLADURA <i>Taphrina deformans</i>	Tratamientos preventivos desde apertura de flores hasta que el fruto está cuajado.	Folpet Cobre Ziram
MONILIA <i>Monilia laxa</i>	Tratamientos preventivos al verse las corolas hasta que se caen los pétalos. Tratamiento a la caída de hojas.	Folpet Cobre Mancozeb
MANCHA OCRE <i>Polystigma echraceum</i>	Tratamientos preventivos a caída de pétalos. Tratamiento a la caída de hojas.	Captan Tiram (hasta floración)
ROYA <i>Tranzachelia pruni-spinosae</i>	Tratamientos en la primavera al aparecer los primeros síntomas.	Mancozeb Ziram
FUSICOCUM <i>Fusicoccum amygdali</i>	Tratamiento en postfloración. Tratamiento a la caída de hojas.	Captan Folpet Ziram
MANCHA BACTERIANA <i>Xanthomonas arboricola</i>	Tratamiento con el 25% y el 75-100% de las hojas caídas. Tratamientos al hincharse las yemas y justo antes de la floración.	Cobre

4. ESTUDIO CLIMÁTICO

4.1. ESTACIÓN METEOROLÓGICA

La estación meteorológica más cercana a la parcela del presente proyecto es la de Barbastro (estación nº 11), instalada a finales de 2003 por Sarga en la partida de la Jarea. Los datos facilitados pertenecen a una serie histórica de 10 años, periodo insuficiente para realizar un estudio climático fiable.

La estación meteorológica que posee la empresa *Aguas de Barbastro Energía* en la siguiente situación geográfica:

0° 7' 32" Longitud Este

42° 2' 14" Latitud Norte

Altitud: 330 metros sobre el nivel del mar

tiene una serie de datos más extensa, desde 1995-2013, lo que corresponde a un periodo de 19 años, considerado suficiente para realizar un buen estudio climático.

4.2. TEMPERATURA

Después de recabar datos en las tablas que se detallan en el Anejo N°4, se concluye que:

- ❖ Temperatura media mes más cálido (Julio): **24,6°C**
- ❖ Temperatura media mes más frío (Diciembre): **4,6°C**
- ❖ **Julio** es el mes más cálido con una temperatura media máxima de **32,8°C**
- ❖ **Diciembre** es el mes más frío con una temperatura media mínima de **0,7°C**
- ❖ Temperatura media anual de las máximas diarias es de **21,2°C**
- ❖ Temperatura media anual de las mínimas diarias es de **8,3°C**
- ❖ Temperatura media **14,3°C**

- ❖ Temperatura máxima absoluta (Agosto 2012): **41,7°C**
- ❖ Temperatura mínima absoluta (Diciembre 2001): **-12,4°C**

4.3. RÉGIMEN DE HELADAS

A partir de la serie climática de 19 años se establece la fecha de la primera y última helada para los años agronómicos correspondientes:

	1ª HELADA	ÚLTIMA HELADA
94-95	-	7 Marzo
95-96	6 Diciembre	4 Abril
96-97	16 Noviembre	16 Febrero
97-98	6 Diciembre	11 Abril
98-99	24 Noviembre	16 Abril
99-00	30 Diciembre	29 Marzo
00-01	31 Diciembre	20 Abril
01-02	28 Noviembre	21 Marzo
02-03	27 Noviembre	17 Febrero
03-04	23 Diciembre	2 Marzo
04-05	15 Noviembre	10 Abril
05-06	24 Noviembre	11 Abril
06-07	29 Diciembre	23 Marzo
07-08	17 Noviembre	6 Marzo
08-09	27 Noviembre	25 Marzo
09-10	17 Octubre	5 Abril
10-11	19 Octubre	1 Marzo
11-12	21 Octubre	17 Abril
12-13	29 Octubre	7 Abril
13-14	29 Noviembre	-

Tras los datos recogidos, el régimen de heladas quedaría definido de la siguiente forma:

Mayor Periodo de Heladas

La primera helada se produce el 17 de Octubre y la última el 20 de Abril, por lo que hay 185 días con riesgo de heladas y 180 días sin riesgo de heladas.

Menor Periodo de Heladas

Entre la primera helada del año que se produce más tarde, es decir, el 31 de Diciembre y la primera helada del año que se produce más pronto, es decir, el 16 de Febrero. Hay 47 días con riesgo de heladas y 318 sin riesgo de heladas.

Periodo Medio de Heladas

Entre la primera helada del año que se produce antes y la primera helada del año que se produce más tarde hay 75 días, por lo que el día medio será el 23 de Noviembre. Entre la última helada del año que se produce antes y del que se produce más tarde hay 63 días, por lo que el día medio será el 20 de Marzo.

Entre el día 23 de Noviembre y el 20 de Marzo hay 147 días con riesgo de heladas, y 218 días sin riesgo de heladas.

Por lo que las heladas es un factor a tener muy en cuenta debido a la sensibilidad del almendro a las mismas.

4.3.1. METODO EMBERGER

Los métodos indirectos, como es el caso del Método Emberger, se utilizan en circunstancias que no se disponen datos directos de heladas.

Según las fechas obtenidas, se establecen los siguientes periodos:

- ▶ Período de heladas seguras (Hs) $t < 0^{\circ}\text{C}$
No existe al no alcanzar ningún mes la t con valores negativos.
- ▶ Período de heladas muy probables (Hp) $0^{\circ}\text{C} < t < 3^{\circ}\text{C}$
Del 26 de Noviembre al 4 de Marzo.
- ▶ Período de heladas probables (H'p) $3^{\circ}\text{C} < t < 7^{\circ}\text{C}$
Del 5 de Marzo al 18 de Abril.
Del 31 de Octubre al 25 de Noviembre.
- ▶ Período libre de heladas (d) $7^{\circ}\text{C} > t$
Del 19 de Abril al 30 de Octubre.

Después de obtener los periodos de heladas mediante el Método Emberger, se puede ver que **se aproximan mucho a los valores representados en la tabla anterior**, donde se indican las fechas de las primeras y últimas heladas de cada año de la serie histórica analizada.

4.4. NÚMERO DE HORAS-FRÍO

Existen una serie de modelos para calcular las horas-frío. Los utilizados en este proyecto son el método de Mota con la fórmula adaptada por Tabuenca (1964) y el método Weinberger (1956).

Los cálculos de los dos métodos se detallan en el Anejo N° 4.

4.4.1. MÉTODO DE MOTA

El método de Mota (1957) estudia la correlación entre las horas-frío y la temperatura media de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero. Para el Valle del Ebro se utiliza la formula adaptada por Tabuenca (1964).

El número total de horas-frío es la suma del número mensual de horas bajo 7 °C, es decir, $\sum y = 1591,46$ horas frío.

4.4.2. MÉTODO DE WEINBERGER

El método de Weinberger (1956) relaciona el número de horas-frío (horas con temperaturas por debajo de 7°C) con la temperatura media de los meses de diciembre y enero.

Se obtiene un valor de **1450 horas frío**.

Tras los resultados obtenidos por las fórmulas de Tabuenca y Weinberger, los cuales difieren muy poco, se decide adoptar como válida la primera ya que está adaptada al Valle del Ebro.

4.5. PLUVIOMETRIA

ESTACIÓN	MES	PRECIPITACION MEDIA (mm)	DÍAS DE LLUVIA	% PRECIPITACIÓN ESTACIÓN
INVIERNO	DICIEMBRE	25,9	12,6	18,09
	ENERO	24,4	11,7	
	FEBRERO	13,5	7,5	
PRIMAVERA	MARZO	27,9	7,7	33,91
	ABRIL	50,4	8,9	
	MAYO	41,3	9,9	
VERANO	JUNIO	26,6	6,1	16,78
	JULIO	17,2	4,9	
	AGOSTO	15,4	4,7	
OTOÑO	SEPTIEMBRE	43,5	5,7	31,22
	OCTUBRE	36,1	8,7	
	NOVIEMBRE	30,5	10,6	

De los resultados obtenidos podemos deducir que es en primavera cuando mayor es la precipitación, siendo el mes de abril el mes más lluvioso. Por otro lado, es en verano cuando menos llueve, pero es febrero el mes con menos precipitaciones, motivo que hace necesario un sistema de riego para garantizar la producción del cultivo.

1. La escasa pluviometría estival hace necesario el aporte de riegos para asegurar las producciones.
2. El mes de septiembre es muy lluvioso, aunque no afecta necesariamente a las labores de recolección.

4.6. HUMEDAD RELATIVA

Con los datos facilitados por la página web de Aemet, conocemos la humedad relativa, ya que a pesar de no tener una serie tan extensa como en el caso de la temperatura y la pluviometría, los datos facilitados por la estación meteorológica de Barbastro son suficientes para realizar el cálculo de la evapotranspiración de referencia ETo.

4.7. VIENTO

La velocidad diurna diaria del viento a 2m de altura sobre el nivel del suelo se recoge en una tabla disponible en el Anejo N° IV.

4.8. NIEVE

El factor de la nieve en la zona que se desarrolla el proyecto no tiene importancia ya que en muy pocas ocasiones nieva, y cuando lo hace es

insignificante. Por lo que no se contemplan las fechas de la primera y última nevada anual ni los días de nieve al año.

4.9. CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA

4.9.1. INDICE DE LANG

El Índice de aridez de Lang relaciona la temperatura media anual y la pluviometría media anual.

Según el Índice de Lang, se trata de una **zona árida**, ya que el valor calculado ($I_L = 24,66$) se encuentra entre 20 y 40.

4.9.2. INDICE DE MARTONNE

El Índice de aridez de Martonne relaciona la temperatura media anual y la pluviometría media anual.

Según el Índice de Martonne, se trata de una **zona semiárida de tipo Mediterráneo**, ya que el valor calculado ($I_M = 14,51$) se encuentra entre 10 y 20.

4.9.3. INDICE DE DANTIN CERECEDA Y REVENGA

El Índice de Dantin Cereceda y Revenga relaciona la temperatura media anual y la pluviometría media anual.

Según el resultado obtenido mediante la fórmula ($I_{DR} = 4,05$), se obtiene una zona climática **árida**.

4.9.4. INDICE DE EMBERGER

El Índice de Emberger relaciona la pluviometría media anual, las temperaturas medias de las máximas del mes más cálido y las temperaturas medias de las mínimas del mes más frío.

Según el resultado obtenido mediante la fórmula anterior ($I_E = 32,77$), se obtiene un clima **semiárido**.

4.10. CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS

4.10.1. CLASIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE PAPADAKIS

La clasificación de los climas, por parte de Papadakis (1952), es en función de las zonas agrícolas.

Tiene en cuenta factores de gran importancia para la viabilidad de los cultivos, como son la severidad de los inviernos y la duración y el calor de los veranos.

Interpretando las tablas presentes en el Anejo IV, se puede delimitar el tipo de invierno. Se trata de un tipo Avena **av (fresco)**.

El periodo libre de heladas es superior a 4,5 meses, la temperatura media de las máximas del semestre más cálido 28,26°C (superior a 25°C), y la media de las máximas del mes más cálido 32,8°C (inferior a 33,5°C).

Se clasifica el tipo de verano como **algodón menos cálido (g)**.

Tras obtener el tipo de invierno (av) y de verano (g), se obtiene la clase térmica de la zona según Papadakis. En este caso se trata de un **régimen térmico continental CO (Cálido)**.

4.10.2. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN

Esta clasificación describe cada tipo de clima con una serie de letras, normalmente tres, que indican el comportamiento de las temperaturas y las precipitaciones. Esta clasificación climática se utiliza con frecuencia debido a su generalidad y sencillez.

Los parámetros para determinar el clima de una zona son las temperaturas y precipitaciones medias anuales y mensuales, y la estacionalidad de la precipitación.

A modo de resumen, según la clasificación de Köppen, se puede decir que se trata de un **CLIMA TEMPLADO** con una **estación seca en verano** y un **verano caluroso** (Csa).

Los detalles sobre los cálculos en el AnejoIV.

4.10.3. CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA UNESCO-FAO

Según lo establecido por la UNESCO-FAO, esta clasificación se caracteriza por una serie de parámetros que se detallan a continuación:

Se basa en las temperaturas medias del mes más frío y en la media de las mínimas del mes más frío.

La clasificación por temperatura define tres grupos, dos de los cuales tienen subdivisiones según la temperatura media del mes más frío (el grupo 3 se define con la temperatura media del mes más cálido).

Siendo $T = 4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Diciembre)

$T_1 = 0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Diciembre)

Al ser $10 > T > 0$ se trata de un **clima templado-medio**.

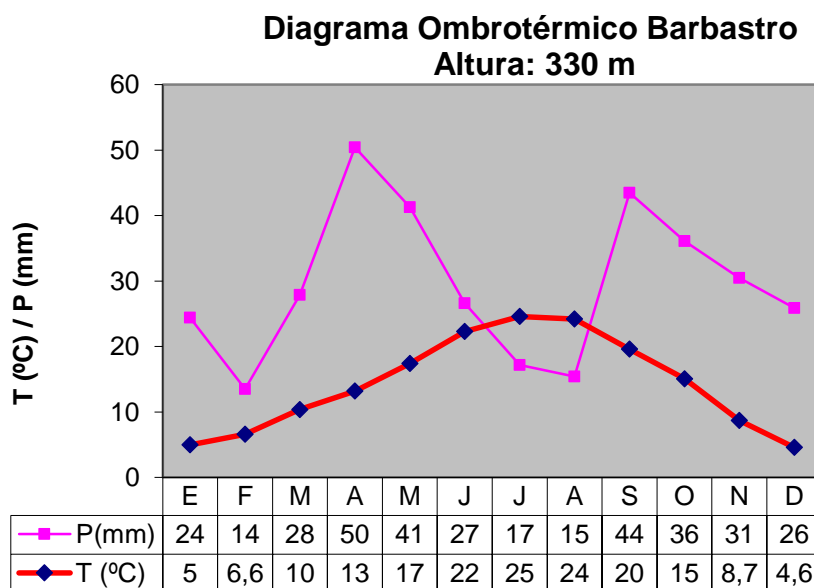
Mediante la media de las mínimas del mes más frío (Diciembre) se obtiene el tipo de invierno.

El valor de $T_1 = 0,7^{\circ}\text{C}$ corresponde con un **invierno moderado**.

4.10. DIAGRAMA OMBROTÉRMICO DE GAUSSEN

Para la planificación de los calendarios agrícolas, así como para la determinación de los tipos de cultivos que se pueden dar en las diferentes zonas de influencia de cada una de las estaciones meteorológicas, se hará el correspondiente diagrama ombrotérmico de la zona del presente proyecto.

Para su estructuración se han tomado como base el promedio de uso en el que se representan las temperaturas y las medias mensuales de temperatura (T) y pluviometría (P), en $^{\circ}\text{C}$ y en mm, respectivamente. Sobre un diagrama cartesiano se lleva en abscisas los meses del año y en ordenadas las precipitaciones (mm) y las temperaturas medias mensuales ($^{\circ}\text{C}$).



A la vista del diagrama ombrotérmico, se observa un periodo seco durante los meses de junio, julio y agosto, por lo que el clima se define como **monoxérico**.

A continuación se establece el piso bioclimático al que pertenece la zona, mediante el cálculo del Índice de Termicidad (I_t) y la determinación del Ombrotipo. (Rivas Martínez, 1995)

$$I_t = (T + M + m) \cdot 10$$

El valor obtenido de I_t (231) corresponde al termotipo **mesomediterráneo** de la región mediterránea.

El ombrotipo viene definido por la precipitación media anual.

La precipitación media anual es de 352,7 mm, lo que corresponde a un ombrotipo **seco**.

En conclusión, **la parcela en estudio** se sitúa en la **región mediterránea**, en el **termotipo mesomediterráneo** bajo un **ombrotipo seco, con sequía estival**.

4.11. REQUERIMIENTO CLIMÁTICO DEL ALMENDRO

Dada la precocidad de su floración y el rápido desarrollo de sus frutos, resulta muy sensible a temperaturas bajas al principio del año y durante la primavera, por ello es adecuado evitar fondos de valle con posibles heladas de inversión y plantaciones en zonas frías con orientación norte.

Las temperaturas altas en invierno pueden comprometer su producción al no cubrir las bajas necesidades de frío invernal (número de horas acumuladas por debajo de 7°C) que oscilan, dependiendo de la variedad, entre 200 y 500.

Las variedades una vez cubren sus necesidades de frío, son capaces de florecer si la temperatura ambiental lo permite; por ello las de bajos requerimientos suelen tener floraciones precoces aunque algunas de estas pueden florecer tarde si se cultivan en ambientes frescos.

El almendro, durante el periodo de reposo, puede resistir temperaturas muy bajas, del orden de -20°C . La resistencia depende principalmente de como haya venido el frío, si es progresivo mejor que una ola de frío.

La temperatura óptima de crecimiento oscila entre los 20°C y 25°C , aunque a partir de $7-10^{\circ}\text{C}$ ya se produce movimiento vegetativo.

4.12. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA

El cálculo de la evapotranspiración es fundamental para todos los cultivos, dado que la producción vegetal está directamente asociada a la disponibilidad del agua y su consumo por las plantas.

La superficie de referencia es un cultivo hipotético de pasto, con una altura asumida de 0,12 m, con una resistencia superficial fija de 70 s/m y un albedo de 0,23.

La evapotranspiración de referencia se va a calcular por cuatro métodos distintos y se seleccionará la más apropiada.

4.12.1. MÉTODO DE BLANEY-CRIDDLE

Para el cálculo de la evapotranspiración de referencia a partir de datos termopluviométricos usaremos la fórmula del método Blaney-Criddle modificado por FAO. Se recogen los valores en la siguiente tabla:

MES	T _{media}	p	HR _{min}	n/N	U _{día}	a	b	Et _o (mm/día)	Et _o (mm)
EN	5,00	0,21	69	0,43	1,92	-1,54	0,87	0,36	11,16
FEB	6,60	0,24	59	0,52	1,97	-1,68	1,01	1,03	28,84
MAR	10,40	0,27	50	0,57	2,03	-1,76	1,13	2,17	67,27
ABR	13,20	0,30	49	0,57	2,17	-1,77	1,14	3,09	92,70
MY	17,40	0,33	50	0,57	1,83	-1,76	1,12	4,20	130,20
JUN	22,30	0,34	45	0,65	1,80	-1,87	1,23	5,80	174,00
JUL	24,60	0,33	39	0,73	1,86	-1,97	1,35	6,69	207,39
AG	24,20	0,31	41	0,73	1,77	-1,96	1,33	5,96	184,76
SEP	19,60	0,28	47	0,64	1,61	-1,85	1,19	3,88	116,40
OCT	15,10	0,25	55	0,57	1,53	-1,74	1,07	2,28	70,68
NOV	8,70	0,22	64	0,50	1,77	-1,63	0,95	0,91	27,30
DIC	4,60	0,20	71	0,40	1,36	-1,50	0,82	0,18	5,58
								ANUAL	1116,28

La Evapotranspiración de referencia anual es $ET_{o \text{ anual}} = 1116,28 \text{ mm}$.

12.1.2. METODO DE LA RADIACIÓN

Este método se aplica cuando se dispone de datos concretos de temperatura y radiación. La radiación se mide en centros especiales, pero no disponer de ella no es inconveniente ya que se puede mediante tablas.

	t °C	W	n/N	R _a mm/día	R _s mm/día	WxR _s mm/día	HR _m %	Viento m/s	E _{to} mm/día	E _{to} mm
ENE	5,0	0,48	0,43	5,90	2,74	1,32	78	1,92	0,50	15,50
FEB	6,6	0,51	0,52	8,10	4,13	2,11	70	1,97	1,25	35,00
MAR	10,4	0,57	0,57	11,00	5,88	3,35	60	2,03	2,25	69,75
ABR	13,2	0,61	0,57	14,00	7,49	4,57	59	2,17	3,95	118,50
MAY	17,4	0,66	0,57	16,20	8,67	5,72	58	1,83	4,75	147,25
JUN	22,3	0,72	0,65	17,30	9,95	7,16	53	1,80	6,55	196,50
JUL	24,6	0,75	0,73	16,70	10,27	7,70	48	1,86	7,10	220,10
AGO	24,2	0,74	0,73	15,00	9,22	6,82	50	1,77	6,25	193,75
SEP	19,6	0,69	0,64	12,20	6,95	4,80	57	1,61	3,95	118,50
OCT	15,1	0,64	0,57	9,10	3,12	3,12	67	1,53	2,25	69,75
NOV	8,7	0,54	0,50	6,50	1,76	1,76	76	1,77	0,95	28,50
DIC	4,6	0,48	0,40	5,20	1,12	1,12	81	1,36	0,40	12,40

La Evapotranspiración de referencia anual es $ET_{o \text{ anual}} = 1225,50 \text{ mm}$


4.12.3. MÉTODO DE PENMAN

El Método de Penman sirve para medir la evapotranspiración del cultivo de referencia siempre que se disponga de datos sobre temperatura, humedad, viento y radiación.

La **utilización de un software** o calculadora para el método de Penman hace que el cálculo sea más exacto ya que la interpolación de los valores se realiza de manera automática. (<http://onlinecalc.sdsu.edu/enlineapenman.php>).

A continuación se muestra una imagen de la pantalla del ordenador en el momento del cálculo de la evapotranspiración del mes de julio.

enlínea_penman: Evapotranspiración potencial por el método de Penman



Fórmulas

$$e_o = f(T_a) \quad E_n = f(Q_n, T_a)$$
$$E_a = (0.013 + 0.00016v_2) e_o [(100 - HR)/100]$$
$$\alpha = f(T_a) \quad E = [\alpha E_n + E_a] / (\alpha + 1)$$

Bibliografía

Ponce, V. M., 1989. Engineering Hydrology, Principles and Practices, Prentice Hall, páginas 45-47.

DATOS DE ENTRADA:

[Descripción] [Ejemplo]

Mes:

Temperatura media mensual del aire T_a (°C):

Radiación media mensual neta Q_n (cal/cm²/d):

Humedad relativa HR (%):

Velocidad del viento a 2 m de profundidad v_2 (km/d):

DATOS DE ENTRADA:

Mes: Julio

RESULTADOS:

♦ ET_o diaria = 0.93 cm/d

♦ ET_o mensual = 28.69 cm

	t °C	Rs mm/día	Rs cal/cm2 día	HRm %	Viento m/s	Viento km/día	Eto mm/día	Eto mm
ENE	5,0	2,74	160,29	78,00	1,92	165,89	1,70	52,30
FEB	6,6	4,13	241,60	70,00	1,97	170,21	2,60	72,60
MAR	10,4	5,88	343,98	60,00	2,03	175,39	4,20	129,60
ABR	13,2	7,49	438,16	59,00	2,17	187,49	5,50	166,50
MAY	17,4	8,67	507,19	58,00	1,83	158,11	6,80	210,40
JUN	22,3	9,95	582,07	53,00	1,80	155,52	8,50	255,53
JUL	24,6	10,27	600,79	48,00	1,86	160,70	9,30	286,90
AGO	24,2	9,22	539,37	50,00	1,77	152,93	8,30	257,70
SEP	19,6	6,95	406,57	57,00	1,61	139,10	5,80	175,20
OCT	15,1	3,12	284,89	67,00	1,53	132,19	3,80	116,40
NOV	8,7	1,76	190,12	76,00	1,77	152,93	2,10	63,80
DIC	4,6	1,12	136,89	81,00	1,36	117,50	1,40	42,30

La Evapotranspiración de referencia anual es $ET_{o \text{ anual}} = 1829,23 \text{ mm}$

4.12.4. MÉTODO FAO PENMAN MONTEITH

Debido a la existencia de herramientas informáticas, como es el caso del software FAO <http://www.fao.org/nr/water/eto> (versión 3.2 septiembre 2012), se decide realizar los cálculos de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) de esta manera.

Month	June	July	August	September	October	November	December
Tmax °C	30.5	32.8	32.3	27.0	21.8	14.4	9.5
Tmean °C	22.3	24.6	24.2	19.6	15.1	8.7	4.6
Tmin °C	14.4	16.8	16.8	13.1	9.8	4.2	0.7
RHmax %	70.0	66.0	68.0	75.0	80.0	85.0	86.0
RHmean %	53.0	48.0	50.0	57.0	67.0	76.0	81.0
RHmin %	45.0	39.0	41.0	47.0	55.0	64.0	71.0
u(2) m/sec	1.80	1.86	1.77	1.61	1.53	1.77	1.36
n/N	0.65	0.73	0.73	0.64	0.57	0.50	0.40
Ra mm/day	9.95	10.27	9.22	6.95	3.12	1.76	1.12
ETo mm/day	5.5	6.1	5.4	3.6	1.9	1.1	0.7

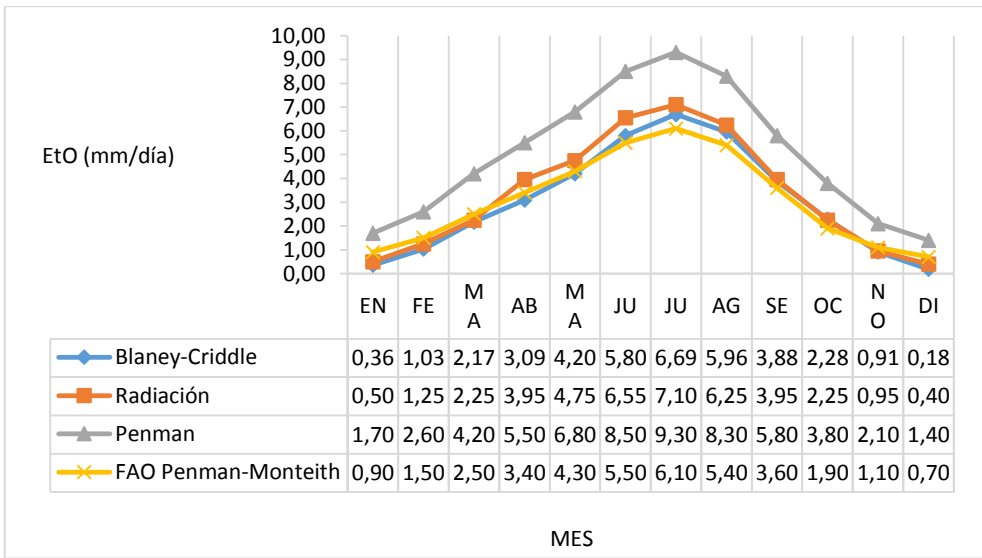
La Evapotranspiración de referencia anual es $ET_{o \text{ anual}} = 1125,8 \text{ mm}$

4.12.5. MÉTODO DE LA CUBETA EVAPORIMÉTRICA

Se realizó una consulta a la Comunidad de Regantes nº1 del Canal del Cinca, quien gestiona la zona de riegos que nos ocupa, para conocer si se dispone de una cubeta evaporimétrica en las cercanías. No tienen la cubeta y por tanto no se puede realizar el cálculo de la evapotranspiración de referencia por este método.

4.12.6. ELECCIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA

Tras realizar los cálculos pertinentes para la obtención de la evapotranspiración de referencia mediante cuatro métodos distintos, se obtienen una serie de resultados muy dispares.



Entre las ETo anuales (mm) del método de Blaney-Criddle (1116,28 mm), el método de radiación (1225,50 mm) y el método Fao Penman-Monteith (1125,8mm) hay escasa diferencia, llegando a estar muy próximo a la media del primer y segundo método:

- Media entre Blaney-Criddle y Radiación: 1170,89 mm
- Fao Penman-Monteith: 1125,8 mm

En la siguiente tabla se muestran las evapotranspiraciones de referencia diarias y anuales calculadas por los distintos métodos.

	Blaney-Criddle mm/día	Radiación mm/día	Penman mm/día	Fao Pen-Mon mm/mes
ENERO	0,36	0,50	1,70	0,90
FEBRERO	1,03	1,25	2,60	1,50
MARZO	2,17	2,25	4,20	2,50
ABRIL	3,09	3,95	5,50	3,40
MAYO	4,20	4,75	6,80	4,30
JUNIO	5,80	6,55	8,50	5,50
JULIO	6,69	7,10	9,30	6,10
AGOSTO	5,96	6,25	8,30	5,40
SEPTIEMBRE	3,88	3,95	5,80	3,60
OCTUBRE	2,28	2,25	3,80	1,90
NOVIEMBRE	0,91	0,95	2,10	1,10
DICIEMBRE	0,18	0,40	1,40	0,70
Eto anual(mm)	1116,28	1225,5	1829,23	1125,80

Al considerar el método **Fao Penman-Monteith** como el método **más moderno y fiable** de los cuatro, y al estar sus resultados muy próximos a la media de Blaney-Criddle y radiación, **nos ceñiremos de ahora en adelante a los valores obtenidos por este método** para calcular la evapotranspiración del cultivo.

4.13. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVO

La evapotranspiración de cultivo ET_c , determina la cantidad de agua que un cultivo puede evaporar cuando se encuentra en buenas condiciones de alimentación hídrica y con el suelo próximo a capacidad de campo.

Se calcula como:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

ET_o es la evapotranspiración de referencia calculada mediante el método FAO Penman Monteith.

K_c es el coeficiente de cultivo

4.13.1. ELECCIÓN DEL COEFICIENTE DE CULTIVO

En la elección del coeficiente de cultivo (K_c) del almendro se han tenido en cuenta los valores tabulados de varios autores:

► Villalobos 2009, Fitotecnia. Adaptado de Doorenbos y Pruitt (1977) y Allen et al. (1998) contemplan unos valores de K_c máximo de 0,90 y K_c final de 0,65. Se trataría de suelo cubierto.

► Castañón, G.2000, Ingeniería del riego. Contempla valores de K_c mensuales desde marzo ($K_c=0,85$) va aumentando hasta $K_c=1,15$ durante los meses de junio, julio y agosto y luego disminuye hasta noviembre ($K_c=0,85$). Tiene en cuenta la cubierta vegetal, los vientos débiles a moderados y secos, y que los inviernos son fríos con heladas ligeras.

► IRTA; Girona et al., 1994. Girona i Marsal, 1995. Los valores de K_c oscilan entre 0,20 a final de febrero, va aumentando hasta un máximo de $K_c=1,05$ en agosto, para luego disminuir progresivamente hasta noviembre con una $K_c=0,40$. Fraccionan los valores de K_c en periodos de 15 días, como se puede apreciar en la tabla 39.

Los coeficientes de cultivo (K_c) elegidos para el cálculo de la evapotranspiración son los de la tercera opción, ya que se basan en una situación muy semejante a la que se nombra en este proyecto. Se trata de una plantación con sistema de poda en vaso, con cubierta vegetal y una producción media de unos 1500-1800kg/ha de grano. Se detallan a continuación:

Del	Al	Kc	Observaciones
01-feb	15-feb		
16-feb	28-feb	0,20	
01-mar	15-mar	0,35	Primeros de marzo, inicio del crecimiento de
16-mar	31-mar	0,45	la cáscara
01-abr	15-abr	0,65	
16-abr	30-abr	0,65	
01-may	15-may	0,75	Sobre el 10 de mayo, final del crecimiento
16-may	31-may	0,85	exterior de la almendra
01-jun	15-jun	0,91	Sobre el 10 de junio, inicio del llenado del grano
16-jun	30-jun	0,93	
01-jul	15-jul	0,94	
16-jul	31-jul	0,97	
01-ago	15-ago	1,05	Sobre el 10 de agosto, la almendra está
16-ago	31-ago	1,05	prácticamente llena
01-sep	15-sep	0,84	
16-sep	30-sep	0,80	
01-oct	15-oct	0,60	Sobre el 15 de septiembre se produce la cosecha
16-oct	31-oct	0,55	
01-nov	15-nov	0,40	
16-nov	30-nov	0,40	

Los datos del coeficiente de cultivo están fraccionados en periodos de 15 días por lo que es mucho más exacto que los datos ofrecidos por otros autores que solamente contemplan el Kc inicial, el Kc máximo y el Kc final.

4.13.2. DURACIÓN FASES DEL CULTIVO

Si se tiene en cuenta en el almendro, tras la cosecha, la evapotranspiración continúa hasta finales de noviembre, la duración de las fases de cultivo se corrigen y resultan: 20-70-90-95.

Los detalles de inicio y fin de cada fase se detallan en la siguiente tabla:

	Duración(días)	Fecha inicio	Fecha fin
1ª Fase	20	01-mar	20-mar
2ª Fase	70	21-mar	29-may
3ª Fase	90	30-may	27-ago
4ª Fase	95	28-ago	30-nov

4.13.3. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVO (ET_c)

En el cálculo de la evapotranspiración de cultivo se tiene en cuenta la fecha de inicio y fin de cada fase, las cuales no coinciden necesariamente con las fechas indicadas en la tabla del punto 4.13.1. Ya que en esta tabla se fraccionan los valores de K_c en periodos de 15 días.

Se utiliza la fórmula:

$$ET \text{ (cultivo)} = ET_o \cdot K_c$$

Fecha	Duración	K _c	E _{to} (mm/día)	E _{tc} (mm/día)
01/03-15/03	15	0,35	2,50	0,87
16/03-20/03	5	0,45	2,50	1,12
21/03-31/03	11	0,45	2,50	1,12
01/04-15/04	15	0,65	3,40	2,21
16/04-30/04	15	0,65	3,40	2,21
01/05-15/05	15	0,75	4,30	3,22
16/05-29/05	14	0,85	4,30	3,65
30/05-31/05	2	0,91	4,30	3,91
01/06-15/06	15	0,93	5,50	5,11
16/06-30/06	15	0,94	5,50	5,17
01/07-15/07	15	0,97	6,10	5,92
16/07-31/07	16	1,05	6,10	6,40
01/08-15/08	15	1,05	5,40	5,67
16/08-27/08	12	1,05	5,40	5,67
28/08-31/08	4	1,05	5,40	5,67
01/09-15/09	15	0,84	3,60	3,02
16/09-30/09	15	0,80	3,60	2,88
01/10-15/10	15	0,60	1,90	1,14
16/10-31/10	16	0,55	1,90	1,04
01/11-15/11	15	0,40	1,10	0,44
16/11-30/11	15	0,40	1,10	0,44

4.14. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA

En el cálculo de las necesidades de agua durante todo el ciclo de cultivo (desde el 1 de marzo hasta el 30 de noviembre) se tiene en cuenta la duración de cada periodo, las necesidades diarias=ETc (mm/día) calculadas en el apartado anterior, las necesidades de cada periodo (mm) y las necesidades por mes (mm).

$$\text{Necesidades diarias} = \text{Necesidades mensuales} / \text{nº de días del mes}$$

Fecha	Duración (días)	Necesidades diarias= ETc(mm/día)	Necesidades por periodo(mm)	Necesidades por mes(mm)	Necesidades diarias recalculadas(mm)
01/03-15/03	15	0,87	13,05	Marzo 30,97	1,00
16/03-20/03	5	1,12	5,60		
21/03-31/03	11	1,12	12,32		
01/04-15/04	15	2,21	33,15	Abril 66,30	2,21
16/04-30/04	15	2,21	33,15		
01/05-15/05	15	3,22	48,30	Mayo 107,22	3,46
16/05-29/05	14	3,65	51,10		
30/05-31/05	2	3,91	7,82		
01/06-15/06	15	5,11	76,65	Junio 154,20	5,14
16/06-30/06	15	5,17	77,55		
01/07-15/07	15	5,92	88,8	Julio 191,20	6,17
16/07-31/07	16	6,40	102,4		
01/08-15/08	15	5,67	85,05	Agosto 175,77	5,67
16/08-27/08	12	5,67	68,04		
28/08-31/08	4	5,67	22,68		
01/09-15/09	15	3,02	45,30	Septiembre 88,50	2,95
16/09-30/09	15	2,88	43,20		
01/10-15/10	15	1,14	17,10	Octubre 33,74	1,09
16/10-31/10	16	1,04	16,64		
01/11-15/11	15	0,44	6,60	Noviembre 13,20	0,44
16/11-30/11	15	0,44	6,60		
				TOTAL: 861,10	

Se obtienen los siguientes resultados:

- ▶ El máximo valor de ET_c mensual se produce en el mes de **julio** con **191,20 mm**.
- ▶ El máximo valor de ET_c diaria se produce en **julio** con una ET_c diaria de **6,17mm**.
- ▶ El valor de la ET_c anual durante todo el periodo vegetativo es de **861,10 mm**.

4.15. PRECIPITACIÓN EFECTIVA

La precipitación efectiva (Pe) se calcula mediante la metodología propuesta por fuentes Yagüe (2003), y depende de la precipitación recogida durante un mes (P).

- ▶ Si $P > 75 \text{ mm}$ $Pe = 0,8 \cdot P - 25$
- ▶ Si $P < 75 \text{ mm}$ $Pe = 0,6 \cdot P - 10$

Todos los meses tienen una precipitación (P) inferior a 75 mm, por lo que se utilizará la segunda fórmula. Los resultados se recogen en la siguiente tabla.

MES	P (mm)	Pe (mm)
ENERO	24,4	4,6
FEBRERO	13,5	0,0
MARZO	27,9	6,7
ABRIL	50,4	20,2
MAYO	41,3	14,8
JUNIO	26,6	6,0
JULIO	17,2	0,3
AGOSTO	15,4	0,0
SEPTIEMBRE	43,5	16,1
OCTUBRE	36,1	11,7
NOVIEMBRE	30,5	8,3
DICIEMBRE	25,9	5,5
TOTAL ANUAL	352,7	94,3

5. ANÁLISIS EDAFOLÓGICO

5.1. ANALISIS DE LA MUESTRA

En las siguientes tablas se muestran los rsumenes de las muestras.

Parámetro	Resultado
pH	8,33
Conductividad (25°C)	0,12 dS/m
Nitrógeno total	0,05 %
Materia Orgánica	0,56 %
Fósforo asimilable	8,24 p.p.m.
Potasio de cambio	0,47 meq/100 g
Carbonatos totales	13,5%
Caliza activa	6,82 %
Textura	Arena 67,9 % Limo 12,1 % Arcilla 20,0 %

Resultados análisis de suelo 0-30cm

Parámetro	Resultado
pH	8,26
Conductividad (25°C)	0,10 dS/m
Nitrógeno total	0,05 %
Materia Orgánica	0,42 %
Fósforo asimilable	6,02 p.p.m
Potasio de cambio	0,38 meq/100 g
Carbonatos totales	9,6 %
Caliza activa	2,27 %
Textura	Arena 68,4 % Limo 10,8 % Arcilla 20,8 %

Resultados análisis de suelo 30-60c

5.2. TEXTURA

Con los datos de arena, arcilla y limo se interpreta el diagrama textural y se obtiene un suelo **FRANCO-ARENOSO**.

5.3. pH

Para un pH de 8,33 y 8,26 se trataría de un suelo **moderadamente básico**.

5.4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad a 25°C es de 0,12 dS/m y 0,10 dS/m por lo que la influencia sobre los cultivos, en este caso el almendro, es **inapreciable**.

5.5. MATERIA ORGÁNICA

El suelo tiene un 0,56% y 0,42% de materia orgánica por lo que el **nivel es muy bajo**.

5.6. CARBONATOS

La cantidad de carbonatos totales es de 13,5% y 9,6% por lo que su **nivel es normal y bajo** respectivamente.

5.7 FÓSFORO ASIMILABLE

Según Según el método Olsen, el suelo tiene 8,24 mg/kg y 6,02 mg/kg de fosforo asimilable, lo que representa un nivel bajo.

5.8 POTASIO DE CAMBIO

El suelo tiene 0,47 meq/100 g y 0,38 meq/100 g, es decir, un **nivel bajo de potasio**.

5.9 CALIZA ACTIVA

El suelo tiene un porcentaje del 6,82% y 2,27%, lo que corresponde a un **nivel medio y bajo de caliza activa**.

5.10. CONCLUSIÓN

El suelo no tendrá ningún tipo de limitación salvo la aplicación de materia orgánica ya que los niveles son muy bajos (0,56% y 0,42%)

En preplantación será necesario aportar estiércol para elevar el nivel de materia orgánica en el suelo. Para aumentar un 1% la materia orgánica en el suelo es necesario aplicar aproximadamente 30t/ha de estiércol (García-Serrano,P, y Ruano,S, 2010).

6. ANÁLISIS DEL AGUA

Para la parcela en la cual se va a instalar el regadío, se usarán aguas procedentes del canal del Cinca, el cual parte de la presa del Grado.

El agua utilizada para regar la parcela objeto del proyecto llega por una tubería subterránea a presión abastecida por una balsa de captación.

Los datos utilizados son del día 9 de junio de 2008 y han sido suministrados por la Confederación Hidrográfica del Ebro.

Resultados del análisis:

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH		8,4
Conductividad (CE)	$\mu\text{S/cm}$ a 20°C	269,0
Oxígeno disuelto	mg/L O ₂	9,9
Oxígeno disuelto (%sat)	% sat.	97,3
Sólidos en suspensión	mg/L	4,0
Dureza total	mg/L CO ₃ Ca	155,1
	mg/l	meq/l
Carbonatos CO ₃ ⁻	7,40	0,12
Bicarbonatos CO ₃ H ⁻	147,70	2,42
Calcio Ca ²⁺	52,60	2,62
Magnesio Mg ²⁺	7,10	0,58
Sodio Na ⁺	3,70	0,16
Cloruros Cl ⁻	3,70	0,10
Sulfatos SO ₄ ²⁻	24,50	0,51
Nitratos NO ₃ ⁻	1,00	0,02
Potasio K ⁺	Inapreciable	Inapreciable

La conductividad eléctrica (CE) varía con la temperatura. Conviene expresarla a 25°C y no a 20°C como nos muestra el análisis, por lo que se debe multiplicar por un factor f_t para transformarla en $CE_{25} = 0,299 \text{ dS/m}$

6.1. pH

El pH del agua analizada es de 8,4. Se trata de un agua alcalina apropiada para el riego.

6.2. RIESGO DE SALINIZACIÓN

El valor de nuestra $CE = 0,299 \text{ dS/m}$, **no hay problema de salinidad.**

6.3. CONTENIDO TOTAL DE SALES

El contenido total de sales (ST) y la conductividad eléctrica (CE) están relacionadas mediante la siguiente expresión:

$$ST = 0,64 \cdot CE \quad \text{donde:} \quad \mathbf{ST = 0,19 \text{ g/l}}$$

6.4. PRESIÓN OSMÓTICA

La presión osmótica (Po) y la conductividad eléctrica (CE) están relacionadas mediante la siguiente expresión:

$$Po = 0,36 \cdot CE \quad \text{do} \quad \mathbf{Po = 0,11 \text{ atm}}$$

6.5. IONES

6.5.1. CLORUROS

El agua analizada tiene una concentración de cloruros de 0,10 meq/l, por lo que no habrá problemas.

Otros autores señalan en 0,5 g/l la concentración máxima de cloruros. En el agua analizada hay 0,00370 g/l, **no habrá problemas**.

6.5.2. NITRATOS

En el análisis del agua que queremos emplear se aprecia una concentración de nitratos de 1 mg/l. Como $1 \text{ mg/L} < 5 \text{ mg/L}$ (tabla FAO), **no hay restricciones de uso** y se considera un agua apta para el riego.

6.5.3. SULFATOS

El contenido en sulfatos del agua analizada es de 0,51 meq/l, que es una baja concentración la cual **no ocasionará problemas**.

6.5.4. CALCIO

El agua analizada contiene 2,62 meq/l, lo que supone una baja concentración que **no causará problemas** en las plantas.

6.5.5. SODIO

En el agua analizada la concentración de sodio es 0,16 meq/l lo que equivale a 0,0037 g/l, por lo que este valor **no causará problemas**.

6.5.6. POTASIO

La cantidad de potasio que presenta el agua analizada es inapreciable según los análisis, por lo que **no causará problemas** ni en las plantas ni en el sistema de riego por goteo.

6.5.7. MAGNESIO

El aporte de magnesio mediante el agua de riego es de 7,10 mg/l, el cual será beneficioso para las plantas de almendro.

6.6. RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO

La relación de adsorción de sodio (RAS) es un parámetro que representa la posible influencia del ión sodio, presente en el agua de riego, sobre el suelo. sodio en los suelos.

$$RAS = \frac{0,16}{\sqrt{\frac{2,62 + 0,58}{2}}} = 0,13$$

Según este índice, es un **agua con muy escaso poder de alcalinización**.

6.7. RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO CORREGIDO

El contenido de calcio (Ca^{2+}) sufre modificaciones después del riego, por lo que se necesita considerarlas mediante el RAS corregido.

Las variaciones se muestran en aumentos de concentración cuando se disuelven minerales de calcio, o disminuciones al precipitar carbonato cálcico ($CaCO_3$).

$$RAS_{corregido} = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

La ecuación de RAS corregido queda de la siguiente manera:

$$RAS_{corregido} = \frac{0,16}{\sqrt{\frac{2,02 + 0,58}{2}}} = 0,14$$

6.8. RELACIÓN DE CALCIO O ÍNDICE DE KELLY

Se emplea para determinar el riesgo de alcalinización, junto con el Índice de Eaton.

El agua analizada tiene un porcentaje del 77,97 %, por lo que será de **buena calidad**.

6.9. RELACIÓN DE SODIO

El porcentaje de soluble de sodio es válido, por lo que el agua es **buena para el riego**.

6.10. CARBONATO SÓDICO RESIDUAL O ÍNDICE DE EATON

Este índice nos ayuda a conocer la acción degradante del agua sobre las plantas y el suelo.

Según el Índice de Eaton, **agua es recomendable para el riego**.

6.11. COEFICIENTE ALCALIMÉTRICO O ÍNDICE DE SCOTT

Este índice determina la calidad agronómica que tiene el agua que se desea emplear para regar. Se muestra en función de las concentraciones entre ión cloruro, sulfato y sodio.

El agua analizada tiene un valor de $K = 662$, mayor que 18, por lo que se trata de un **agua buena** y se puede utilizar sin tomar precauciones.

6.12. DUREZA DEL AGUA

El valor obtenido en el agua analizada es de $16,13^{\circ}\text{F}$, por lo que se trata de un **agua medianamente dulce**, por lo que no presentará problemas.

6.13. CLASIFICACIÓN DEL AGUA NORMA DE RIVERSIDE

Con los datos de $\text{CE (micromho/cm)} = 299$ y $\text{R.A.S.} = 0,13$, se obtiene un agua correspondiente al tipo **C₂-S₁** que indica **riesgo medio de salinización del**

suelo y bajo de alcalinización (incorporación de sodio al complejo adsorbente del suelo). El agua es de buena calidad y apta para el riego.

6.14. NORMAS DE H. GREENE (FAO)

Se obtiene un **agua de buena calidad** para el riego.

6.15. NORMAS WILCOX

Se obtiene un **agua de riego de excelente a buena**.

6.16. CLASIFICACIÓN SEGÚN PERMEABILIDAD DEL SUELO

El agua analizada es de **buena calidad** y se podrá utilizar para el riego.

6.17. RIESGO DE OBSTRUCCIONES

Los emisores pueden obstruirse, siendo este un problema muy grave en el riego localizado de alta frecuencia (RLAF).

Las partículas sólidas en suspensión, en nuestro caso 4 mg/l, son eliminadas mediante los filtros.

6.18. INDICE DE SATURACION DE LANGELIER

Mediante el índice de saturación de Langelier (IL) se valora el riesgo de precipitación del calcio.

Se obtiene un $IL = 0,8$ que corresponde con un **riesgo alto** de obstrucción.

Mediante el abonado se añadirán ácidos fosfóricos.

7. MATERIAL VEGETAL Y DISPOSICIÓN

7.1 ELECCIÓN DE LA VARIEDAD

La variedad elegida es Vairo. Esta elección se justifica mediante la matriz de efectos que se muestra a continuación donde se analizan factores como fecha floración, duración, tolerancia a enfermedades, vecería, cantidad de almendras dobles, etc.

Características de la variedad “Vairo”:

• VAIRO

Origen: Cruzamiento de “4-665” x “Lauranne” realizado en 1991 en Mas de Bover (Tarragona).

Floración: Tardía. Similar a Guara y Glorieta.

Vigor y porte del árbol: Muy vigoroso. Esta característica le permite mantener un buen equilibrio entre la producción y el crecimiento vegetativo.

Fruto: Tamaño medio. Forma acorazonada-amigdaloides, con un rendimiento del 29% y ausencia de almendras dobles. Cáscara dura.

Polinización: Autofértil. No necesita polinización cruzada, aunque se ve favorecida por la presencia de Francolí, Constantí, Guara.

Producción: De rápida entrada en producción. Muy productiva y regular.

Observaciones: De fácil poda y formación, y rápida entrada en producción. Excelente capacidad productiva. Tolerante a fusicoccum y a mancha ocre.

En la siguiente tabla se puede apreciar la matriz de efectos, en la que se tienen en cuenta los factores nombrados en los puntos anteriores. Cada aspecto se valora con puntuaciones del 1 al 3, siendo 3 la mejor puntuación.

CONDICIONANTES	D.LARGUETA	MARCONA	GUARA	FERRAGNES	FERRADUEL	SOLETA	BELONA	MONCAYO	TUONO	D.ROJO	GLORIETA	CONSTANTI	FRANCOLI	TARRACO	VAIRO	MARINADA
FECHA DE FLORACIÓN	1	1	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3
DURACIÓN DE LA FLORACIÓN	3	2	2	2	2	3	3	1	2	2	3	2	2	2	2	2
FERTILIDAD	1	1	3	1	1	3	3	3	3	1	1	3	3	1	3	3
CAPACIDAD PRODUCTIVA	2	2	3	2	1	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2
VE CERÍA	2	2	2	1	1	2	2	1	2	2	3	3	3	3	3	3
PORTE DEL ÁRBOL	1	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2
TOLERANCIA A ENFERMEDADES	2	1	1	3	3	2	2	3	1	1	2	1	1	2	3	2
EPOCA DE MADURACIÓN	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
DESPRENDIMIENTO FRUTO	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
CONSISTENCIA CÁSCARA	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
RENDIMIENTO	1	1	3	2	2	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2
% ALMENDRAS DOBLES	3	3	1	3	3	3	3	2	1	2	2	3	1	3	3	3
TOLERANCIA HELADAS TARDÍAS	1	1	3	1	1	2	2	2	3	1	3	3	3	3	3	3
ADAPTACIÓN A LA ZONA	3	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2	3	3	2	3	2
TOTAL	27	27	35	30	29	38	37	33	34	28	35	38	36	36	40	36

Matriz de efectos de variedades de almendro.

7.1.1. ORIGEN DE LA VARIEDAD

Árbol procedente del cruzamiento “4-665” x “Lauranne”, realizado en 1991 en Mas de Mover (Tarragona).

Variedad obtenida mediante un programa de mejora de variedades de almendro del IRTA (21-323).

7.1.2. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

Se trata de un árbol muy vigoroso. Esta característica le permite mantener un buen equilibrio entre la producción y el crecimiento. La densidad foliar que tiene es media.

Los trabajos de formación y poda son muy sencillos, por lo que se minimizan los esfuerzos en configurar la copa del árbol.

La época de floración es tardía (similar a Guara). La duración de la floración es media y abundante en cuanto a cantidad. Los frutos se localizan principalmente en ramilletes, aunque también en brindillas y ramos mixtos.

Es una variedad autofértil, es decir, no necesita polinización cruzada. Es autocompatible y tiene buen nivel de autogamia (capaz de producir en condiciones de aislamiento). La polinización se ve favorecida si se combina con plantas de variedades como Constantí, Francolí o Guara.

El árbol entra en producción muy rápido, teniendo una capacidad productiva excelente, siendo muy regular a lo largo de los años.

La tolerancia a enfermedades es un aspecto muy importante, y la variedad Vairo es muy tolerante a la “mancha ocre” (*Polystigma ochraceum* Whal.) y tolerante a “fusicoccum” (*Phomopsis amygdali* Del.). Esta circunstancia es a tener en cuenta ya que la zona del Somontano de Barbastro es muy proclive a sufrir ataques de “mancha ocre” durante el verano.

La época de maduración de la almendra es temprana, recolectando su producción a finales de agosto. Las almendras se mantienen adheridas al árbol hasta el momento de la recolección, cuando caen perfectamente al someter a vibración el árbol.

El pellejo de la almendra se separa con gran facilidad, sin ser necesario un segundo pase de descascarado como ocurre en otras variedades.

7.1.3. CARACTERÍSTICAS COMERCIALES

La almendra tiene una forma acorazonada-amigdaloides, con un pequeño mucrón en la punta. La cáscara se considera dura y su rendimiento al descascarado es del 29%, considerándolo un rendimiento elevado. Apenas almendras dobles (0,1%).

El destino de la producción es a “comunes”, ya que por el momento solo se diferencian la Marcona y la Desmayo Langueta.

7.1.4. COMPOSICIÓN DEL GRANO

La composición del grano repelado es la siguiente:

- Aceite: 52,7%
- Proteína bruta: 24,5%
- Azúcares solubles: 3,0 %
- Fibra bruta: 9,0%
- Agua: 4,6%

7.2. ELECCIÓN DE PORTAINJERTOS

En la elección de un buen patrón se debe de tener en cuenta una serie de características: capacidad de penetrar, tolerancia a la sequía, tolerancia al encharcamiento, tolerancia la salinidad, homogeneidad de las plantas, compatibilidad con el injerto y la capacidad productiva.

7.2.1. TIPOS DE PORTAINJERTO

Las posibilidades de elección que existen en este momento para el cultivo del almendro, permiten adoptar el patrón más apropiado a las condiciones de suelo y del sistema de cultivo.

Las opciones son: Híbrido almendro x melocotonero, franco de almendro, franco de melocotonero y ciruelo.

Después de analizar los tipos de portainjerto presentes en el mercado, que se detallan en el Anejo Nº 7, se elige un híbrido entre melocotonero y almendro por ser el más utilizado en la actualidad ya que es el que tiene un mejor comportamiento agronómico, adaptándose a suelos calizos y compactos.

Dentro de este **tipo de patrón se elige el INRA-GF-677**, ya que supera en producción a la mayoría de los otros patrones. Es el patrón más utilizado a nivel mundial y se le considera un patrón referente en este cultivo. Sus características son: se adapta a suelos calizos, secos, compactos y arcillosos. Tiene gran vigor, induce precocidad en la entrada en producción y una elevada producción. Su principal inconveniente es la sensibilidad a nematodos y a *Agrobacterium*.

7.3. ELECCIÓN MARCO DE PLANTACIÓN

En primer lugar se debe de tener en cuenta que la recolección de la producción se realizará mediante un paraguas vibrador.

La posibilidad de marco a tresbolillo se descarta por no ser posible mecanizar correctamente la plantación y no ser posible hacer las labores en tres sentidos, sino en uno sólo ya que los goteros podrían dañarse con el paso de la maquinaria. También se descarta el marco rectangular, ya que al realizar la plantación con una variedad de mucho porte, es necesario un marco que favorezca la luminosidad de las plantas.

El marco de plantación elegido es el **marco real**, ya que de esta manera se pueden llevar a cabo las labores de mecanización con mucha facilidad, además de recibir las plantas un óptimo de iluminación.

7.4. ELECCIÓN DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN

Teniendo en cuenta el elevado vigor de la variedad de almendro “Vairo” y el sistema de formación elegido es en vaso, además de que la recolección se va a llevar a cabo con un paraguas vibrador, la densidad de plantación debe de ser bastante prudente, por lo que adoptamos un **marco real de 7 m x 7 m.** con 204 árboles /ha.

A priori, esta densidad de plantación puede parecer muy baja, pero está justificada ya que es necesaria para que el almendro reciba una buena insolación y pueda producir frutos en todas sus ramas. Además, los equipos de recogida son cada vez de mayor tamaño, y de esta manera se evitan posibles problemas en un momento tan importante.

Al elegir este marco de plantación tan amplio y para que se cumplan los requisitos de superficie mojada y bulbo húmedo, se han dispuesto dos laterales de riego por línea de árboles. De esta manera se abarca mucha más superficie de suelo y la planta tiene mayor accesibilidad al agua y los nutrientes.

7.5. ELECCIÓN DE LA ORIENTACIÓN

En la elección de la orientación de las filas ha primado un aspecto muy importante, que son las curvas de nivel, ya que se trata de unas parcelas con desniveles importantes.

Se plantarán los árboles siguiendo estas curvas lo máximo que sea posible con el fin de evitar una erosión excesiva del terreno en momentos de lluvia.

8. PLANTACIÓN

8.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Se debe preparar el terreno para que las plantas adquieran un correcto sistema radicular y por tanto, los árboles tengan un desarrollo satisfactorio.

La labor de subsolado se realizará ya que no mezcla el suelo y subsuelo, pero sí lo complementa con una labor profunda. Se debe realizar varios meses antes de la plantación, preferentemente en verano, con profundidades mínimas de 60 cm hasta un metro. Se realizarán dos pases de subsolador cruzados a una profundidad de entre 75 cm y 80 cm. El suelo debe estar bastante seco para que la labor sea efectiva.

La labor de subsolado suele levantar piedras de capas inferiores, por lo que de ser así, se procederá a su retirada con una máquina especial para tal efecto. Esta máquina se alquilará por días.

Un pase de grada de discos también es necesario, y se realizará con el fin de desterronar el terreno e igualarlo.

Se realizará un pase de rulo para dejar la superficie del terreno lisa y poder realizar el marcaje más fácilmente.

8.2. REPLANTEO

La labor del replanteo consiste en dejar marcados en el terreno aquellos puntos y líneas que definen la plantación, como son las filas de plantas, situación de las mismas.

El trazado de las tuberías, se realizará antes del marcaje, ya que con esta operación se producen grandes movimientos de tierra y borrarían cualquier marca realizada anteriormente.

8.3. FECHA DE PLANTACIÓN

La fecha de plantación del almendro se puede realizar en dos épocas del año diferenciadas, y con dos tipos de planta distinto. En invierno o finales de primavera a inicios de verano (mayo-junio). La planta utilizada en esta época del año es “con maceta”, el tamaño del plantón suele estar en torno a 1 m y el tallo tiene menos de 1 cm de diámetro.

La fecha elegida es a finales de mayo, por lo que se utilizarán plantas con cepellón dentro de una maceta.

8.4. RECEPCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS PLANTAS

Las plantas son recibidas en unos cajones de madera con tablas separadas entre sí para facilitar la respiración y ventilación de las plantas.

Seguidamente se comprueba que el material vegetal recibido se corresponde con el pedido. Se verifica el patrón y la variedad mediante la etiqueta que posee cada planta anillada en el tronco.

8.5. MÉTODO DE PLANTACIÓN

La plantación se realiza con una máquina plantadora con guiado por tecnología GPS, con lo que se consigue que las plantas estén a una distancia

entre ellas muy ajustada a la medida deseada, así como unas líneas de plantación completamente rectas y paralelas entre sí.

Las plantas se colocarán de forma que el nudo de injerto permanezca por encima de la superficie del terreno. El cepellón quedará completamente cubierto, aunque se recomienda compactar la zona para favorecer el contacto con el suelo.

Al finalizar la plantación se realizará un riego, ya que en esta época del año la planta está activa y necesita un grado de humedad suficiente para que las raíces salgan del cepellón y arraiguen con normalidad.

8.6. COLOCACIÓN DE TUTORES Y PROTECTORES

La colocación de tutores se realiza en el mismo momento de la plantación.

Los plásticos protectores son unos tubos de polietileno blancos que se colocan en el tronco para evitar la deshidratación de la planta y heridas, se colocarán después de la plantación.

8.7. REPOSICIÓN DE MARRAS

En cualquier plantación hay un porcentaje de fallo o marras, por lo que deberán reponer en la campaña siguiente. El viverista que nos ha suministrado la planta se deberá hacer cargo siempre que no sea por un mal manejo de la plantación.

8.8. MANTENIMIENTO DEL SUELO

El mantenimiento del suelo comprende el control de las malas hierbas, mantener una estructura del suelo que logre un desarrollo satisfactorio del almendro, que facilite la aireación, disminuir la erosión y mejorar la fertilidad del suelo.

Las técnicas más usadas para el mantenimiento del suelo son: Técnicas que mantienen el suelo sin vegetación: laboreo del suelo o empleo de herbicidas, cubiertas vegetales y sistemas mixtos.

El sistema elegido es mixto, mediante la utilización de herbicidas en las líneas y una picadora para el control de las malas hierbas en la calle.

En el Anejo Nº 8 se detalla.

8.9. PODA

Las razones que justifican la poda son: evitar la vecería, obtener una buena formación del árbol y obtener un buen equilibrio.

8.9.1. ELECCIÓN DEL SISTEMA DE FORMACIÓN

Los sistemas de formación más representativos de la fruticultura de hueso, se pueden resumir en estos tres:

- Vaso
- Espaldera
- Túnel

El sistema de poda elegido es en **vaso** con secundarias, con el fin de equilibrar la fructificación y el crecimiento para alcanzar la máxima producción de la explotación.

8.9.2. TIPOS DE PODA

Existen varios tipos de poda, dependiendo del momento de desarrollo del almendro y de las características varietales:

- Poda de formación: obtener forma definitiva del árbol. Dura los tres primeros años.
- Poda de producción: potenciar las ramas que producen fruta y limpiar chupones. A partir del cuarto año.
- Poda de renovación: intentar rejuvenecer el árbol.

8.9.3. GESTIÓN DE LOS RESTOS DE PODA

El método de gestión de los restos de poda será mediante su triturado. De esta manera no se exporta este material de la parcela y es una futura materia orgánica muy beneficiosa para la plantación.

8.10. ELECCIÓN SISTEMA DE RECOLECCIÓN

Existen dos tipos de recolección, la manual y la mecánica. Esta última puede ser mediante paraguas vibrador o cosechadora.

La recolección se llevará a cabo mediante un **paraguas vibrador** acoplado a la parte delantera del tractor.

8.11. FECHA DE RECOLECCIÓN

En la zona del Somontano de Barbastro, el momento apropiado de cosecha suele ser en la segunda quincena de agosto.

9. FERTILIZACIÓN

9.1. NITRÓGENO

El nitrógeno es un elemento esencial que las plantas absorben en grandes cantidades, en particular aquellas especies capaces de producir grandes cosechas.

Las altas producciones obtenidas en las plantaciones de almendro en regadío, donde aplicando las modernas técnicas de cultivo se llegan a conseguir producciones de entre 1500-2000 kg/ha de pepita, da lugar a unas elevadas exportaciones de nitrógeno.

9.1.1. EXTRACCIONES DE NITRÓGENO

Las extracciones de elementos nutritivos del suelo incluyen las producidas por los árboles, las de la cobertura del suelo y las pérdidas. Se procurará que las pérdidas sean mínimas para evitar la contaminación de las aguas por lixiviación o arrastre de los nitratos.

Las extracciones de nitrógeno se producen por varios motivos: crecimiento del árbol, crecimiento del fruto y de las hojas.

En nuestra plantación se disponen 204 árboles/ha, por lo que se adopta el valor de 22 kg/ha ya que el vigor de la variedad “Vairo” es medio-alto.

Las extracciones de nitrógeno (kg/ha) por parte de la almendra cáscara se estiman en 20 kg N por tonelada esperada (Grasselly et al., 1997).

En nuestra plantación esperaremos una producción media de 1500 kg/ha de almendra pepita, que haciendo la conversión del 29% de rendimiento al descascarado, se estima una producción de unos 5200 kg/ha de almendra cáscara.

Por lo tanto las extracciones serán: $20 \text{ kg N /t} \times 5,2 \text{ t/ha} = 104 \text{ kg N/ha}$.

El vigor del almendro es medio-alto, por lo que adoptamos una extracción neta por parte de las hojas de 25,21 kg N, con el árbol adulto. En los tres primeros años adoptaremos un vigor bajo con una extracción de 6,72 kg N.

9.1.2. APORTACIÓN DE NITRÓGENO

En nuestro caso, el suelo tenía un 0,5 % de materia orgánica y se trata de un suelo Franco-Arenoso, por lo que le pertenecen, según la tabla, una cantidad de nitrógeno mineralizado de 10 kg N/ha y año.

La concentración de nitratos en el agua de riego de nuestra parcela es solamente de 1 mg/l y las necesidades de agua anuales ascienden a 4430,5 m³/ha, para los árboles adultos.

Entonces le corresponde solamente 1 kg N/ha y año procedente del agua de riego.

9.1.3. NECESIDADES DE NITRÓGENO

La cantidad total de nitrógeno (N) que cada año debemos aportar a una parcela de almendros mediante el abonado se determina: restando del total de exportaciones efectuadas por los árboles y la hierba de cobertura de la parcela, la suma de aportaciones suministradas por el suelo y el agua de riego:

En la siguiente tabla se muestran las necesidades de nitrógeno/ha en los 6 primeros años y sucesivos.

Necesidades de abonado = Extracciones – Aportaciones

	EXTRACCIONES			APORTACIONES		NECESIDADES NETAS DE N
	CRECIMIENTO	PRODUCCIÓN	HOJAS	RIEGO	SUELO	
Año 1	22	23	6,72	1	10	40,72
Año 2	22	46	6,72	1	10	63,72
Año 3	22	55	6,72	1	10	72,72
Año 4	22	92	25,21	1	10	128,21
Año 5	22	111	25,21	1	10	147,21
Año 6 +	22	115	25,21	1	10	151,21

9.2. FÓSFORO

9.2.1. NECESIDADES DE FÓSFORO

Las necesidades de fósforo se muestran en la siguiente tabla.

	Producción esperada(kg/ha)	Kg/ha de P ₂ O ₅
Año 1	0	6,0
Año 2	500	8,5
Año 3	1000	11,0
Año 4	2500	18,5
Año 5	3500	23,5
Año 6 y +	5000	31,0

9.3. POTASIO

9.3.1. NECESIDADES DE POTASIO

En la siguiente tabla se muestran las necesidades de potasio.

	Producción esperada(kg/ha)	Kg/ha de K ₂ O
Año 1	0	26
Año 2	500	33
Año 3	1000	40
Año 4	2500	61
Año 5	3500	75
Año 6 y +	5000	96

9.4. MICRONUTRIENTES

Los micronutrientes son componentes presentes en el árbol pero que están en menor cantidad que el nitrógeno, fósforo y potasio, pero sin dejar de ser igual de importantes.

Su carencia puede provocar anomalías y síntomas que son de difícil diagnóstico sin un análisis de laboratorio, llegando a confundirlos con alguna enfermedad con efectos muy parecidos.

Los principales son Magnesio, Azufre, Calcio, Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso, Cloro, Boro y Molibdeno.

En el Anejo Nº 9 se dan los detalles de cada microelemento.

9.5. FERTIRRIGACIÓN

La fertirrigación es una técnica basada en la aplicación de los fertilizantes disueltos en el agua de riego, de gran importancia en cultivos regados mediante sistemas de riego localizado.

Nos confiere una serie de ventajas: ahorro de fertilizantes debido a la localización, mejor asimilación, mejor distribución, adecuación a las necesidades y rapidez de actuación.

La fertirrigación tiene una serie de inconvenientes que suelen ser por un mal funcionamiento o un manejo incorrecto: obturación por precipitados y aumento excesivo de la salinidad del agua de riego.

9.5.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS

Los productos utilizados en la fertirrigación tienen una serie de características: solubilidad, acidez, salinidad, pureza, toxicidad y compatibilidad en mezclas.

Los principales productos utilizados en fertirrigación son: urea, nitrato amónico, nitrato potásico, sulfato potásico, fosfato monoamónico, solución nitrogenada del 20 % y del 32 %, nitrato de magnesio líquido, ácido nítrico, ácido fosfórico, solución de potasa y complejos líquidos.

9.5.2. PROGRAMA DE FERTIRRIGACIÓN

Las necesidades netas de los fertilizantes han sido calculadas en el inicio de este anejo. En la siguiente tabla se muestra un resumen de estas necesidades a lo largo de la vida del almendro.

Año	Necesidades netas (kg/ha)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	40,72	6,0	26
2	63,72	8,5	33
3	72,72	11,0	40
4	128,21	18,5	61
5	147,21	23,5	75
6 y +	151,21	31,0	96

En la siguiente tabla se muestra el resumen anual de fertilizante a aplicar (kg/ha) dependiendo del año de vida del cultivo que se trate.

Año	Nitrato potásico 13-0-46	Nitrato amónico 33,5-0-0	Ácido fosfórico 0-54-0
1	56	100,6	11,1
2	71,7	162,4	15,7
3	86,9	183,3	20,4
4	132,6	331,37	34,2
5	163,0	376,1	43,5
6 y +	208,7	370,5	57,4

9.6. ENMIENDA ORGÁNICA

En el anejo perteneciente al Análisis edafológico se comprobó que el suelo tiene un contenido en materia orgánica era 0,56 %, por lo que se trata de una cifra muy baja.

Antes de realizar la plantación se realizará un aporte de estiércol de vacuno maduro y bien descompuesto. La cantidad a aplicar será 40 t/ha, que es una cantidad adecuada para aumentar el contenido de materia orgánica del suelo y aproximarse al 2%. Por cada 30 t/ha que se aplican, aumenta un 1% el contenido de materia orgánica del suelo (García-Serrano,P, y Ruano,S, 2010).

10. DISEÑO AGRONÓMICO

La consecución de este diseño no se podría obtener sin antes conocer una serie de factores como son:

- La textura, densidad, profundidad y tipo de suelo.
- La precipitación efectiva y la evapotranspiración del cultivo.
- El marco de plantación, diámetro de copa y profundidad de las raíces.
- El pH y conductividad del agua de riego.

Con los datos anteriores y utilizando las fórmulas adecuadas se obtienen las necesidades netas de agua para el mes crítico.

El diseño agronómico se realiza para las necesidades de julio, de esta manera el cálculo de las tuberías y laterales de riego se dimensionan para cubrir el periodo de riego más exigente.

10.1. BALANCE HIDRICO

10.1.1. ESTADO DEL AGUA EN EL SUELO

En el suelo se pueden diferenciar distintos estados de agua dependiendo de la utilización que hacen las plantas: saturación, capacidad de campo (CC) y punto de punto de marchitez permanente (PMP).

Para calcular la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP) se utilizan las fórmulas de Peele y Briggs:

$$CC = 0,48 \cdot \% \text{ arcilla} + 0,162 \cdot \% \text{ limo} + 0,023 \cdot \% \text{ arena} + 2,62$$

$$PMP = 0,302 \cdot \% \text{ arcilla} + 0,102 \cdot \% \text{ limo} + 0,0147 \cdot \% \text{ arena}$$

$$CC = 0,48 \cdot 20,4 + 0,162 \cdot 11,5 + 0,023 \cdot 68,1 + 2,62 = \mathbf{15,84 \%}$$

$$PMP = 0,302 \cdot 20,4 + 0,102 \cdot 11,5 + 0,0147 \cdot 68,1 = \mathbf{8,33 \%}$$

10.1.2. AGUA DISPONIBLE

$$\text{Agua disponible} = CC - PMP$$

El agua disponible que contiene una hectárea del suelo objeto del proyecto se calcula a continuación, tras conocer los siguientes datos:

- ▶ Capacidad de campo (CC) = 15,84%
- ▶ Punto de marchitez permanente (PMP) = 8,33%
- ▶ Densidad aparente del suelo = 1,50 tm/m³
- ▶ Profundidad del suelo = 1 m

Volumen de agua disponible en una hectárea de suelo:

$$15000 \text{ tm} \cdot 0,0751 = 1126,5 \text{ tm} = \mathbf{1126,5 \text{ m}^3}$$

10.1.3. AGUA FÁCILMENTE DISPONIBLE

Es la parte del agua disponible que los cultivos aprovechan fácilmente sin que disminuya el rendimiento máximo.

La reserva de agua fácilmente disponible por hectárea será:

$$30 \text{ mm} = 30 \text{ litros/m}^2 = 300000 \text{ litros/ha} = \mathbf{300 \text{ m}^3/\text{ha}}$$

En la siguiente tabla se representa el **balance hídrico** sencillo mes a mes. Es muy útil para conocer el mes que se inician los riegos y la cantidad teórica que hay que restituir para que el almendro disponga en el suelo la cantidad de agua fácilmente disponible (AFD).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pe	4,6	0,0	6,7	20,2	14,8	6,0	0,3	0,0	16,1	11,7	8,3	5,5
ETc	0,0	0,0	31,0	66,3	107,2	154,2	191,2	175,8	88,5	33,7	13,2	0,0
Pe-ETc	4,6	0,0	-24,3	-46,1	-92,4	-148,2	-190,9	-175,8	-72,4	-22,0	-4,9	5,5
AFD	30,0	30,0	5,7	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
DEF	0,0	0,0	-24,3	-46,1	-92,4	-148,2	-190,9	-175,8	-72,4	-22,0	-4,9	0,0
EXC	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5

Durante los meses de marzo a noviembre es necesario regar.

10.2. NECESIDADES NETAS DE RIEGO

Las necesidades netas se calculan con la siguiente ecuación:

$$N_n = ET_c - P_e - G_w - \Delta w$$

En el diseño, el agua aportada por la precipitación efectiva no se considera ya que es muy improbable que llueva en el intervalo entre dos riegos, debido a que en los riegos localizados de alta frecuencia se suele regar todo los días.

No se consideran ni el aporte capilar, ya que la capa freática no está suficientemente cerca, ni las variaciones de almacenamiento, ya que se repone con alta frecuencia el agua extraída.

La ecuación anterior queda de la siguiente manera:

$$N_n = ET_c$$

10.2.1. CORRECCION DE LAS NECESIDADES NETAS

Las necesidades netas deben corregirse mediante la aplicación de unos coeficientes que se detallan a continuación:

$$N_n = ET_c \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

- K_1 = Coeficiente corrector por localización = 0,42
- K_2 = Coeficiente corrector por variación climática = 1,20
- K_3 = Coeficiente corrector por advección = 0,9

En el Anejo Nº 10 se detalla el cálculo de estos coeficientes.

Por lo tanto, aplicando los coeficientes K_1 , K_2 , K_3 y $ET_c = 6,17$ mm/día del mes de Julio (mes con evapotranspiración de cultivo máxima diaria) queda:

$$N_n = 2,80 \text{ mm}$$

por planta y día supone: $2,80 \text{ l/m}^2 \times 7 \text{ m} \times 7 \text{ m} = 137,2 \text{ litros/planta y día}$

10.3. NECESIDADES TOTALES DE RIEGO

Las necesidades totales de riego siempre son mayores que las necesidades netas. Esto es debido a que es necesario aportar cantidad extra para compensar las pérdidas por:

- ▶ Percolación profunda: **$R_p = 1$**
- ▶ Necesidades de lavado (salinidad): **$RL = 0,021$**
- ▶ Falta de uniformidad del riego: **$CU = 0,90$**

En el Anejo Nº 10 se detalla el cálculo de estos coeficientes.

Las necesidades totales de riego se calculan mediante la siguiente expresión:

$$N_t = \frac{N_n}{E_a} = \frac{N_n}{R_p \cdot (1 - RL) \cdot CU}$$

$$N_t = 3,18 \text{ mm}$$

Las necesidades totales se pueden expresar en cantidad de agua por árbol y día. Para conseguir este parámetro hay que multiplicar las necesidades totales por el marco de plantación: **155,82 litros/árbol y día ó 0,37 l/seg ha.**

La necesidades reales serán: $N_r = 985,8 \text{ m}^3/\text{ha y mes}$

En la siguiente tabla se muestra un resumen por meses de las necesidades netas (N_n), necesidades totales (N_t) y necesidades reales (N_r) a aplicar por hectárea, así como el caudal continuo necesario.

Las necesidades de riego anual por hectárea serán **4430,5 m³**.

	ETc mm/día	Nn mm/día	Nt mm/día	Nt l/árbol y día	Nreal m ³ /ha y mes	Caudal continuo l/sg y ha
Marzo	1,00	0,45	0,51	24,99	158,1	0,06
Abril	2,21	1,00	1,13	55,37	339,0	0,13
Mayo	3,46	1,57	1,78	87,22	551,8	0,21
Junio	5,14	2,33	2,64	129,36	792,0	0,30
Julio	6,17	2,80	3,18	155,82	985,8	0,37
Agosto	5,67	2,57	2,92	143,08	905,2	0,34
Septiembre	2,95	1,34	1,52	74,48	456,0	0,17
Octubre	1,09	0,49	0,56	27,44	173,6	0,06
Noviembre	0,44	0,20	0,23	11,27	69,0	0,03
					4430,5	

10.4. SUPERFICIE MOJADA POR UN EMISOR

El diámetro mojado por un emisor, en un suelo considerado de textura media se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$d = 0,7 + 0,11 \cdot q$$

Se fija como caudal del emisor $q = 4 \text{ l/h}$, siendo el más habitual en plantaciones de frutales y almendro, obteniendo:

$$A_e = 1,02 \text{ m}^2$$

10.5. PORCENTAJE DE SUPERFICIE MOJADA

El porcentaje de superficie mojada por planta debe de estar comprendido, para plantaciones con marco amplio, entre 25 y 30%. En este proyecto adoptamos un valor medio: $P = 28\%$.

$$\text{Superficie mojada por planta} = \mathbf{13,72 \text{ m}^2}$$

10.6. NÚMERO DE EMISORES POR PLANTA

Para la determinación del número de emisores por planta se utiliza la siguiente expresión:

$$e = \frac{S_p \times P}{100 \times A_e}$$

$$e = 13,45 \approx \mathbf{14 \text{ emisores por planta}}$$

10.7. SEPARACIÓN ENTRE EMISORES

Esta circunstancia hace necesario que se solapen los bulbos en un porcentaje mínimo que suele estar entre el 15 y el 30%. En este caso se adopta un 20%.

La separación entre emisores resulta de la siguiente ecuación:

$$S_e = r \times \left(2 - \frac{a}{100}\right)$$

$$Se = 0,57x \left(2 - \frac{20}{100} \right)$$

$$Se = 1,026 \text{ m} \approx \mathbf{1 \text{ m}}$$

Según los cálculos realizados, se necesitan **14 emisores por planta** y con una **separación de 1 metro** para que se cumpla el 28% de superficie mojada.

Este planteamiento es técnicamente imposible ya que entre planta y planta hay 7 metros de distancia.

Se toma la decisión de disponer de **doble tubería de portagoteros** por fila de almendros, con una separación **de 1 metro entre las dos tuberías** y **1 metro entre emisores** del mismo lateral.

Es necesario recalcular el porcentaje de superficie mojada para comprobar si está entre el 25 y el 30% recomendado para plantaciones de árboles con marco amplio.

$$e = \frac{S_p \times P}{100 \times A_e}$$

$$P = 29,14\%$$

Con este resultado se confirma que cumple con el mínimo de superficie mojada.

10.8. PROFUNDIDAD DEL BULBO HÚMEDO

La profundidad del bulbo húmedo debe de estar comprendida entre el 90 y el 120% de la profundidad efectiva de la raíz.

La profundidad del bulbo húmedo (p) estará comprendida entre los 0,9 metros y los 1,2 metros.

10.9. DOSIS, DURACIÓN E INTERVALO DEL RIEGO

Se adopta, para el intervalo entre riegos (I), el valor de 1 día. Además se conocen otros datos obtenidos anteriormente:

- $n = 14$ emisores por planta
- $q = 4$ litros/hora
- $N_t = 155,82$ litros/día y árbol para el mes más exigente (julio)

Sustituyendo en la siguiente ecuación, resulta:

$$t = \frac{N_t \cdot I}{n \cdot q}$$

$$t = \frac{155,82 \cdot 1}{14 \cdot 4} = 2,78 \text{ horas}$$

10.10. ELECCIÓN DE EMISORES

Se comparan tres tipos de emisores para poder escoger el que mejor se adapte a nuestras necesidades:

- De remolino o “vortex”
- Autocompensanteinconvenientes
- Laberinto

El modelo elegido es un gotero PC autocompensante de la firma comercial Netafim. Dispone de alta resistencia a la obturación y una correcta distribución de agua y fertilizantes. Posee una serie de características que se detallan a continuación:

- Caudal nominal (q) = 4 litros/hora
- Coeficiente de variación (C.V.) = 3%
- Constante K = 4,0
- Exponente de descarga (x) = 0 dentro de las presiones de trabajo
- Rango de presiones de trabajo de 0,5 a 4 bar.

La ecuación característica de un emisor es:

$$q = k \cdot h^x \quad \text{donde:}$$

- q = caudal del emisor, en litros/hora
- k = coeficiente específico de cada emisor, que representa el caudal que suministra a una presión de 1 m.c.a.
- x = exponente de descarga característico de cada emisor
- h = presión a la entrada del emisor, en m.c.a.

$$q = 4,0 \cdot h^0$$

11. DISEÑO HIDRÁULICO

En el diseño hidráulico se define el dimensionado, disposición y funcionamiento de la red de riego localizado de alta frecuencia, así como todos los componentes necesarios para que se produzca de manera correcta.

11.1. DISEÑO DE LAS SUBUNIDADES DE RIEGO

La plantación se divide en **siete subunidades de riego**, cuyas dimensiones dependen de la forma irregular de las parcelas, así como de la topografía de las mismas.

En este proyecto la cantidad de subunidades de riego será igual al de unidades de riego, ya que cada subunidad se regará por separado.

Las subunidades de riego estarán formadas por una tubería terciaria, encargada de suministrar el caudal y presión suficiente a los laterales, y una serie de laterales porta emisores.

Por **cada línea de almendros se dispondrá de dos laterales separados entre ellos por 1 metro de distancia**, con el fin de cumplir los requisitos obtenidos en el diseño agronómico.

A efectos de cálculo, se considera la hipótesis de que los dos laterales están situados sobre la línea de los árboles, ya que la diferencia de pérdidas de carga en el medio metro que se adelanta un lateral las compensa el otro lateral que se retrasa.

11.1.1. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 1

VARIACIÓN DE PRESIÓN

En cada subunidad de riego, puede existir una variación máxima de caudal entre los goteros que emiten el mínimo y el máximo del 10 %, o lo que es lo mismo, una variación máxima del 20 % de la presión nominal del emisor.

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = 0,2 \cdot \frac{Pn}{\gamma}$$

donde:

- $\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD}$: variación de presión máxima admisible en la subunidad de riego
- Pn : presión nominal del emisor

Sustituyendo la presión nominal del emisor se obtiene:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = 0,2 \cdot \frac{4}{\gamma}$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = 0,8 \text{ mca}$$

Las pérdidas admisibles en la subunidad de riego se deben repartir entre la tubería terciaria y los laterales de riego.

Se sigue un criterio económico por el que el coste de la instalación será el mínimo posible si se cumple que:

- el 55 % de las pérdidas admisibles en la subunidad se producen en los laterales de riego (LR).

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{LR} = 0,55 \cdot 0,8 \text{ mca}$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{LR} = 0,44 \text{ mca}$$

- el 45 % de las pérdidas admisibles en la subunidad se producen en la tubería terciaria (TT).

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = 0,45 \cdot 0,8 \text{ mca}$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = 0,36 \text{ mca}$$

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES

Los laterales de riego tienen una pérdida de carga admisible de:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{LR} = 0,44 \text{ mca}$$

por lo que:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{LR} = (a \cdot hr)_{LR}$$

$$0,44 = (a \cdot hr)_{LR}$$

donde:

- a : pérdidas de carga singulares (se consideran un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo).
- hr : pérdidas de carga por rozamiento continuo en el lateral, en mca.

Por lo que la pérdida de carga admisible por rozamiento continuo será:

$$(hr)_{LR} = \frac{0,44}{1,2}$$

$$(hr)_{LR} = 0,37 \text{ mca}$$

y se relaciona con la pérdida de carga de una tubería con servicio en extremo mediante la siguiente expresión:

$$hr = F \cdot hre$$

donde:

- F : factor de Christiansen.
 - hre : pérdida de carga admisible de una tubería con servicio en extremo.
- El factor de Christiansen se define mediante la siguiente expresión:

$$F = \frac{1}{1 + \beta}$$

donde:

- $\beta = 1,75$ (valor para tuberías de polietileno)

$$F = \frac{1}{1 + 1,75}$$

$$F = 0,364$$

Por lo que:

$$hre = \frac{hr}{F}$$

$$hre = \frac{0,37}{0,364}$$

$$hre = 1,02 \text{ mca}$$

Para calcular el diámetro de los laterales, que son de polietileno, se utiliza la fórmula de Cruciani:

$$hre = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot L$$

- El mayor diámetro interior es necesario para el lateral número 42, el cual precisa como mínimo 20,86 mm, por lo que es necesario instalar tuberías de polietileno PE 50A Ø25 PN4 (diámetro interior 22,40 mm).

- Se adopta para todos los laterales de riego de la subunidad número 1 la tubería de polietileno **PE 50A Ø25 PN4** (diámetro interior 22,40 mm).

PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES

La presión necesaria en el origen de cada lateral de la subunidad de riego se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$P_0 = P_m + 0,73h \pm \frac{\Delta Z}{2}$$

donde:

- P_0 = presión al origen del lateral, en mca
- P_m = pérdida de trabajo del gotero, en mca
- h = pérdida de carga del lateral, en mca
- ΔZ = desnivel entre el inicio y el final del lateral, en m
- Si el lateral es ascendente (+ ΔZ) y si es descendente (- ΔZ)

A continuación se calcula la presión al origen de cada lateral, conocidos los siguientes datos:

- $P_m = 4$ mca
- $h = 1,02$ mca
- ΔZ = signo + ó – dependiendo de cada lateral

Tras el cálculo de la presión necesaria al origen de cada lateral, se observa que el **lateral número 3** es el más exigente con **$P_0 = 5,43$ mca**.

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La subunidad de riego número 1 dispone de una tubería terciaria con las siguientes características:

TERCIARIA	LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)	Q (l/s)
1	141,70	352,95	340,60	-12,35	-0,087	20272	5,63

La tubería terciaria tiene una pérdida de carga admisible de:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = 0,36 \text{ mca}$$

y existe una variación de altura:

$$(\Delta Z)_{TT} = 12,35 \text{ m}$$

por lo que:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - (\Delta Z)_{TT}$$

$$0,36 = (a \cdot hr)_{TT} - 12,35$$

$$(a \cdot hr)_{TT} = 0,36 + 12,35 = 12,71 \text{ mca}$$

donde:

- a : pérdidas de carga singulares (se consideran un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo).
- hr : pérdidas de carga por rozamiento continuo en la terciaria, en mca.

Por lo que la pérdida de carga admisible por rozamiento continuo en la tubería terciaria será:

$$(hr)_{TT} = \frac{12,71}{1,2}$$

$$(hr)_{TT} = 10,59 \text{ mca}$$

y se relaciona con la pérdida de carga de una tubería con servicio en extremo mediante la siguiente expresión:

$$hr = F \cdot hre$$

donde:

- F : factor de Christiansen
- hre : pérdida de carga admisible de una tubería con servicio en extremo

El factor de Christiansen se define mediante la siguiente expresión:

$$F = \frac{1}{1 + \beta}$$

donde:

- $\beta = 1,75$ (valor para tuberías de polietileno)

$$F = \frac{1}{1 + 1,75}$$
$$F = 0,364$$

Por lo que:

$$hre = \frac{hr}{F}$$

$$hre = \frac{10,59}{0,364}$$

$$hre = 29,09 \text{ mca}$$

Para calcular el diámetro de la tubería terciaria, que es de polietileno, se utiliza la fórmula de Cruciani:

$$hre = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot L$$

donde:

- Q: caudal al inicio de la tubería terciaria, en l/h
- D: diámetro interior de la tubería terciaria, en mm
- L: longitud de la tubería terciaria, en m

Estos tres datos son conocidos, por lo que:

$$29,09 = 0,592 \cdot \frac{20272^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot 141,70$$

$$D = 48,26 \text{ mm}$$

Se escoge una tubería de polietileno **PE 50A Ø63 PN6 ATM** con diámetro interior de 55,40 mm.

Al seleccionar un diámetro mayor, las pérdidas de carga reales serán:

$$hre = 0,592 \cdot \frac{20272^{1,75}}{55,40^{4,75}} \cdot 141,70$$

$$hre = 15,10 \text{ mca}$$

PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA

La presión al origen de la tubería terciaria o portalaterales, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$P'_0 = P_0 + 0,73h' \pm \frac{\Delta Z}{2}$$

- P'_0 = presión al origen de la terciaria, en mca

- P_0 = presión en el origen del lateral más exigente, en mca
- h' = pérdida de carga en la terciaria, en mca
- ΔZ = desnivel entre el inicio y el final de la terciaria, en m
- Si la terciaria es ascendente (+ ΔZ) y si es descendente (- ΔZ)

$$P'_0 = 5,43 + 0,73 \cdot 15,10 - \frac{12,35}{2}$$

$$P'_0 = 10,28 \text{ mca}$$

11.1.2. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 2

En esta Subunidad de riego y en las restantes, se sigue el mismo procedimiento que el utilizado en la Subunidad nº1

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES

El mayor diámetro interior necesario es 13,78 mm, por lo que se instalará una tubería de polietileno PE 50A Ø16 PN4 (diámetro interior 14,00 mm) en todos los laterales de la subunidad nº 2.

PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES

Tras el cálculo de la presión necesaria al origen de cada lateral, se observa que el **lateral número 48** es el más exigente con **$P_0 = 6,01 \text{ mca}$** .

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La subunidad de riego número 2 dispone de una tubería terciaria con las siguientes características:

TERCIARIA	LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)	Q (l/s)
2	310,50	366,40	341,75	--24,65	-0,079	26072	7,24

Se escoge una tubería de polietileno **PE 50A Ø75 PN6 ATM** con diámetro interior de 66,00 mm.

PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCARIA

$$P'_0 = 10,02 \text{ mca}$$

11.1.3. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 3

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES

El mayor diámetro interior necesario es 13,29 mm, por lo que se instalará una tubería de polietileno PE 50A Ø16 PN4 (diámetro interior 14,00 mm) en todos los laterales de la subunidad nº 3.

PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES

Tras el cálculo de la presión necesaria al origen de cada lateral, se observa que el **lateral número 60** es el más exigente con **$P_0 = 5,68 \text{ mca}$** .

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCARIA

La subunidad de riego número 3 dispone de una tubería terciaria con las siguientes características:

TERCIARIA	LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)	Q (l/s)
3	318,50	365,09	342,81	--22,28	-0,069	31016	8,61

Se escoge una tubería de polietileno **PE 50A Ø75 PN6 ATM** con diámetro interior de 66,00 mm.

PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCARIA

$$P'_0 = 17,25 \text{ mca}$$

11.1.4. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 4

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES

El mayor diámetro interior necesario es 13,29 mm, por lo que se instalará una tubería de polietileno PE 50A Ø16 PN4 (diámetro interior 14,00 mm) en todos los laterales de la subunidad nº 4.

PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES

Tras el cálculo de la presión necesaria al origen de cada lateral, se observa que los laterales numerados con el 7, 8, 9 y 10 son los más exigentes con **$P_0 = 4,99 \text{ mca}$** .

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La subunidad de riego número 4 dispone de una tubería terciaria con las siguientes características:

TERCIARIA	LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)	Q (l/s)
4	308,40	366,20	344,40	-21,8	-0,071	27640	7,68

Se escoge una tubería de polietileno **PE 50A Ø75 PN6 ATM** con diámetro interior de 66,00 mm.

PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA

$$P'_0 = 12,06 \text{ mca}$$

11.1.5. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 5

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES

El mayor diámetro interior necesario es 14,48 mm, por lo que se instalará una tubería de polietileno PE 50A Ø20 PN4 (diámetro interior 17,80 mm) en todos los laterales de la subunidad nº 5.

PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES

Tras el cálculo de la presión necesaria al origen de cada lateral, se observa el lateral número 30 es el más exigente con $P_0 = 6,73 \text{ mca}$.

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La subunidad de riego número 5 dispone de una tubería terciaria con las siguientes características:

TERCIARIA	LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)	Q (l/s)
5	219,10	369,01	350,70	-18,31	-0,084	25600	7,11

Se escoge una tubería de polietileno **PE 50A Ø75 PN6 ATM** con diámetro interior de 66,00 mm.

PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA

$$P'_0 = 8,74 \text{ mca}$$

11.1.6. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 6

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES

•El mayor diámetro interior necesario es 14,48 mm, por lo que se instalará una tubería de polietileno PE 50A Ø20 PN4 (diámetro interior 17,80 mm) en todos los laterales de la subunidad nº 6.

PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES

Tras el cálculo de la presión necesaria al origen de cada lateral, se observa el lateral número 16 es el más exigente con **$P_0 = 6,34 \text{ mca}$** .

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La subunidad de riego número 6 dispone de una tubería terciaria con las siguientes características:

TERCIARIA	LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)	Q (l/s)
6	247,10	369,99	356,33	-13,66	-0,055	27904	7,75

Se escoge una tubería de polietileno **PE 50A Ø90 PN6 ATM** con diámetro interior de 79,20 mm.

PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA

$$P'_0 = 5,67 \text{ mca}$$

11.1.7. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 7

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES

El mayor diámetro interior es necesario para los laterales 3, 4, 35, 36 y 37, donde se necesita como mínimo 16,95 mm, por lo que no es suficiente con la tubería de PE 50A Ø16 PN4 (diámetro interior 14,00 mm).

Se adopta para todos los laterales de riego de la subunidad número 7 la tubería de polietileno **PE 50A Ø20 PN4** (diámetro interior 17,8 mm).

PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES

Tras el cálculo de la presión necesaria al origen de cada lateral, se observa que el **lateral número 38** es el más exigente con **$P_0 = 6,99 \text{ mca}$** .

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La subunidad de riego número 7 dispone de una tubería terciaria con las siguientes características:

TERCIARIA	LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)	Q (l/s)
7	317,10	371,21	357,42	-13,8	-0,0435	30824	8,56

La tubería de polietileno necesaria como mínimo, tras los cálculos realizados, es PE 50A Ø75 PN6 ATM (diámetro interior de 66 mm), pero se trata de una tubería que produce unas pérdidas de carga elevadas ($h_{re} = 30,64$ mca), que posteriormente repercuten en una presión mayor al inicio de la tubería terciaria y un mayor diámetro de la tubería de distribución.

Se escoge una tubería de polietileno **PE 50A Ø90 PN6 ATM** con diámetro interior de 79,20 mm.

PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA

$$P'_0 = 9,50 \text{ mca}$$

Si se hubiera elegido la tubería de PE 50A Ø75 PN6 ATM, la presión al origen de la tubería terciaria sería de 22,45 mca.

Este valor es superior a los 19,79 mca de pérdida de carga disponible en la tubería de distribución, tal y como se puede ver en el siguiente punto del anejo, por lo que no sería factible.

11.2. CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN

Según la Comunidad de Regantes nº1 del Canal del Cinca, se garantiza una presión en el hidrante de 40 mca.

Las características de la tubería de distribución o secundaria son:

LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)
832,00	351,00	371,21	-20,21	-0,024	30824

Por lo tanto, las pérdidas por diferencia de cota $\Delta Z = 20,21$ m.

Al disponer de una presión de 40 mca en el hidrante, la pérdida de carga disponible será:

$$h_r = 40 - \Delta Z = 40 - 20,21 = 19,79 \text{ mca}$$

La comprobación se desarrolla con los datos de la Subunidad nº 7, ya que es la que tiene una mayor diferencia de cota, la máxima longitud de la tubería de distribución y un caudal necesario muy elevado, siendo el segundo más importante tras el que se utiliza en la Subunidad nº 3.

Se deduce que la pérdida de carga de la tubería de distribución, en toda su longitud, puede ser como máximo:

$$19,79 - P'_0 = 19,79 - 9,50 = 10,29 \text{ mca}$$

Se considera una longitud ficticia de la tubería de distribución (L_f) un 20% mayor que la longitud real:

$$L_f = 1,20 \cdot L$$

$$L_f = 1,20 \cdot 832 = 998,4 \text{ m}$$

Utilizando la fórmula de Veronese para tuberías de PVC, se calcula el diámetro teórico de la tubería de distribución:

$$hr = 0,365 \cdot \frac{Q^{1,8}}{D^{4,8}} \cdot L$$

Conocidos los siguientes datos:

- $hr = 10,29$ mca
- $Q = 30824$ l/h
- $L = 998,4$ m

Se obtiene un diámetro interior teórico $D = 101,41$ mm

La tubería de PVC cuyo diámetro comercial se acerca más es la de **PVCØ110PN6** (diámetro interior 104,60 mm).

Se calcula la pérdida de carga real, ya que el diámetro de la tubería de distribución se conoce:

$$hr = 0,365 \cdot \frac{30824^{1,8}}{104,60^{4,8}} \cdot 998,4$$

$$hr = 8,87 \text{ mca} < 10,29 \text{ mca} \rightarrow \text{cumple}$$

En la siguiente tabla, se muestra de manera resumida, la comprobación de las pérdidas de carga máximas admisibles en la tubería de distribución para cada una de las subunidades de riego, debido a que varían las longitudes, caudal y pérdidas de carga reales.

	hr máx.(mca)	Lf (m)	Q (l/h)	Dint (mm)	D nom (mm)	hr (mca)
Tramo Origen- Sub nº 1	27,27	61,69	20272	39,46	110,00	0,26
Tramo Origen- Sub nº 2	14,58	414,31	26072	73,74	110,00	2,72
Tramo Origen- Sub nº 3	8,66	510,17	31016	91,61	110,00	4,58
Tramo Origen- Sub nº 4	12,92	626,53	27640	84,25	110,00	4,57
Tramo Origen- Sub nº 5	13,25	757,23	25600	84,71	110,00	4,82
Tramo Origen- Sub nº 6	15,34	883,23	27904	87,63	110,00	6,56
Tramo Origen- Sub nº 7	10,29	998,40	30824	101,41	110,00	8,87

Tras los resultados obtenidos, se puede afirmar que el diseño sirve para el resto de las subunidades de riego, ya que la pérdida de carga real (hr) es inferior, en todos los casos, a la pérdida de carga máxima admisible (hr máx.)

El diámetro de la tubería de PVC necesaria para todos los tramos será la de **PVCØ110PN6** (diámetro interior 104,60 mm). En los primeros tramos se podría utilizar un diámetro menor, pero al ser la parte final la más exigente en cuanto al diseño, esta condiciona toda la tubería de distribución.

11.3. RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los materiales, diámetro y presión nominal de cada una de las tuberías utilizadas en la instalación de riego objeto del proyecto.

	MATERIAL	Ø (mm)	PN (atm)	LONGITUD (m)
Tubería de distribución	PVC	110	6	832
Tuberías terciarias				
Subunidad nº 1	PE	63	6	141,70
Subunidad nº 2	PE	75	6	310,50
Subunidad nº 3	PE	75	6	318,50
Subunidad nº 4	PE	75	6	308,40
Subunidad nº 5	PE	75	6	219,10
Subunidad nº 6	PE	90	6	247,10
Subunidad nº 7	PE	90	6	317,10

Laterales de riego

Subunidad nº 1	PE	25	4	5026
Subunidad nº 2	PE	16	4	6442
Subunidad nº 3	PE	16	4	7754
Subunidad nº 4	PE	16	4	6910
Subunidad nº 5	PE	20	4	6400
Subunidad nº 6	PE	20	4	6976
Subunidad nº 7	PE	20	4	7706

11.4. EXCAVACIÓN DE ZANJAS

Las dimensiones de las zanjas dependen del diámetro de la tubería que se desea instalar, atendiendo a las siguientes expresiones:

Diámetro exterior de la tubería (mm)	Anchura de la zanja (m)	Profundidad de la zanja (m)
$\varnothing < 200$	$\varnothing (m) + 0,6$	$\varnothing (m) + 0,9$
$\varnothing > 200$	$\varnothing (m) + 0,7$	$\varnothing (m) + 0,9$

11.4.1. ZANJA DE LA TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN

TUBERÍA	$\varnothing (m)$	ANCHURA (m) $\varnothing + 0,6$	PROFUNDIDAD (m) $\varnothing + 0,9$	LONGITUD (m)	VOLUMEN (m³)
PVCØ110PN6	0,11	0,71	1,01	832	596,63

11.4.2. ZANJAS DE LAS TUBERÍAS TERCIARIAS

TUBERÍA	Ø (m)	ANCHURA (m)	PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD (m)	VOLUMEN (m³)
		Ø + 0,6	Ø + 0,9		
SUB1 PEØ63	0,063	0,663	0,963	141,7	90,47
SUB2 PEØ75	0,075	0,675	0,975	310,5	204,35
SUB3 PEØ75	0,075	0,675	0,975	318,5	209,61
SUB4 PEØ75	0,075	0,675	0,975	308,4	202,97
SUB5 PEØ75	0,075	0,675	0,975	219,1	144,20
SUB6 PEØ90	0,090	0,690	0,990	247,1	168,79
SUB7 PEØ90	0,090	0,690	0,990	317,1	216,61
				TOTAL	1237,00

La excavación total será $596,63 + 1237 = 1833,63 \text{ m}^3$

12. CABEZAL DE RIEGO Y ELEMENTOS SINGULARES

12.1 FILTRO DE ARENA

El filtro de arena se utiliza para retener restos orgánicos, algas y pequeñas partículas minerales.

El caudal máximo se requiere en la subunidad número 3, siendo necesarios $31,02 \text{ m}^3/\text{h}$.

Superficie filtrante: $S = 31,02 / 60 = 0,52 \text{ m}^2$

Diámetro:
$$D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = 0,81 \text{ m}$$

Por lo tanto, se instalará un filtro de arena de 1 metro de diámetro.

El filtro de arena elegido es un STF modelo FAC-950. Este filtro dispone de una superficie filtrante de $0,71 \text{ m}^2$, que es suficiente ya que según los cálculos anteriores se necesita como mínimo $0,52 \text{ m}^2$.

El diámetro nominal es de 950 mm, por lo que se ajusta bastante a los 810 mm necesarios según los cálculos

El filtro de arena se colocará en el cabezal de riego, antes del contador y de las válvulas volumétricas, ya que podrían verse afectados en caso de no recibir agua limpia.

12.2. FILTRO DE MALLA

Se utilizan para retener partículas inorgánicas de aguas que no estén muy sucias.

Se calcula la superficie filtrante de un filtro de malla de acero, para un caudal de $31,02 \text{ m}^3/\text{h}$ y un diámetro mínimo de gotero de 0,9 mm. Se estima que el área efectiva es el 30% del área total.

Superficie efectiva: $37,22 / 1440 = 0,0258 \text{ m}^2$

Superficie total: $0,0258 / 0,3 = 0,0861 \text{ m}^2 = 861 \text{ cm}^2$

El filtro elegido tiene la cualidad de ser autolimpiante, para lo cual necesita disponer de una cierta presión, que en este caso la tiene.

Se trata de un filtro STF modelo FMA-3003.

La elección de este modelo se justifica porque dispone de una superficie filtrante neta de 1600 cm^2 , que es suficiente en este caso.

El caudal máximo que puede filtrar es de $110 \text{ m}^3/\text{h}$, el diámetro de la entrada y la salida es de 3" y la presión de trabajo está comprendida entre 2 y 10 bar.

La instalación del filtro de malla se llevará a cabo en el cabezal de riego en una posición posterior al filtro de arena.

12.3. EQUIPO DE FERTILIZACIÓN

Existen en el mercado varios tipos:

- Tanque de abonado
- Inyector venturi
- Dosificador eléctrico o hidráulico

12.3.1. INYECTOR VENTURI

El equipo de fertilización elegido un inyector de fertilizantes venturi, el cual se acciona mediante un motor hidráulico, es decir, con la propia presión del sistema de riego.

- Caudal de inyección: según presión en la tubería de alimentación del motor hidráulico.
- Presión de inyección: doble de la presión del agua que hace funcionar el motor hidráulico.
- Presión mínima de trabajo: 1 Kg/cm^2 .
- Presión máxima de trabajo: 8 Kg/cm^2 .
- El consumo de agua del inyector de fertilizantes venturi es tres veces el volumen del producto inyectado.

12.3.2. DEPÓSITO DE FERTILIZANTES

Los fertilizantes se transportarán a la parcela mediante una cuba arrastrada suministrada por la propia cooperativa que comercializa los abonos líquidos. De esta manera se prescinde de la colocación de depósitos de fertilizante fijos, con el consiguiente ahorro en costes que supone.

12.4. CONTADOR

Se elige un contador Woltman con eje de turbina paralelo, modelo WPHN. Los contadores tipo Woltman paralelos se utilizan cuando se trata de registrar caudales grandes con un perfil de caudal relativamente constante. Debido a su diseño robusto no sólo cubren una amplia gama de medición, sino que además proporcionan una precisión de medición estable a largo plazo.

12.5. ELEMENTOS SINGULARES

El apartado perteneciente a elementos singulares contiene los siguientes elementos:

- Válvulas.
- Desagües.
- Piezas especiales.

12.5.1. VÁLVULAS HIDRÁULICAS

La válvula hidráulica seleccionada es la de 2", ya que el caudal máximo necesario es de 31,02 m³/h en la subunidad número 3.

Por lo tanto se colocará una válvula hidráulica de 2" en cada conexión de las tuberías terciarias con la tubería de distribución.

Las válvulas hidráulicas de cada subunidad de riego estarán conectadas al programador mediante solenoides y microtubos de polietileno de 8 mm de diámetro.

12.5.2. VÁLVULA DE VENTOSA

Estas válvulas tienen la función de controlar la presencia de aire en las conducciones hidráulicas. El tipo de válvula de ventosa elegido es la válvula de doble efecto o trifuncional.

La válvula de ventosa elegida es la de 1" y se colocará al final de la tubería de distribución, ya que es un punto en alto donde es posible la acumulación de aire.

12.5.3. VÁLVULA DE MARIPOSA

Las válvulas de mariposa se colocan en el cabezal de riego. La posición elegida es una delante y otra detrás del filtro de malla, y otra delante del filtro de arena.

La justificación de estas posiciones es meramente práctica, ya que en caso de tener que desmontar los filtros para realizar cualquier tipo de operación de mantenimiento, se evita la salida de agua de la instalación.

12.6. PIEZAS ESPECIALES

Los elementos singulares se pueden definir como piezas especiales (uniones, codos, tes, etc.) diseñadas para conectar dos tubos, cambiar su dirección o conectar más de dos entre sí.

La división de la vena líquida circulante por la tubería se consigue mediante la colocación de piezas en “T” e “Y” dependiendo del diámetro y la posición pueden necesitar anclajes especiales. Las piezas en “T” e “Y” utilizadas en la red de riego son del mismo material que las tuberías que une.

12.7. DESAGÜES

En la parte final de la tubería terciaria de cada subunidad se colocará una prolongación de la misma con salida al exterior consistente en doble codo 90º con 1 m. de tubería de 50 mm. de diámetro, con tape final macho roscado todo en PVC.

12.8. PROGRAMADOR

El modelo de programador elegido es el “AGRONIC 2500”, capaz de realiza el control de hasta 30 sectores de riego gobernados por 50 programas independientes.

12.9. AUTOMATISMOS

Los Automatismos están formados por todo el conjunto de elementos que hacen que las válvulas se abran y cierren de forma automática por medio de las órdenes que le envía del programador de riego, o la diferencia de presión entre dos presostatos.

Por lo que por cada válvula se necesitan los siguientes elementos:

- Llave de tres vías
- Solenoide, que este envía el paso de agua o vaciado a la llave de tres vías, la cual actúa sobre la válvula.

- Microtubos de comando, tubos de polietileno de 8 mm que conectan las válvulas, llaves y solenoides entre sí para las distintas funciones antes descritas, (llenado y vaciado del diafragma de las válvulas hidráulicas).

12.10. CASETA DE RIEGO

La caseta de riego elegida es de hormigón prefabricada. Su misión es únicamente proteger los elementos que componen el cabezal de riego.

Las dimensiones de la caseta son 4 m de anchura por 4 m de largo y 2,34 m de altura, por lo que su superficie es de 16 m².

La puerta principal es de acero galvanizado de doble capa y unas dimensiones de 2,37 m x 2,16 m. El transporte y montaje correrá a cargo de la empresa suministradora. Su instalación estará supervisada por el director de obra.

12.11. PANELES SOLARES

El programador de riego viene alimentado por una batería cargada con la energía solar recogida en unos paneles solares, que a continuación se calcula:

Se instalará por tanto un panel o módulo, fabricado con silicio monocristalino.

Según el cálculo anterior elegimos un batería estacionaria monobloc de 107 A h que es la que más se aproxima a nuestras necesidades.

13. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

13.1. SITUACIÓN ACTUAL

Las parcelas que son objeto del proyecto han estado dedicadas durante un gran número de años al cultivo de cereales de invierno, especialmente cebada. Hasta ahora no era posible regar por ser parcelas con pendiente y no estar modernizado el riego.

13.2. PRODUCCIÓN DEL ALMENDRO

La producción esperada, cuando la plantación esté en plenitud, según plantaciones de la misma variedad y en zonas limítrofes, es de 1500 kg/ha de almendra “pepita”.

Estas producciones se pueden convertir en almendra “cáscara”, que es la manera más común de denominar, teniendo en cuenta el 29% (según IRTA) de rendimiento que tienen, por lo que se obtienen de media unos 5200 kg/ha.

Se estima que los dos primeros años a partir de la implantación del cultivo, la producción será nula.

La producción irá aumentando paulatinamente desde el tercer año, con el 30%, el cuarto año el 60% y el quinto año con el 80%, a partir del cual la producción será del 100%.

13.3. PRODUCCIÓN DE CEBADA

En la zona donde se encuadra el proyecto existe mucha variación de producciones debido a los distintos tipos de suelo. Tras hablar con el propietario de las parcelas, se adopta una cosecha de cebada media de 3000 kg/ha.

13.4. SUBVENCIONES PAC

En estas parcelas consideraremos una subvención de 180 €/ha, que es lo que reciben de media los agricultores de la zona.

13.5. PRECIOS DE LA COSECHA

Los precios que adoptamos serán la media de diez años:

- Almendra pepita 3,60 €/kg
- Cebada 180 €/t

13.6. COSTES DE PRODUCCIÓN DE LA CEBADA

Los costes de producción de la cebada son 443,30 €/ha

13.7. COSTES DE PRODUCCIÓN DE LA ALMENDRA

- Implantación (Año 0):

TRABAJO O MATERIA APLICADA		€/ha
Subsolador	46 €/ha x 2 pases	92
Estiércol	40.000 kg/ha x 0,02	800
Aplicación estiércol		12
Planta almendro	204 pl/ha x 3,50 €/ha	714
Plantadora GPS		300
Protectores	204 ud x 0,10	20,4
Colocación protectores	2 h/ha x 9 €/h	18
		1956,4

• Año 1 (sin producción):

TRABAJO O MATERIA APLICADA		€/ha
Poda (despunte)	3 h x 9 €/h	27
Nitrato potásico	56 kg/ha x 0,85 €/kg	47,6
Nitrato amónico	100,6 kg/ha x 0,33 €/kg	33,2
Ácido fosfórico	11,1 kg/ha x 0,3 €/kg	3,3
Herbicidas + aplicación	2 aplic. X 22 €	44
Picadora		42
		197,1

• Año 2 (sin producción):

TRABAJO O MATERIA APLICADA		€/ha
Reponer marras (2%) de 204 arb/ha = 4	4 x 3,60	14,4
Mano de obra reponer marras	0,5 h x 9 €/h	4,5
Poda	4 h x 9 €/h	36
Nitrato potásico	71,7 kg/ha x 0,85 €/kg	60,9
Nitrato amónico	162,4 kg/ha x 0,33 €/kg	53,4
Ácido fosfórico	15,7 kg/ha x 0,3 €/kg	4,71
Fitosanitarios (Insec. + fung.)		80
Aplicación fitosanitarios		30
Herbicidas + aplicación	2 aplic. X 22 €	44
Picadora		42
		369,91

• Año 3 (entrada en producción):

TRABAJO O MATERIA APLICADA		€/ha
Poda	5 h x 9 €/h	45
Nitrato potásico	86,9 kg/ha x 0,85 €/kg	73,8
Nitrato amónico	183,3 kg/ha x 0,33 €/kg	60,5
Ácido fosfórico	20,4 kg/ha x 0,3 €/kg	6,12
Fitosanitarios (Insec. + fung.)		80
Aplicación fitosanitarios		30
Herbicidas + aplicación	2 aplic. X 22 €	44
Picadora		42
Paraguas vibrador	1,5 h/ha x 60 €/ha	90
		471,42

• Año 4 (aumento de producción)

TRABAJO O MATERIA APLICADA		€/ha
Poda	5 h x 9 €/h	45
Nitrato potásico	132,6 kg/ha x 0,85 €/kg	112,71
Nitrato amónico	331,37 kg/ha x 0,33 €/kg	109,4
Ácido fosfórico	34,2 kg/ha x 0,3 €/kg	10,2
Fitosanitarios (Insec. + fung.)		80
Aplicación fitosanitarios		30
Herbicidas + aplicación	2 aplic. X 22 €	44
Picadora		42
Paraguas vibrador	1,5 h/ha x 60 €/ha	90
		563,31

• Año 5 (aumento de producción)

TRABAJO O MATERIA APLICADA		€/ha
Poda	5 h x 9 €/h	45
Nitrato potásico	163 kg/ha x 0,85 €/kg	138,5
Nitrato amónico	376,1 kg/ha x 0,33 €/kg	124,1
Ácido fosfórico	43,5 kg/ha x 0,3 €/kg	13,1
Fitosanitarios (Insec. + fung.)		80
Aplicación fitosanitarios		30
Herbicidas + aplicación	2 aplic. X 22 €	44
Picadora		42
Paraguas vibrador	1,5 h/ha x 60 €/ha	90
		606,7

• Año 6 (plena producción)

TRABAJO O MATERIA APLICADA		€/ha
Poda	5 h x 9 €/h	45
Nitrato potásico	208,7 kg/ha x 0,85 €/kg	177,4
Nitrato amónico	370,5 kg/ha x 0,33 €/kg	122,3
Ácido fosfórico	57,4 kg/ha x 0,3 €/kg	17,2
Fitosanitarios (Insec. + fung.)		80
Aplicación fitosanitarios		30
Herbicidas + aplicación	2 aplic. X 22 €	44
Picadora		42
Paraguas vibrador	1,5 h/ha x 60 €/ha	90
		647,9

13.8. INGRESOS ANUALES DE LA ALMENDRA

	SUBVENCIÓN	PRODUCCIÓN	€/ ha y año
Año 1	120 €/ha	0	120
Año 2	120 €/ha	0	120
Año 3	120 €/ha	450 kg/ha x 3,60 €/kg	1740
Año 4	120 €/ha	900 kg/ha x 3,60 €/kg	3360
Año 5	120 €/ha	1200 kg/ha x 3,60 €/kg	4440
Año 6 y suc.	120 €/ha	1500 kg/ha x 3,60 €/kg	5520

13.9. FLUJO DESTRUIDO

	€/ha
Subvención PAC	180
Producción 3000 kg/ha x 0,18 €/kg	540
INGRESOS TOTALES	720
COSTES TOTALES	-443,3
BENEFICIO	276,7

La suma de la superficie de las parcelas asciende a 20 ha, por lo que el flujo destruido será: 276,7 €/ha x 20 ha = 5534 €/año.

13.10. COSTE DEL AGUA DE RIEGO

Los gastos anuales por consumo de agua serán de 1807,6 €.

13.11. ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN

El importe total de la inversión asciende a 134.865 €. Esta cifra es el resultado de la suma del presupuesto general (101606,2 €) y el coste de la implantación del cultivo (33258,8 €).

No se va a tener en cuenta el valor residual de los elementos utilizados en la explotación, salvo el de la caseta prefabricada de riego, que se estima en

un 20 %. Por tanto su valor residual es de 734,2 €, que aparecerá en la siguiente tabla como un cobro extraordinario en el año 25.

El flujo destruido debido a la nueva plantación es de 5534 €/año, según los cálculos realizados en el punto 7 de este mismo anejo.

Debido al elevado importe total de la inversión, hay que solicitar en crédito de 110000 €, que se devolverá en 15 años y tiene una tasa de interés anual del 9 %.

En las siguientes tablas se muestra el análisis completo de la rentabilidad de la inversión, así como el flujo de caja anual. También se pueden apreciar los valores de los índices TIR, VAN y Pay Back, ya que son calculados por la propia hoja de cálculo diseñada para tal efecto.

PRÉSTAMOS CUOTA CONSTANTE	
Importe	110.000,00 €
Interés	10,00%
Amortización	15 años
Cuota Mensual	1.182,07 €
Cuota Anual	14.184,79 €
Total Pagado	212.771,81 €

	RESULTADOS
Tasa Actualización (r%)	9,00%
VAN	315.600,27
TIR	34,95%

AÑO	COBRO ORD	COBRO EXTR	COBRO FINAN	SUBVENC	PAGO ORD	PAGO EXTR	PAGO FINAN	FLUJO DESTR	PAGO INVERS	FLUJO CAJA	Pay Back=6
0			110.000						134.865	-24.865	
1	0,00			2.040	5.158		14.185	5.534		-22.837	
2	0,00			2.040	8.096		14.185	5.534		-25.775	
3	27.540,00			2.040	9.822		14.185	5.534		39	
4	55.080,00			2.040	11.384		14.185	5.534		26.017	
5	73.440,00			2.040	12.122		14.185	5.534		43.640	
6	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
7	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
8	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
9	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
10	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
11	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
12	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
13	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
14	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
15	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
16	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
17	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
18	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
19	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
20	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
21	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
22	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
23	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
24	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
25	91.800,00	734		2.040	12.822			5.534		76.218	

Flujo de caja anual.

13.12. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tras los resultados obtenidos mediante la hoja de cálculo que forman las tablas 11 12 y 13, se lleva a cabo su análisis:

- VAN (Valor Actual Neto): es la diferencia entre la suma de los ingresos y los costos actualizados con una tasa de interés fijada.

Si el VAN es positivo o igual a cero, el proyecto es viable, y si es negativo se rechaza.

En este caso el **VAN es 315.600 €**, por lo que la **inversión es viable** y se puede llevar a cabo.

- TIR (Tasa Interna de Rentabilidad): esta tasa mide la rentabilidad de los cobros y pagos actualizados de una inversión. Se trata de la tasa de actualización para que el VAN adopte un valor igual a cero.

Se obtiene un **TIR del 34,95%**, superior al tipo de interés adoptado, por lo que **la inversión es rentable**.

- Pay back (Plazo de recuperación): este factor nos indica el tiempo que se tarda en recuperar la inversión mediante los flujos de caja.

Tras los cálculos, se obtiene un **Pay back de 6 años**, tiempo que se tardará en recuperar la inversión.

Tras analizar los tres parámetros, se puede afirmar que la **inversión es económicamente rentable**.

14. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

De conformidad con el Real Decreto 1627/1997, Capítulo II, artículo 4, apartado 2, “el promotor estará obligado a que en la fase de del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud en la Obra”.

Dicho estudio se encuentra ampliamente desarrollado en el Documento Nº 5, especificando los riegos laborales que conlleva la obra y las medidas preventivas que se proponen, tendentes a controlar y a reducir los mencionados riesgos. Constará de una memoria descriptiva, planos, pliego de prescripciones y presupuesto.

15. RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

C01	CASETA DE RIEGO.....	3.855,33
C02	RED DE RIEGO	57.648,87
C03	CABEZAL Y ELEMENTOS SINGULARES	6.347,22
C04	SEGURIDAD Y SALUD	2.713,39

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL 70.564,81

13,00 % Gastos generales.....	9.173,43
6,00 % Beneficio industrial.....	4.233,89

SUMA DE G.G. y B.I. 13.407,32

IVA 21% 17.634,15

TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA 101.606,28

TOTAL PRESUPUESTO GENERAL 101.606,28

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO UN MIL SEISCIENTOS SEIS EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS

16. BIBLIOGRAFÍA

16.1. LIBROS

- CASTAÑÓN, GUILLERMO. (2000). Ingeniería del riego. Ediciones Paraninfo.

- FACI GONZÁLEZ, J. M. (1992) Contribución a la medida y cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o) en Aragón. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.
- FACI GONZÁLEZ, J.M; MARTÍNEZ COB A. (1991) Cálculo de la evapotranspiración de referencia en Aragón. Serie de Estudios Agrarios, DGA. Zaragoza: Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes.
- FUENTES YAGÜE, J. L. (2003) Técnicas de Riego. Madrid: Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- FUENTES YAGÜE, JOSE LUIS. (1999) El suelo y los fertilizantes. Madrid: Coedición Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación y Ediciones Mundi-Prensa.
- MARTÍNEZ COB, A; FACI GONZÁLEZ, J. M; BERCERO BERCERO, A. (1998). Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón. Zaragoza: Institución Fernando el Católico. Excma. Diputación de Zaragoza.
- MONTALVO LÓPEZ, TEODORO. (2005) Riego localizado. Diseño de instalaciones. Valencia: Ediciones VJ.
- MUNCHARAZ POU, M. (2004). El almendro: manual técnico. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- PIZARRO, F. (1990) Riegos localizados de alta frecuencia. Madrid: Ediciones Mundi-prensa.
- RODRIGO LOPEZ, J; HERNANDEZ ABREU, J.M; PEREZ REGALADO, A; GONZALEZ HERNANDEZ, J.F. (1992) Riego localizado. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- SALAZAR HERNÁNDEZ, DOMINGO M; MELGAREJO MORENO, PABLO. (2002) El cultivo del almendro. Madrid: AMV ediciones.
- URBANO TERRON, P. (1992) Tratado de fitotecnia general. Bilbao: Ediciones Mundi-Prensa.
- VILLALOBOS, F.J; MATEOS, LUCIANO; ORGAZ, FRANCISCO; FERERES, ELÍAS. (2009) Fitotecnia: Bases y tecnologías de la producción agrícola. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

16.2. REVISTAS

- MIARNAU, X; VARGAS, F.J; MONTSERRAT, R; ALEGRE, S. (2010) Aspectos importantes en las nuevas plantaciones de almendro en regadío. Revista de Fruticultura-Extraordinario 2010.
- RUFAT LAMARCA, JOSEP. (2007) Fertilización del almendro. Dossier tecnic Nº 22: El almendro. Generalitat de Catalunya, Departamento de Agricultura, Alimentación y Acción rural.
- SOCIAS, R; COMPANY, I; ALONSO, J.M; KODAD, O; FERNANDEZ I MARTÍ, A; FELIPE, A.J. (2010) Presente y futuro de la mejora del almendro del CITA de Aragón. Revista de Fruticultura-Extraordinario 2010.
- VARGAS GARCÍA, FRANCISCO. (2007) Diseño de plantaciones de almendro. Dossier tecnic Nº 22: El almendro. Generalitat de Catalunya, Departamento de Agricultura, Alimentación y Acción rural.
- VARGAS GARCÍA, FRANCISCO; ROMERO ROMERO, MIGUEL; CLAVÉ MORELL, JOAN; ALEGRE CASTELLVÍ, SIMÓ. (2007) Variedades de almendro IRTA. Dossier tecnic Nº 22: El almendro. Generalitat de Catalunya, Departamento de Agricultura, Alimentación y Acción rural.

16.3. FUENTES ELECTRÓNICAS

- <http://idearagon.aragon.es/descargas/>
- <http://idearagon.aragon.es/visor/>
- <http://www.almeriplant.com/index.php?lang=es&Itemid=657>
- http://www.inapiprojecta.cl/605/articles-1672_recurso_1.pdf
- http://www.infoagro.com/frutas/frutos_secos/almendro.htm
- <http://www.netafim-latinamerica.com/product/pc-dripper>
- <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/site/mn/home/>
- <http://www.sabormediterraneo.com/port/p6.htm>
- <http://pistal-mendro.blogspot.com.es/2008/09/portainjertos-enalmendro.html>

- http://www.aragon.es/estaticos/ImportFiles/12/docs/Areas/Formacion_innovacion_sector_agrario/Centro_Transferencia_Agroalimentaria/Publicaciones_Centro_Transferencia_Agroalientaria/2005/PUBLICACIONES_149_INFORMACIONES_TECNICAS_2005.pdf
- <http://www.fertirrigacion.com/plantilla-de-datos-para-el-calculo-de-la-fertirrigacion-de-cultivos-arboreos/>
- <http://www.llotjadereus.org/?go=e6598a7e63ddfd8a9557f334d3f9063f1a92bcf0018cd07976fe59ff9f4f7d6fe76da618ed95779d7c71aeec80bf31503cc89adc29c274ceb1c339f88d604ad>
- <http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro>
- http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Vrural%2FVrural_2006_234_12_16.pdf
- <http://www.sat3117.com/tratamientos-contramonilia-controlan-problemas-futuros-de-mancha-ocre/>
- <https://www1.sedecatastro.gob.es/OVCFrames.aspx?TIPO=Consulta>

16.4. SOFTWARE ELECTRÓNICO

- <http://onlinecalc.sdsu.edu/onlineapenman.php>
- <http://www.fao.org/nr/water/eto>

16.5. TRABAJOS ACADÉMICOS

- ALAYETO ANGOY, ALMA. (2012) Plantación de almendros (*Prunus dulcis*) en marco semiintensivo de 32,87 hectáreas en el término municipal de Ejea de Los Caballeros. Universidad de Zaragoza.
- BELLIDO LARENA, GUILLERMO. (2013) Transformación a regadío de una finca de 44,19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza). Universidad de Zaragoza.
- ENRIQUE VEINTEMILLA MARTIN, ENRIQUE. (2013) Puesta en riego por aspersión con cobertura total enterrada en una finca de 19 hectáreas en el

término municipal de Pallaruelo de Monegros (Huesca). Universidad de Zaragoza.

- ESCO BONED, IBO. (2014) Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del Obispo (Huesca). Universidad de Zaragoza.

- ROMAN BUIL, JAVIER. (2014) Proyecto de una plantación de frambuesos en Boltaña (Huesca). Universidad de Zaragoza.

17. DOCUMENTOS DEL PROYECTO

DOCUMENTO Nº 1 MEMORIA Y ANEJOS

ANEJO Nº I ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

ANEJO Nº II DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN DEL ALMENDRO

ANEJO Nº III PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL ALMENDRO

ANEJO Nº IV ESTUDIO CLIMÁTICO

ANEJO Nº V ANÁLISIS EDAFOLÓGICO

ANEJO Nº VI ANALISIS DEL AGUA

ANEJO Nº VII MATERIAL VEGETAL Y DISPOSICIÓN

ANEJO Nº VIII PLANTACIÓN

ANEJO Nº IX FERTILIZACIÓN

ANEJO Nº X DISEÑO AGRONÓMICO

ANEJO Nº XI DISEÑO HIDRÁULICO

ANEJO Nº XII CABEZAL DE RIEGO Y ELEMENTOS SINGULARES

ANEJO Nº XIII ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

ANEJO Nº XIV BIBLIOGRAFÍA

DOCUMENTO Nº 2 PLANOS

PLANO Nº 1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

PLANO Nº 2. TOPOGRÁFICO

PLANO Nº 3. PLANTA GENERAL

PLANO Nº 4. PLANTACIÓN

PLANO Nº 5. SISTEMA DE RIEGO

PLANO Nº 6. SISTEMA DE RIEGO. LATERALES.

PLANO Nº 7. ZANJAS

PLANO Nº 8. CABEZAL DE RIEGO

DOCUMENTO Nº 3 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

CAPÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

CAPÍTULO II CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIR LOS MATERIALES. NORMA GENERAL

CAPÍTULO III EJECUCIÓN Y CONTROL DE LAS OBRAS

CAPÍTULO IV MEDICIÓN, VALORACIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS

CAPÍTULO V DISPOSICIONES GENERALES TÉCNICAS APLICABLES

DOCUMENTO Nº 4 PRESUPUESTO

CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS

CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

MEDICIONES

PRESUPUESTO GENERAL

RESUMEN DE PRESUPUESTO

DOCUMENTO Nº 5 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

MEMORIA

PLANOS

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

PRESUPUESTO

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

ANEJOS A LA MEMORIA

ÍNDICE DE LOS ANEJOS

ANEJO N° I ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

ANEJO N° II DESCRIPCIÓN y SITUACIÓN DEL ALMENDRO

ANEJO N° III PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL ALMENDRO

ANEJO N° IV ESTUDIO CLIMÁTICO

ANEJO N° V ANÁLISIS EDAFOLÓGICO

ANEJO N° VI ANÁLISIS DEL AGUA

ANEJO N° VII MATERIAL VEGETAL Y DISPOSICIÓN

ANEJO N° VIII PLANTACIÓN

ANEJO N° IX FERTILIZACIÓN

ANEJO N° X DISEÑO AGRONÓMICO

ANEJO N° XI DISEÑO HIDRÁULICO

ANEJO N° XII CABEZAL DE RIEGO Y ELEMENTOS SINGULARES

ANEJO N° XIII ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

ANEJO N° XIV BIBLIOGRAFÍA

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

ANEJO I: ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

ÍNDICE ANEJO I

ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

1. LOCALIZACIÓN.....	1
2. OBJETO DEL PROYECTO.....	3

ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

1. LOCALIZACIÓN

La redacción del presente proyecto viene motivada por la petición del propietario de la finca. Los documentos que integran el proyecto le servirán para verificar técnica y económicamente la viabilidad de la propuesta.

El proyecto se llevará a cabo en el término municipal de Barbastro, capital de la Comarca del Somontano de Barbastro.

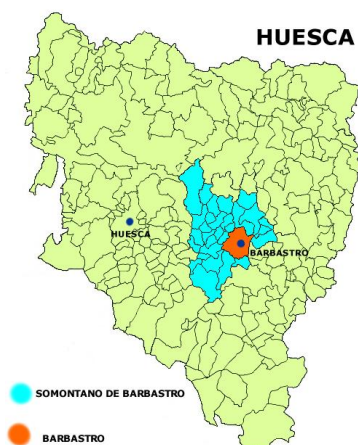


Imagen 1. Término municipal de Barbastro.

El municipio de Barbastro se encuentra a una altitud de 341 metros sobre el nivel del mar. Es atravesado por el río Vero que más tarde desemboca en el río Cinca, en una zona llamada *La Boquera*.

Las parcelas y recintos objeto del proyecto son la 82(3), 335(1) y 336(1), pertenecientes al polígono 10 del Catastro de fincas rústicas del término municipal de Barbastro. La primera parcela pertenece al paraje de *La Plana*, y las dos restantes al paraje de *Verguinza*.

La superficie de estas tres parcelas asciende a 21,56 ha., de las que se utilizan para la plantación aproximadamente 20 ha.

Actualmente están dedicadas al cultivo de cereal de invierno en secano.

El acceso a las parcelas objeto se realiza por la carretera N-123 en sentido creciente tras pasar el cruce de entrada a Barbastro por la Avenida del Cinca y girando a unos 2 km a la derecha por el conocido como *Camino de la Barca* el cual finaliza en el *Camino de la Boquera*.

En la siguiente imagen se pueden distinguir las tres parcelas objeto del proyecto (82,335 y 336), además de la situación de la carretera N-123 y del acceso a la finca por el *Camino de la Barca*.



Imagen 2. Ortofoto de las parcelas (sitar.aragon.es/visor 2D).

2. OBJETO DEL PROYECTO

La finalidad que persigue este proyecto es conseguir un mayor rendimiento económico debido a la obtención de frutos secos de calidad.

Los precios de la almendra están en línea ascendente los últimos años, factor que hace aún más atractivo si cabe realizar plantaciones con riego localizado, debido a que se pueden conseguir producciones más regulares y rentables.

Para conseguir presentar, al propietario de las parcelas, un proyecto lo más riguroso posible, se estudiarán con detalle los factores que condicionan el diseño de una plantación de estas características, para lo que se acometerán los siguientes asuntos:

- ▶ Realizar un estudio climático de la zona, analizando para ello las variables que afectan directamente al cultivo, como son el periodo de heladas, temperaturas, precipitaciones, humedad relativa y velocidad del viento, llegando a determinar la evapotranspiración del cultivo.

- ▶ Estudio del suelo donde se realizará la plantación, para conocer sus características y si hay que realizar alguna corrección.

- ▶ Estudio del agua de riego para comprobar su idoneidad.

- ▶ Cálculo de las necesidades de agua del almendro en las parcelas elegidas y diseño del sistema y periodos de riegos en caso de ser necesarios.

- ▶ Estudio de las posibles variedades de almendro y portainjertos que mejor se adapten a la zona objeto del proyecto y al tipo y diseño de plantación elegidos.

► Comprobar mediante un minucioso estudio económico la viabilidad de la plantación.

► Realizar un estudio del mercado nacional e internacional de la almendra para saber cuál es su situación actual y su futuro próximo.

Los puntos recientemente nombrados se desarrollarán con detalle en una serie de anejos que se citan a continuación:

Anejo I. Antecedentes y objeto del proyecto.

Anejo II. Descripción y situación del almendro.

Anejo III. Plagas y enfermedades.

Anejo IV. Estudio climático.

Anejo V. Análisis edafológico.

Anejo VI. Análisis de agua.

Anejo VII. Material vegetal y disposición.

Anejo VIII. Plantación.

Anejo IX. Fertilización

Anejo X. Diseño agronómico.

Anejo XI. Diseño hidráulico.

Anejo XII. Cabezal de riego y elementos singulares

Anejo XIII. Estudio de viabilidad económica.

Anejo XIV. Bibliografía.

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

ANEJO II: DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN DEL ALMENDRO

ÍNDICE ANEJO II

DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN DEL ALMENDRO

1. INTRODUCCION.....	1
2. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA.....	1
2.1. SISTEMA RADICULAR.....	1
2.2. TRONCO.....	2
2.3. RAMAS Y RAMOS.....	2
2.4. HOJAS.....	3
2.5. YEMAS.....	3
2.6. FLORES.....	4
2.7. EL FRUTO.....	4
2.8. LA SEMILLA.....	5
3. FISIOLOGÍA DEL ALMENDRO.....	6
3.1. INTRODUCCIÓN.....	6
3.2. CICLO DE VIDA.....	6
3.3. CICLO ANUAL.....	7
3.3.1. PERIODO DE LATENCIA.....	7
3.3.2. PERIODO VEGETATIVO.....	8
4. FENOLOGÍA DEL ALMENDRO.....	9
4.1. INTRODUCCIÓN.....	9
5. SITUACIÓN DEL ALMENDRO.....	13
5.1. INTRODUCCIÓN.....	13
5.2. PRODUCCIÓN EN ESPAÑA.....	14
5.3. PRODUCCIÓN EN ARAGÓN.....	15
5.4. CONSUMO DE ALMENDRA.....	16
5.5. COMERCIALIZACIÓN DE LA ALMENDRA.....	17
5.6. USOS DE LA ALMENDRA.....	17

DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN DEL ALMENDRO

1. INTRODUCCION

El almendro (*Prunus dulcis*) pertenece a la familia de las rosáceas y es originario de Asia, aunque se cultiva en el sur de Europa.

Para realizar un buen manejo de la plantación de almendros, es necesario conocer la morfología de todas sus partes, para actuar de manera consecuente en momentos clave, como son la poda y la formación del árbol. También se tendrá en cuenta la fisiología de los procesos que afectan a almendro, como pueden ser la floración, polinización y el cuajado.

2. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

2.1. SISTEMA RADICULAR

El sistema radicular está formado por una raíz pivotante que más tarde se ramifica.

El crecimiento de las raíces se produce a una velocidad elevada, lo que le confiere facilidad de absorción de agua y nutrientes en los primeros momentos tras el trasplante.

La raíz del almendro le proporciona un buen anclaje, ya que tiene facilidad para explorar profundidades importantes.

Las características de las raíces dependen, en gran medida, del tipo de patrón empleado, de la profundidad y del tipo de suelo.

2.2. TRONCO

El tronco de los almendros jóvenes es prácticamente liso y de color verde, pero con el paso de los años va adquiriendo un aspecto agrietado y un color entre marrón y gris, teniendo en cuenta las diferencias existentes entre las distintas variedades. El tronco, al igual que las ramas, posee una madera pesada y con gran densidad.

2.3. RAMAS Y RAMOS

Las ramas tienen un aspecto similar al tronco. Cuando son jóvenes apenas tienen rugosidad, pero la van adquiriendo a la vez que su corteza pasa de color verde a gris, en ocasiones oscuro. Las vetas que aparecen suelen tener una disposición vertical, aunque a veces es circular y muy marcada.

Las ramas tienden a adquirir una posición vertical y a separarse del centro del árbol. Esta característica depende en gran medida de la variedad elegida.

Pueden alcanzar varios metros de altura y anchura, aunque en plantaciones de regadío se intentan controlar dentro de unos límites para que no existan problemas a la hora de recolectar la almendra con métodos mecánicos. La elección del patrón es decisiva en la envergadura que alcanzará el almendro, y es un aspecto a tener en cuenta, sobre todo, en plantaciones intensivas.

Los ramos son madera producida en el mismo año. Al principio de color verde y después adquieren un tono marrón y grisáceo y el agrietado típico, a la vez que evolucionan hacia ramas.

Existen distintos tipos de formaciones:

- Chupones: ramo vigoroso y vertical que no fructifica.
- Ramos mixtos: las yemas laterales son de flor y de madera y la yema terminal de madera.
- Ramos de madera: son ramas que no fructifican.
- Ramilletes de mayo: de pequeño tamaño, posee sobre todo yemas de flor.

El porte final que adquiere el almendro depende de la variedad y del tipo de poda realizado. Pueden disponer portes muy diversos, desde muy erectos hasta muy abiertos e incluso caedizos con aspecto llorón.

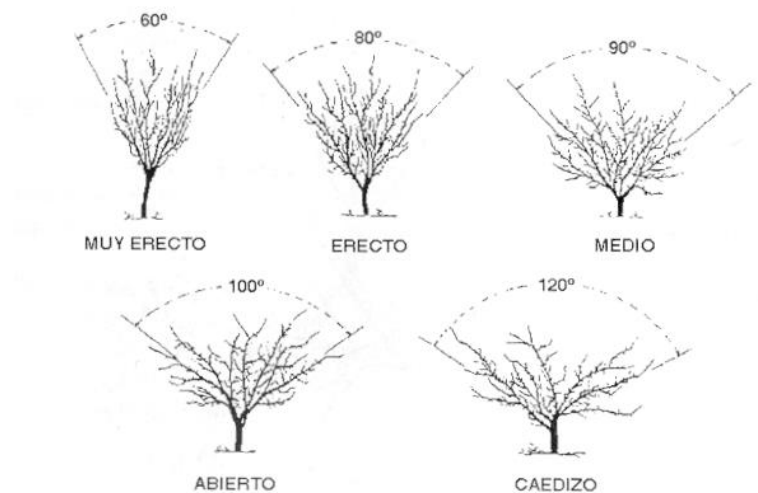


Imagen 1. Distintos portes del almendro (Felipe, 2000)

2.4. HOJAS

La mayoría de las variedades disponen de hojas con forma lanceolada, alargadas y estrechas. Con un borde aserrado y un mucrón en la punta presente casi siempre. El color del haz es verde intenso con un aspecto algo brillante, y el envés más pálido, aunque esta característica depende en gran medida de la variedad.

La densidad de hojas está determinada por el hábito vegetativo de la variedad, al igual que su tamaño y disposición en las ramas.

2.5. YEMAS

Se pueden diferenciar dos tipos de yemas: las de madera y las de flor. Las yemas se protegen por unas fuertes brácteas, las cuales se disponen en distintos verticilos.

Las yemas terminales de los brotes son siempre vegetativas, ya que el almendro es una especie monopodial.

Dependiendo de la formación donde se sitúe la yema, la inducción floral se producirá de distinta manera. Normalmente aparece una flor por cada botón, aunque pueden darse dos y hasta tres, según la variedad.

2.6. FLORES

La flor del almendro tiene las características típicas de las rosáceas: cáliz compuesto por cinco sépalos y corola por cinco pétalos de diversos colores (desde blanco a rosa).

La flor del almendro es hermafrodita, ya que posee estambres y pistilo, por lo que es capaz de autofecundarse. Esta cualidad no está presente en todas las variedades, algunas necesitan de una polinización cruzada para ser fértiles,

Tiene un solo ovario, el cual levanta por encima de los numerosos estambres que la componen, entre 20 y 50 según variedad. El estilo es alargado y con formas distintas dependiendo de la variedad. Termina en un estigma ensanchado y con una superficie desigual.

2.7. EL FRUTO

El fruto es la almendra, que mide entre 3 y 6 cm. Cada una de las almendras contiene una semilla, aunque en ocasiones aparecen por partida doble. Este factor resta valor comercial a la producción.

Las semillas tienen dos capas que le envuelven y que son muy difíciles de separar. Se trata de la testa y el tegmen. En sus inicios son de color verde, tornando a amarillo y luego marrón, que va aumentando su tono conforme pasa el tiempo. Esta característica se puede utilizar como método de referencia para saber el tiempo que lleva recolectada, además de ayudar en la identificación de variedades.

Los cotiledones adquieren un aspecto compacto y estriado, también observado en los tegumentos, dándoles un aspecto rugoso o en ocasiones casi liso.

El fruto del almendro es una drupa, con una curva de desarrollo algo peculiar. El mesocarpio cesa de engrosarse muy temprano y se inicia su secado.

El endocarpio o cáscara, puede tener distintos grados de compacidad y lignificación, por lo que las variedades se pueden clasificar en los siguientes grupos (Felipe, 2000):

- Muy dura: Marcona, Desmayo Largueta, Desmayo Rojo, Moncayo, Mas Bovera, Glorieta, Francoli
- Dura: Tuono, Ferraduel, Marta, Guara, Antoñeta, Felisa
- Semimollar: Ferragnes, Texas, Rof
- Mollar: Nec Plus Ultra, Carmel, Princesa, Fournat
- Muy blanda: Nonpareil, Merced, Price, Sonora

2.8. LA SEMILLA

La calidad y producción de la semilla son en último término los factores de mayor importancia desde una perspectiva comercial.

La forma de la semilla, así como su rugosidad y asurcado, son aspectos muy importantes para la determinación de la calidad del producto. También cabe destacar el contenido graso, la fibrosidad, la cantidad de azúcares y su grosor.

La presencia de pepitas dobles es un factor comercial altamente negativo y se puede considerar como un defecto grave.

El rendimiento real del fruto es muy importante, ya que de él depende la producción real de la parcela y por tanto su rentabilidad. Este rendimiento está condicionado por varios factores: disponibilidad de agua en los momentos clave, realización de un correcto abonado, técnicas de cultivo adecuadas y, sobre todo, por la variedad elegida para la plantación.

Los rendimientos semilla/cáscara pueden variar entre un 20% y un 43%, aunque este factor no es el más importante a la hora de conocer el rendimiento real del cultivo, ya que al agricultor lo que le interesa es obtener una producción de semilla por árbol o por hectárea elevada, y esta cuestión no tiene por qué ir ligada a un rendimiento alto de semilla/cáscara.

3. FISIOLÓGÍA DEL ALMENDRO

3.1. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de la fisiología del almendro, se debe analizar el ciclo de vida y el ciclo anual. Cada uno de ellos está compuesto por una serie de fases que se describen en los siguientes apartados.

3.2. CICLO DE VIDA

El almendro tiene un ciclo de vida muy longevo, extendiéndose decenas de años, aunque en plantaciones de regadío se reduce a 25 o 30 años para aprovechar su ciclo productivo.

Las fases que componen el ciclo plurianual del almendro son las siguientes:

- Estado juvenil, que se reduce si se produce injerto.
- Entrada en producción, suele ser a los dos años desde el injerto.
- Plena producción.
- Disminución de la producción progresiva
- Envejecimiento y reducción drástica de la rentabilidad.

3.3. CICLO ANUAL

El conocimiento del ciclo anual es muy importante, ya que de él se deducen los momentos óptimos para realizar tratamientos o actuar mecánicamente sobre el árbol.

A lo largo de un año se consideran dos fases:

- Periodo de latencia
- Periodo vegetativo

3.3.1. PERIODO DE LATENCIA

Este periodo comienza con la caída de las hojas y termina en el desborre, que continua con la floración y después con la brotación.

Durante este periodo, las funciones fisiológicas del árbol permanecen activas pero a una velocidad muy lenta. Esta disminución del ritmo viene condicionada por la variedad y por la zona agroclimática. Están determinadas por las temperaturas bajas, el descenso de la intensidad de la luz, la cantidad de horas de luz diarias y una serie de determinantes externos que interfieren en el régimen hormonal del almendro.

Una serie de horas de frío (horas con temperaturas por debajo de 7°C) deben de ser cubiertas por el almendro, al igual que una serie de unidades de calor para que el árbol salga de la latencia.

Las horas de calor no son un simple sumatorio ya que depende de la luminosidad, humedad ambiental y del suelo, variaciones térmicas a lo largo del día, ya que unas temperaturas altas en invierno afectan negativamente esta suma.

Los requerimientos en grados de calor acumulados y el cubrir correctamente las horas de frío que se necesitan, determinarán el momento del inicio de la floración, así como la duración y calidad de esta.

3.3.2. PERIODO VEGETATIVO

El periodo vegetativo comienza con el incremento de actividad en las raíces, sigue con la evolución de las yemas en la brotación y termina cuando cesa el crecimiento de ramos y se caen las hojas, momento en el que vuelve a entrar en latencia.

Se pueden diferenciar las siguientes fases:

- Fase de desborre: se produce inmediatamente después de la entrada en actividad de las raíces y el aumento del sistema de circulación de savia del almendro. El desborre comienza con un hinchamiento y alargamiento de las yemas. El almendro comienza a hinchar en primer lugar las yemas de flor y seguidamente las yemas que contienen ejes vegetativos.

- Fase de floración: es muy importante tanto por su momento como por su evolución. Se detalla posteriormente en el análisis fenológico del almendro.

- Fase de crecimiento: durante esta fase se forman de manera diferencial las distintas formaciones frutícolas, cuya evolución, posición y abundancia son características varietales a tener en cuenta en la poda. El crecimiento va acompañado de la diferenciación de los tejidos, de la inducción de flores del periodo vegetativo siguiente y de la diferenciación floral.

La disponibilidad de agua durante esta fase, favorece la formación de yemas axilares y la evolución de la almendra. Si existe falta de agua durante el verano, provoca una ralentización o incluso parada del crecimiento.

Normalmente se producen dos periodos de crecimiento de raíces, uno rápido y corto que sucede entre febrero y marzo, y otro de más larga duración a finales de mayo o en junio

4. FENOLOGÍA DEL ALMENDRO

4.1. INTRODUCCIÓN

Conocer la evolución de las yemas y la formación de los frutos a lo largo del año es de vital importancia en el cultivo del almendro, para poder adaptar el abonado y los tratamientos fungicidas e insecticidas al ciclo real del árbol.

4.2. ESTADOS FENOLÓGICOS

Los estados fenológicos del almendro se recogen de manera resumida en las siguientes líneas.

- Estado fenológico A: son las yemas de invierno. Es cuando el almendro está en reposo invernal, las yemas están pegadas a la madera y sin engrosarse. Este estado transcurre desde la caída de las hojas hasta el siguiente estado.



Imagen 2. Yemas de invierno

- Estado fenológico B: yemas hinchadas. La yema empieza a engrosar por su zona central, aumenta su tamaño y empieza a separarse de las ramas.



Imagen 3. Yemas hinchadas

- Estado fenológico C: cáliz visible. Se caracteriza por el alargamiento rápido de los botones florales y empiezan a aparecer los sépalos en las yemas de flor.



Imagen 4. Cáliz visible

- Estado fenológico D: corola visible. Después del alargamiento anterior del botón este sigue creciendo y por presión, se separan los sépalos y aparece la punta de la corola que empieza a engrosar.



Imagen 5. Corola visible

- Estado fenológico E: estambres visibles. El gineceo y sobre todo el periantio estaminal presiona lateralmente los pétalos y éstos se separan dejando ver las anteras de los estambres.



Imagen 6. Estambres visibles

- Estado fenológico F: flor abierta. Los pétalos están completamente separados y son visibles los estambres con sus anteras de distintas coloraciones y el estilo y estigma.



Imagen 7. Flor abierta

- Estado fenológico G: caída de pétalos. Los estambres se secan, la fecundación ya se ha realizado y caen los pétalos. Los sépalos empiezan a separarse de su base.



Imagen 8. Caída de pétalos

- Estado fenológico H: fruto cuajado. El ovario fecundado comienza a crecer muy rápido, aumentando de volumen, desplazándose hacia la parte superior del anillo de sépalos secos que permanecen unidos al fruto. El estigma se desprende.



Imagen 9. Fruto cuajado

- Estado fenológico I: fruto joven. El fruto que es muy vellosa, se va alargando y desprendiendo el anillo de sépalos que termina cayendo y comienza a crecer con rapidez, alcanzando casi el tamaño definitivo.



Imagen 10. Fruto joven

- Estado fenológico J: fruto en evolución hacia la madurez. El fruto casi ha engordado completamente. La semilla está aún en estado lechoso. Los frutos evolucionan hacia la madurez.

5. SITUACIÓN DEL ALMENDRO

5.1. INTRODUCCIÓN

Las estimaciones son que la demanda por el consumo directo de almendras seguirá creciendo tanto a nivel nacional e internacional, debido a la consideración que ha ganado como alimento sano y natural, dado que aporta a la dieta ácidos grasos esenciales y es un excelente antioxidante natural y protector cardíaco.

A nivel mundial, si se considera sólo la fruta sin cáscara, principal forma de transacción de la almendra, los principales oferentes internacionales son Estados Unidos, que cubre el 66% del mercado mundial; España, con el 12%, e Italia, con el 3%.

La falta de correspondencia entre la superficie plantada y los volúmenes obtenidos se debe a que las formas de producción son marcadamente diferentes en los distintos países: mientras en Estados Unidos las plantaciones son con variedades seleccionadas y con riego, en España las plantaciones se encuentran en zonas marginales, sin riego.

Esto influye fuertemente en el rendimiento: Estados Unidos produce de 1500 a 3500 kg /ha de pepita y España obtiene de 150 a 200 kg/ha, aunque estas producciones están aumentando gracias a las nuevas plantaciones de regadío donde se pueden llegar a cosechar hasta 2000 kg/ha de pepita, siempre que se manejen correctamente.

La producción mundial no puede abastecer a la demanda que existe por el consumo mundial, debido a la inclusión de países del Este y Asia como consumidores de almendra, que décadas anteriores no consumían este fruto seco.

La gran dependencia de la climatología (heladas y lluvia) en los cultivos de almendro españoles provoca grandes cambios en la oferta española.

Los principales consumidores son Estados Unidos y España, que triplicaron y duplicaron la demanda en el período 2000 - 2005; y Alemania, India y Francia.

Desde mediados de la década de 1990 los Estados Unidos iniciaron una campaña mundial de promoción en los países que eran grandes consumidores (China, Alemania, Reino Unido, Japón y Francia) que a partir del 2002 se extendió a los países del centro de Europa, India y Taiwán.

El consumo de Almendras es variable, dependiendo de los hábitos de consumo y cultura de cada país en particular, debido a que pueden ser consumidas como almendras naturales hasta como parte de elaboraciones de postres, turrónes y licores, entre otros, los cuales se transforman en cada país en particular.

5.2. PRODUCCIÓN EN ESPAÑA

La producción mundial de almendra en cáscara en el año 2008 fue de 2.396.001 toneladas, siendo Estados Unidos el primer país productor con una producción de 1.410.000 toneladas, representando el 59% de la producción total. España es el segundo país productor y el primero a nivel europeo con una producción de 173.700 toneladas, lo que supone en torno al 7% de la producción mundial. Le siguen Australia y Turquía.

La mayoría de la cosecha nacional se obtiene en el Levante español, la Comunidad Valenciana es la primera productora de almendra con el 23,16% de la producción nacional, seguida de Aragón con el 18,85%. La mayoría de la cosecha nacional se obtiene en el Levante español, la

Comunidad Valenciana es la primera productora de almendra con el 23,16% de la producción nacional, seguida de Aragón con el 18,85%.

La producción española de almendras, al igual que la de otros países, resulta muy variable debido a la incidencia de las heladas, que afectan a la floración y al posterior cuajado del fruto. Este problema no sólo es de España,

sino de los principales países productores, lo que determina grandes oscilaciones de precios de las almendras en los mercados internacionales.

Más del 55% de la producción española de almendra se destina a los mercados exteriores. El primer consumidor mundial de almendra es la Unión Europea y dentro de ella Alemania a donde se destina más del 30% de la exportación española de almendra.

En total España exportó en 2007 unas 51.000 toneladas de almendras, con y sin cáscara, de las cuales el 93% tuvo por destino la UE. En cambio las importaciones, unas 62.000 toneladas, procedieron en el 92% de terceros países, principalmente de EE.UU.

5.3. PRODUCCIÓN EN ARAGÓN

En la última década la producción de almendra en Aragón ha experimentado un aumento espectacular debido tanto al aumento de hectáreas cultivadas como al mayor rendimiento de las plantaciones nuevas DE REGADÍO.

El programa de mejora genética del CITA de Aragón empezó en 1974, después del inicio de los trabajos en el almendro en 1966 y la constatación de los problemas de la producción española del almendro, fundamentalmente su baja productividad debida a la plantación de variedades sensibles a las heladas predominantes al final del invierno, una deficiente polinización y la sequía.

Por ello desde el principio fueron objetivos básicos del programa de mejora la autocompatibilidad y la floración tardía para paliar estos problemas.

Fruto de este trabajo ha sido una serie de variedades de indudable éxito en las plantaciones españolas, desde 'Guara', probablemente la variedad vegetal de mayor éxito en la agricultura española, hasta las más recientes 'Belona', 'Soleta' y 'Mardía'.

Asimismo, el IRTA de Cataluña también ha realizado programas de mejora, sacando al mercado variedades como “Vairo”, “Constantí” o “Marinada”, entre otras, cuya principal característica es que son autofértiles y de floración tardía.

5.4. CONSUMO DE ALMENDRA

El consumo de almendra lleva una tendencia alcista en los últimos años. Los principales consumidores son Estados Unidos y España, que triplicaron y duplicaron la demanda en el período indicado.

El consumo mundial de almendras alcanzó sus valores máximos a principios de la década de los 90 debido a las campañas productivas que conllevaron a una gran oferta y a un descenso en los precios y, por lo tanto, un aumento del consumo global.

Esta oferta también alentó la búsqueda de nuevos compradores e impulsó el desarrollo de los mercados internos de los países productores. Estados Unidos, por ejemplo, inició una campaña mundial de promoción en los principales países consumidores: China, Alemania, Reino Unido, Japón y Francia, que a partir del 2002 se extendió a los países del centro de Europa, India y Taiwan.

España, como resultado del aumento del consumo, destinó la almendra de producción nacional a su industria, especialmente a los turrónes y confituras, y comenzó a vender almendras de otras procedencias en los mercados europeos.

Los precios internacionales de la almendra debieran presentar una mayor estabilidad, lo que llevara a un mercado más estable, con el consiguiente aumento en consumo y mercados.

5.5. COMERCIALIZACIÓN DE LA ALMENDRA

La almendra se comercializa con un gran valor añadido fundamentalmente como pepita o almendra pelada.

La pepita se clasifica de acuerdo al daño y al nivel de partido, aunque también es evaluada tanto en función de su peso y rendimiento del grano como por la calidad que ofrezca en virtud de su calibre, forma y sabor del fruto.

La almendra está dirigida principalmente a la industria del chocolate, de la bombonería, pastelería fina y la cosmética. Las diferentes industrias utilizan los subproductos que se extraen de ella para la elaboración de turrone, peladillas, garrapiñadas, dulces de confitería, almendras saladas, chocolates con almendras, jarabes de almendras, aceite de almendras, jabones, cremas de tocador y leche de almendras.

La almendra española posee unas calidades muy superiores a la estadounidense y es más apreciada en los mercados internacionales. Sin embargo, al ser California quién marca las cotizaciones a nivel mundial, presiona los precios de nuestras almendras a la baja.

5.6. USOS DE LA ALMENDRA

- Alimentación: la almendra básicamente tiene tres destinos finales en cuanto a alimentación: consumo en el hogar; consumo en la restauración; y finalmente el uso industrial, como ingrediente para la elaboración de otros productos.

Estos tres destinos finales de uso, puede ser diferente entre un país y otro, por ejemplo, en países europeos más del 80% del consumo de almendras lo representa su uso industrial dentro de alimentos procesados. En España la industria repostera utiliza grandes cantidades de almendra para la fabricación de turrone y diversos tipos de tarta.

Existen diversas clases de almendras que pueden ser comercializadas bajo diferentes variedades de formas y tamaños. Sin embargo, sus valores nutricionales y características como nutriente humano permanecen invariables en todas ellas. Las almendras son nutritivas y tienen un alto contenido energético.

- Productos de belleza: el aceite de almendras es utilizado como componente en algunos fármacos para el tratamiento de escoceduras y dermatitis debido a sus propiedades suavizante, hidratantes y desinflamarte. También tiene propiedades laxantes y puede usarse como complemento proteico en dietas vegetarianas.

Sus propiedades antioxidantes la hacen un aliado perfecto en cosmetología facial, capilar y corporal, para combatir el envejecimiento cutáneo, las cicatrices, la sequedad de la piel, agrietamiento, estrías, flacidez, resequedad del cabello y el cuero cabelludo, etc.

- Biomasa: la cáscara de almendra, posee un alto poder calorífico y tiene diferentes usos tanto energéticos (biomasa) como industriales.

La cáscara de almendra es un subproducto procedente del descascarado de almendra. Tradicionalmente los usos de la cáscara de almendras han sido en hornos de panadería, la industria cerámica y para las calefacciones de explotaciones ganaderas. También secaderos de cereales y deshidratadoras.

Con la creciente preocupación por disminuir la utilización de combustibles fósiles, la cáscara de almendras y otros residuos agrícolas, toman un mayor protagonismo como elementos energéticos en el uso de instalaciones de biomasa, ya sean de carácter industrial o de tipo doméstico como son las calderas de calefacción.

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

ANEJO III: PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL ALMENDRO

ÍNDICE ANEJO III

PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL ALMENDRO

1. PLAGAS.....	1
1.1. PULGONES.....	1
1.2. ORUGUETA DEL ALMENDRO.....	4
1.3. TIGRE.....	5
1.4. POLILLA DEFOLIADORA.....	7
1.5. BARRENILLO.....	8
1.6. ANTONOMOS.....	9
1.7. GUSANO CABEZUDO.....	10
1.8. ANARSIA.....	12
1.9. MOSQUITO VERDE.....	13
1.10. ARAÑA AMARILLA.....	14
2. ENFERMEDADES.....	15
2.1. CRIBADO.....	15
2.2. ABOLLADURA.....	16
2.3. MONILIA.....	17
2.4. MANCHA OCRE.....	19
2.5. ROYA.....	20
2.6. FUSICOCUM.....	21
2.7. VERTICILOSIS.....	23
2.8. PODREDUMBRE DE CUELLO Y RAIZ.....	24
2.9. MANCHA BACTERIANA.....	25
3. CALENDARIO DE TRATAMIENTOS.....	28

PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL ALMENDRO

En este anejo se van a estudiar las plagas y enfermedades más habituales que afectan al almendro, el cual tiene sensibilidades y tolerancias según sea la variedad.

1. PLAGAS

Las principales plagas que afectan al almendro se describen a continuación. En cada una de ellas se detallará una descripción del insecto, los síntomas y daños causados y los posibles métodos de control.

1.1. PULGONES

Las especies de pulgón o áfido que atacan las plantas de almendro son numerosos y dependen en gran medida de la ubicación de la parcela, ya que la mayoría son especies polípagas, es decir, pueden afectar a varios cultivos sobre todo en zonas colindantes. A continuación se enumeran los más comunes.

- ▶ *Myzus persicae* (Pulgón verde del melocotonero)
- ▶ *Brachycaudus helichrysi* (Pulgón del almendro)
- ▶ *Brachycaudus amygdalinum* (Pulgón verde del almendro)
- ▶ *Brachycaudus persicae* (Pulgón negro del melocotonero)
- ▶ *Hyalopterus amygdali* (Pulgón harinoso del almendro)
- ▶ *Hyalopterus pruni* (Pulgón harinero del ciruelo)

Los pulgones más importantes son el pulgón verde (*Myzus persicae*) y el pulgón harinoso (*Hyalopterus amygdali*). Los dos tienen como huésped primario el almendro, pero los meses de más calor se desplazan a otras plantas huésped. Alternan la reproducción asexual y sexual.

El adulto de *M.persicae* es de color verdoso con sifones largos y dilatados, y *H.amygdali* es de color verde pálido, un poco más grande y con sifones algo más cortos, además de presentar una secreción cerosa de aspecto harinoso que cubre todo el cuerpo.



Imagen 1. *Myzus persicae*



Imagen 2. *Hyalopterus amygdali*

Myzus persicae pasa el invierno en forma de huevos localizados cerca de las yemas florales. En el mes de febrero eclosionan y nacen las hembras ápteras (sin alas) que se reproducirán durante varias generaciones de manera vivípara y por partenogénesis dando solo hembras.

Los pulgones son vivíparos durante las generaciones primaverales, lo que favorece el crecimiento exponencial de la plaga, ya que las ninfas recién nacidas contienen embriones en desarrollo en su interior.

Al llegar el calor del verano, aparece una generación de individuos alados que migran hacia otros cultivos huésped, donde se reproducen hasta que aparece una generación que dará machos y hembras, quienes se reproducen sexualmente. En otoño, las hembras aladas vuelven al almendro donde depositarán los huevos de cara al invierno.

Hyalopterus amygdali tiene una biología parecida a *M.persicae*. La puesta de los huevos de invierno se deposita sobre las yemas de las ramillas externas. Las hembras fundadoras aparecen en abril y se ubican en el envés de las hojas. La secreción cerosa que producen le es útil para protegerse de los

enemigos naturales, aunque afecta seriamente al almendro al disminuir su capacidad fotosintética.

Síntomas y daños

Los pulgones succionan la savia, provocando enrollamientos, acortamientos y deformaciones de las hojas afectadas, que toman un aspecto muy característico. Los brotes afectados se desarrollan mal y sus entrenudos se acortan. En casos de ataques muy graves pueden llegar a producirse defoliaciones. Pueden ocurrir, aunque no es frecuente, ataques en flores y frutos.

La época en que se producen los daños más importantes en el almendro es durante los meses de abril y mayo. Cuando llega el verano los daños disminuyen al migrar hacia otras plantas huésped y por el aumento de las poblaciones de los insectos depredadores.

Métodos de control

Los pulgones tienen un gran número de enemigos naturales o depredadores (mariquitas, crisopas, sírfidos) que ayudan a controlar la plaga a partir del mes de abril.

Las hormigas son atraídas por la melaza que segregan los pulgones, defendiendo a estos de sus depredadores, y favoreciendo el movimiento a través de la planta.

Si es necesario realizar tratamientos fitosanitarios, el momento de actuar contra *M.persicae* es al final de la floración, cuando la población aún es baja y tienen poca vegetación donde cobijarse. La protección contra *H.amygdali* se realiza cuando existen el 5% de los brotes afectados.

Las materias activas a utilizar son Deltametrin, Imidacloprid, Tiametoxam y Lambda Cihalotrin.

1.2. ORUGUETA DEL ALMENDRO (*Aglaope infausta*)

El *A.infausta* es un pequeño lepidóptero polífago, ya que puede causar daños en otros frutales de hueso y pepita.

En estado adulto adquiere un color oscuro en el cuerpo y gris en las alas con una mancha roja hacia la base. Estas pueden llegar a medir hasta 2cm.

Las orugas poseen una banda dorsal central amarilla intercalada por unos puntos negros, y rodeada de dos bandas dorsales de color violeta.

La pupa es de color amarillento o rosáceo y posee un tamaño de unos 10 mm.



Imagen3. Larva de *A.infausta*



Imagen 4. Pupa de *A.infausta*

Tras el invierno, las orugas aparecen en el momento de la brotación del almendro, atacando vorazmente las yemas y las nuevas hojas. Esta circunstancia dura hasta mediados de mayo, cuando las larvas forman la crisálida, que tras 15 días se convierte en un adulto con misión únicamente reproductiva. Estos adultos se resguardan del calor durante el día y cuando refresca se dedican a aparearse y a poner huevos en grietas o heridas del almendro. De estos huevos se obtiene una nueva generación de larvas que se alimenta durante unos cuantos días, refugiándose del calor veraniego y del frío invernal hasta la primavera siguiente.

Síntomas y daños

Los daños principales los produce la oruga que ha pasado todo el invierno refugiada. Se alimenta de las hojas una vez comienza la brotación, aunque en

los primeros estadios solamente del envés, produciendo unas galerías muy características. Más adelante se alimenta del haz de la hoja, llegando a dejar solamente los nervios.

Cuando el ataque es muy acusado el árbol pierde capacidad fotosintética, y por tanto producción. Si se producen ataques durante varios años seguidos y no se toman medidas correctoras, el almendro pierde vigor y se envejece de manera prematura.

Métodos de control

La forma eficaz de control de huevos es aplicar un aceite de invierno, aunque esta práctica no está muy extendida en la zona.

Una vez está la almendra cuajada se realizan tratamientos con las siguientes materias activas: Deltametrin, Lambda cihalotrin y Clorantraniliprol. También se puede utilizar el *Bacillus thuringiensis*, muy eficiente en el control de orugas y autorizado en agricultura ecológica.

1.3. TIGRE (*Monasteira unicostata*)

El tigre o chinche del almendro es un hemíptero de unos 2 a 2,5 mm de longitud, de color marrón y unas manchas típicas por las que adquiere el nombre por el que es conocido vulgarmente. Está muy difundido por toda el área mediterránea y afecta al almendro, aunque debido a su carácter polífago, puede observarse en otros frutales de hueso y pepita.

Los adultos invernan entre la corteza de los árboles, plantas espontáneas y las hojas del suelo. Durante los primeros meses de la primavera, los adultos se dirigen a las hojas jóvenes para picarlas continuamente. Depositán los huevos en el envés de las hojas. Se producen numerosas generaciones al año, de tres a cuatro, desde la primavera hasta el final del verano.

Síntomas y daños

Los adultos y las ninfas se alimentan del envés de las hojas realizando picaduras por donde extraen los jugos de sus tejidos.

En las hojas afectadas, su haz adquiere una coloración entre amarillenta y blanquecina, y su envés aparece con un punteado de color negro debido a los excrementos que deposita. Las hojas se suelen abarquillar, disminuyendo su capacidad fotosintética.

Los daños producidos por las picaduras se traducen en pérdida de hojas, debilitamiento del árbol y pérdida de cosecha.

En ataques muy fuertes se pueden producir defoliaciones que afectan directamente al desarrollo del árbol y a la maduración de la almendra. Por las pequeñas hendiduras que crean para realizar la puesta pueden penetrar otros patógenos perjudiciales para el almendro.

Los años en los que la sequía está más presente se acentúan los daños producidos en el almendro.



Imagen 5. Adulto de *M.unicostata*



Imagen 6. Ninfas de *M.unicostata*

Métodos de control

Los tratamientos se deben realizar cuando aparecen los primeros adultos invernantes, realizando aplicaciones con insecticidas autorizados como es el caso del Tau-Fluvalinato.

La fauna auxiliar tiene un efecto muy favorable en su control. Entre los insectos depredadores de *M.unicostata* se encuentran los Coccinélidos, Antocóridos, Míridos y Nábidos.

1.4. POLILLA DEFOLIADORA (*Malacosoma neustria*)

La *Malacosoma neustria* es un insecto lepidóptero, el adulto es una polilla y las larvas son las que producen los daños.

Es un lepidóptero bastante polífago, afectando a otras especies de frutales y forestales.

El adulto realiza una puesta en verano en los brotes jóvenes, donde los huevos se disponen en forma de un pequeño brazalete alrededor de los mismos.



Imagen 7. Oruga de *M.neustria*



Imagen 8. Puesta de *M.neustria*

El invierno lo supera en forma de huevos, los cuales permanecen ocultos en pequeñas grietas de la madera.

Cuando nacen las orugas tienen una coloración negruzca, que luego se convierte en colores muy llamativos. Adquiere una banda de color blanco que recorre todo el cuerpo en su parte superior, la cual está rodeada de finas líneas de color negro y naranja. Por los lados tiene bandas azules y en la parte inferior otra banda naranja. Pueden llegar a alcanzar los 5 cm de longitud.

La oruga tiene un aspecto urticante debido a los pelillos que posee por los flancos, pero no produce picor alguno.

Síntomas y daños

La *M.neustria* provoca daños cuando está en estado larvario, como ocurre con todos los lepidópteros. Las larvas más jóvenes se alimentan continuamente de las hojas, provocando graves defoliaciones cuando afectan a brotes jóvenes. Es una plaga que en la zona donde se ubica el proyecto no es muy habitual.

Métodos de control

Los tratamientos se pueden realizar con las siguientes materias activas: Deltametrin, Clorantranilipol y Lambda cihalotrin. También se puede utilizar el *Bacillus thurigiensis*, muy eficiente en el control de orugas y autorizado en agricultura ecológica.

1.5. BARRENILLO

Las especies de barrenillo más frecuentes son las siguientes:

- ▶ *Scolytus amygdali*
- ▶ *Scolytus mali*
- ▶ *Xyleborus dispar*

Se trata de un pequeño coleóptero de color negro o marrón oscuro, de un tamaño de unos 4 mm de longitud y con forma cilíndrica.

Tienen carácter polífago y puede causar daños en varias especies de cultivos leñosos.

Están presentes en plantaciones con cuidados deficientes, en mal estado sanitario o de avanzada edad. En ocasiones, parcelas sanas se ven afectadas por esta plaga ya que puede venir de plantaciones colindantes o restos de podas vecinas.



Imagen 9. Adulto de *Xyleborus dispar*



Imagen 10. Orificios y gomosis

Síntomas y daños

La plaga del barrenillo se puede detectar al ver la presencia de gomosis en la entrada de los orificios que el insecto utiliza para penetrar en la madera.

Los daños que provoca pueden ser muy graves en primavera, cuando afectan a los ramos jóvenes y a la base de las yemas. También se pueden observar ramas de calibre medio con un debilitamiento muy marcado.

En casos de fuertes ataques del barrenillo, las plantas pueden llegar a la muerte o acelerarla, sobre todo en almendros que no tienen una sanidad correcta.

Métodos de control

Los restos de la poda pueden servir de refugio para el barrenillo, por lo que una correcta eliminación supone un gran apoyo en la labor de controlar la plaga.

Mantener los árboles con unas correctas defensas, puede favorecer que sean menos atacados por el barrenillo.

El único producto autorizado para el control del barrenillo es el Tau-Fluvalinato.

1.6. ANTONOMOS (*Anthonomus amygdali*)

Los antonomos son unos pequeños curculiónidos de entre 3 y 4 mm de longitud, de color negruzco y marrón rojizo o rosado. Las hembras son de colores más claros.

Al igual que la mayoría de las plagas del almendro, afecta a otros frutales de hueso.

Los calores del verano y parte del otoño lo pasan bajo la corteza de los almendros. A finales de diciembre o primeros de enero, se sitúa en las ramas, donde ataca las yemas de flor antes de que se abran.

El adulto realiza la puesta en las yemas que están algo más desarrolladas. Las larvas se alimentan de los tejidos de las yemas y luego de

las flores y frutos recién cuajados. Las larvas pasan a adultos a finales de febrero o primeros de marzo y continúan su alimentación con las hojas.



Imagen 11. Adulto de *A. amygdali*



Imagen 12. Larva de *A. amygdali*

Síntomas y daños

Los daños más graves se producen cuando las yemas de flor son muy afectadas, lo que se traduce en una disminución de la producción.

También produce daños el adulto cuando se alimenta de las hojas, provocando una pérdida de masa foliar y por tanto de capacidad fotosintética.

Métodos de control

Los tratamientos deben realizarse en el periodo otoñal, después de que el adulto inicia su actividad y la puesta de huevos.

Actualmente no hay ningún insecticida autorizado para el almendro que controle los antonómicos, aunque alguno de los que se utilizan para el control de pulgones y orugas puede tener un efecto indirecto.

1.7. GUSANO CABEZUDO (*Capnodis tenebrionis*)

El gusano cabezudo es un coleóptero característico de parcelas que se riegan por goteo. Es una plaga polífaga, llegando a afectar a la mayoría de los frutales de hueso.

En estado adulto alcanza un tamaño de 2-2,5 cm de longitud, y se identifica claramente por su forma. El cefalotórax tiene un color blanco grisáceo y punteado. Tiene gran facilidad de reproducción y realiza las puestas junto al cuello de los árboles.

El ciclo de la plaga es bianual, y necesita unas condiciones de suelo seco para que los huevos eclosionen y aparezcan las larvas.



Imagen 13. Adulto de *C.tenebrionis*



Imagen 14. Larvas de *C.tenebrionis*

Síntomas y daños

Provoca daños especialmente en plantaciones jóvenes, tanto por el ataque de sus larvas a las raíces y cuello, como por el ataque de los adultos a la parte aérea del almendro, sobre todos a los brotes más tiernos. Los ataques de las larvas en cuello y raíces limitan la circulación de savia.

Los árboles atacados por *C.tenebrionis* se van debilitando poco a poco hasta que se secan completamente.

Métodos de control

Es una plaga de muy difícil control químico, ya que solamente existe un producto autorizado, el imidacloprid.

Las medidas culturales son necesarias para control de esta plaga. Aumentar el vigor de la plantación puede aminorar los efectos negativos del ataque de *C.tenebrionis*. La colocación de barreras físicas, como plásticos o mallas colocados en forma de tronco cono puede ser efectivo para disminuir el número de puestas. Intentar mantener una elevada humedad cerca de la zona del tronco, dificulta que los huevos y larvas sean viables.

1.8. ANARSIA (*Anarsia lineatella*)

La anarsia es un pequeño lepidóptero de color marrón negruzco. Su segundo par de alas es grisáceo y dispone de una forma característica en el cefalotórax.

Las larvas presentan unas líneas marrones y blancas muy bien marcadas.

Se trata de una plaga frecuente en viveros y plantaciones jóvenes, pero menos en plantaciones ya establecidas.



Imagen 15. Adulto de *A.lineatella*



Imagen 16. Daños en brotes jóvenes

Síntomas y daños

Los primeros síntomas de ataque se producen en las yemas y brotes tiernos, siendo doblados con una forma muy característica y llegando a secarse. Provoca galerías descendientes desde el punto de entrada.

En alguna ocasión, las larvas se alimentan de almendras en desarrollo, perjudicando el rendimiento y calidad del fruto.

Métodos de control

Es una plaga que no se suele tratar específicamente en la zona objeto del proyecto, pero en caso de superar los umbrales de tratamiento se utilizarán productos autorizados como el *Bacillus thuringiensis*, Clorantranilipol, Deltametrin y Lambda cihalotrin.

La eliminación de los brotes afectados cuando se aprecian los primeros síntomas es una manera de minimizar los daños.

1.9. MOSQUITO VERDE (*Empocasa vitis*)

El mosquito verde es un cicadélido de unos 4 mm de longitud, cuerpo de forma alargada y de color verde que realiza pequeños vuelos dando saltos muy característicos.

Los adultos suelen aparecer en febrero, cuando se inicia la brotación. Las primeras ninfas se observan en abril, alcanzando el máximo en junio.

Los ataques son más habituales si existen viñas cercanas, sitio donde emigran los adultos en cuanto la vid comienza a brotar.



Imagen 17. Adulto de *E.vitis*

Síntomas y daños

La *Empocasa vitis* realiza una serie de picaduras que provocan un abarquillamiento de las hojas, adoptando un color amarillo y secando sus puntas y zonas periféricas.

Cuando los ataques son muy intensos se producen entrenudos más cortos de lo habitual, debilitando los brotes, lo que se traduce en una pérdida de vigor del almendro y por tanto de su potencial productivo. Los daños suelen aparecer en los meses de julio y agosto.

Métodos de control

Se trata de una plaga que provoca daños en ocasiones muy puntuales, pero en caso de observar su presencia se deben de realizar tratamientos con Tau fluvalinato.

1.10. ARAÑA AMARILLA (*Tetranychus urticae*)

La araña amarilla es una plaga muy polífaga, ya que afecta al almendro y a diversos frutales, vid y hortícolas.

No suele ser una plaga importante en almendro aunque puede aparecer en casos de exceso de tratamientos fitosanitarios contra otras plagas.

El adulto son de pequeño tamaño, midiendo solamente 0,6 mm. Su cuerpo es transparente con manchas laterales de color oscuro. Las larvas son muy parecidas al adulto aunque con menor tamaño.

Pasan el invierno en forma de hembra adulta escondida en la corteza o las hojas del suelo. En primavera se va hacia los cultivos herbáceos colindantes. En abril y mayo aparecen en el almendro y a finales del otoño comienzan a invernar.

Los veranos secos y calurosos favorece la proliferación de esta plaga ya que se producen generaciones sucesivas.



Imagen 18. Adulto de *T.urticae*



Imagen 19. Hoja afectada por *T.urticae*

Síntomas y daños

Produce decoloraciones, punteaduras y manchas amarillentas en el envés de las hojas, llegando a caer si los ataques son muy fuertes.

Métodos de control

Para el cultivo del almendro no existe en la actualidad ningún producto fitosanitario autorizado para su tratamiento después de que aparezcan las larvas. El azufre tiene un efecto acaricida importante.

Se puede actuar sobre los huevos, realizándose tratamientos con aceites de parafina, que puede ser bastante efectivo.

2. ENFERMEDADES

Las principales enfermedades fúngicas y bacterianas que afectan al almendro se describen a continuación. En cada una de ellas se detallará una descripción de del agente causante, los síntomas y daños causados y los posibles métodos de control.

2.1. CRIBADO (*Stigmina carpophyla*)

El agente causante del cribado, también conocido como perdigonado del almendro, es el deuteromiceto *Stigmina carpophyla* (Lév) M.B.Ellis, anteriormente llamado *Coryneum beijerinckii* Oud. El desarrollo de este hongo se ve favorecido por humedades elevadas y temperaturas entre los 15 y 18°C.

Síntomas y daños

Las primeras infecciones se producen en primavera, durante la brotación y cuando las lluvias son frecuentes, ya que este hongo necesita humedad para dispersarse.

Los daños se producen en hojas, madera joven y frutos. Las hojas presentan unas manchas cilíndricas de color marrón, produciendo la necrosis de la zona afectada y apareciendo los típicos agujeros de esta enfermedad. Los tallos jóvenes presentan manchas alargadas de color marrón rojizo, y que tienden a lignificarse. En los frutos también aparecen una serie de manchas que segregan goma, aunque no suelen afectar a la producción.



Imagen 20. Fruto afectado por *S. carpophyla*



Imagen 21. Hojas afectadas por *S. carpophyla*

Métodos de control

Esta enfermedad no suele necesitar tratamientos específicos salvo ataques puntuales, por lo que los tratamientos se realizarán para el control de otras afecciones, aprovechando el amplio espectro de muchos fungicidas como el folpet, ziram y cobre. En caso de ser necesario un tratamiento, se realizará en primavera y a la caída de hojas.

La poda en invierno de las ramas afectadas disminuye la cantidad de inóculo presente en el árbol.

2.2. ABOLLADURA (*Taphrina deformans*)

También se conoce como lepra del almendro. La enfermedad es producida por un hongo ascomiceto.

Las temperaturas suaves de la primavera, junto con una humedad relativa elevada, favorecen la infección. Las temperaturas elevadas, por encima de 29°C, provocan el cese de la actividad del hongo.

Las brácteas de las yemas son el lugar donde el hongo se hospeda durante todo el invierno.

Síntomas y daños

Los primeros síntomas suelen aparecer a finales de abril o principios de mayo, momento en el que las hojas adoptan un abullonado típico, con formas diversas y de color verde-blanco, rosa brillante o rojo. Las hojas pierden sus funciones, por lo que el árbol se debilita de manera importante.

El hongo puede afectar a brotes, provocando engrosamientos y graves deformaciones. Cuando se trata de los daños que produce en flores y frutos jóvenes, se resume en abortos y caídas prematuras, con la pérdida de cosecha que esta circunstancia suscita.

Esta enfermedad no suele ocasionar daños graves, aunque en ocasiones puede hacerlo.



Imagen 22. Hoja afectada por *T.deformans*

Métodos de control

El control de la enfermedad realizando tratamientos preventivos, en el momento de la caída de hojas en otoño o en estado de yema hinchada, suele dar mejores resultados que las aplicaciones de fungicidas una vez producida la infección.

Los productos autorizados utilizados son los derivados del cobre, folpet o ziram.

2.3. MONILIA (*Monilia laxa*)

La enfermedad es causada por un hongo ascomiceto llamado *Monilia laxa*. Se considera una enfermedad polífaga, ya que afecta tanto a frutales de pepita como de hueso.

Las infecciones se producen, principalmente, en el momento de la floración, siendo favorecidas por la presencia de continuas lluvias.

Las flores reciben el micelio depositado en el estigma y es arrastrado por el tubo polínico, provocando su secado.

Síntomas y daños

El secado de flores y el momificado de frutos cuajados son dos de los daños más visibles, aunque no los únicos. También se producen una serie de chancros de color parduzco en ramas y brotes, provocando su secado.

Existen diferencias varietales en cuanto a la susceptibilidad de la enfermedad. Las variedades más sensibles sufren un secado severo en toda la rama afectada, y las más tolerantes solamente se ven afectados órganos más jóvenes y ramilletes de mayo.

Los daños más importantes se producen en la disminución de calidad y cantidad de flores y frutos, además de pérdida de vigor del almendro debido al secado de ramas.



Imagen 23. Flores afectadas por *M.laxa*



Imagen 24. Fruto afectado por *M.laxa*

Métodos de control

Un aspecto a tener en cuenta es la elección de una variedad poco susceptible a la enfermedad.

La reducción del inóculo es muy importante para evitar posibles infecciones en años posteriores, por lo que se eliminarán las ramas y frutos momificados.

El momento más adecuado para realizar tratamientos con productos preventivos de contacto será antes de la floración, principalmente si se producen lluvias. Con la mitad de las flores abiertas se debe de realizar otro tratamiento, además de los que se realizan cuando se caen las hojas con derivados del cobre.

Los productos fitosanitarios autorizados para combatir esta enfermedad en almendro son muy reducidos, ya que no existen sistémicos y hay que ceñirse a la utilización de productos de contacto como el folpet, cobre y mancozeb.

2.4. MANCHA OCRE (*Polystigma ochraceum*)

El hongo ascomiceto *Polystigma ochraceum* (Whalenb.) Sacc es el causante de esta enfermedad, que también se conoce como moteado rojo de las hojas.

Es una enfermedad que no afecta por igual a todas las variedades de almendro.

La zona del Somontano de Barbastro, donde se ejecutará el presente proyecto, tiene un verano seco y caluroso, lo que favorece la proliferación de la mancha ocre.

El alto nivel de tolerancia de esta enfermedad por parte de la variedad de almendro Vairo, es uno de los motivos que justifican su elección.



Imagen 25. Hojas afectadas por *P.ochraceum*

Síntomas y daños

Los primeros síntomas que se observan, sobre los meses de abril y mayo, son unas manchas de color verde, algo más claro que el color natural de las hojas. Se aprecian en el haz y el envés de la hoja. Al pasar el tiempo adoptan tonos amarillos y naranjas, llegando a alcanzar los 30 mm de diámetro.

A medida que avanza la enfermedad, las manchas se van juntando y provocando la muerte de los tejidos de la hoja, adoptando un aspecto seco y quebradizo.

En casos de infecciones graves, las defoliaciones que se producen son muy importantes y como consecuencia, se ve resentida la capacidad fotosintética del almendro y por tanto su potencial productivo.

Si los ataques son severos durante varios años seguidos, el almendro se debilita y envejece de manera prematura.

En escasas ocasiones se ven afectados los frutos y las ramas.

Métodos de control

Se pueden adoptar medidas preventivas para intentar evitar en la medida de lo posible los daños de esta enfermedad. Se debe evitar realizar la plantación en una zona con mucha humedad ambiental. La destrucción de las hojas afectadas con una trituradora, tras su caída otoñal, disminuye la cantidad de inóculo presente en la siguiente campaña.

Los tratamientos químicos con fungicidas deben centrarse en el periodo en el que se produce la caída de pétalos. En caso de fuerte presión de la enfermedad en años anteriores, repetir hasta 2 o 3 tratamientos.

Las únicas materias activas autorizadas para el control de mancha ocre, según el registro de productos fitosanitarios, son captan y tiram.

2.5. ROYA (*Tranzschelia pruni-spinosae*)

Esta enfermedad se conoce con otro nombre, desecado foliar, debido a los daños que provoca en las hojas del almendro.

Las primaveras lluviosas y temperaturas suaves favorecen su desarrollo, llegando a causar graves perjuicios si la humedad ambiental perdura en el tiempo.

Se trata de un hongo polífago, afectando a la mayoría de los frutales de hueso, además del almendro.

Síntomas y daños

Los primeros síntomas aparecen en forma de manchas cloróticas en el haz y el envés de las hojas, llegando a juntarse u ocupar casi toda la superficie.

Después aparecen, en el envés, una serie de pústulas de color marrón y que desprenden un polvillo del mismo color.

Los daños que provoca esta enfermedad derivan en una caída prematura de las hojas y una pérdida de la capacidad productiva.

Las ramas pueden verse afectadas, aunque es muy difícil apreciar los síntomas. Los frutos del almendro rara vez sufren daños.



Imagen 26. Hojas afectadas por *T.pruni-spinosae*

Métodos de control

La prevención, utilizando compuestos cúpricos, suele ser suficiente para el control de la enfermedad. En caso de que aparezcan síntomas, se realizarán tratamientos con materias activas autorizadas como el ziram o mancozeb.

2.6. FUSICOCUM (*Fusicoccum amygdali*)

El fusicocum también se conoce con el nombre de brote seco o chancro de las ramas y yemas. Es bastante polífago, afectando a otros frutales.

El hongo penetra, en el almendro, a través de las pequeñas heridas que se producen al caer los pétalos o las hojas. Aunque otras heridas, provocadas en la poda, recolección o pedrisco, son puerta de entrada para la enfermedad.

Síntomas y daños

Se produce una necrosis, con forma de elipse y de color oscuro, alrededor de las yemas de los ramos. A medida que avanza la infección, se seca todo el órgano.

Sobre los chancros que rodean las yemas se observan unas pústulas compuestas por los cuerpos fructíferos del hongo. Al abrirse, se diseminan y provocan nuevas infecciones, sobre todo si coinciden con lluvias de primavera o verano.

La madera que está debajo del chancro, si se desprende este, adopta un color oscuro característico de la enfermedad.

Las hojas de las ramas afectadas por fusicocum se secan, debilitando el árbol y comprometiendo su viabilidad.



Imagen 27. Ramas afectadas por *F. amygdali*



Imagen 28. Yema con un chancro

Métodos de control

Dependiendo de las variedades, el nivel de tolerancia a fusicocum es muy diverso, por lo que la elección de la variedad se ha realizado teniendo en cuenta este aspecto.

Las ramas con síntomas se eliminarán mediante la poda, teniendo especial cuidado en dejar para el final los árboles afectados, debido a que las herramientas utilizadas en estas labores pueden funcionar como vector de transmisión.

Tras la recolección es un buen momento para prevenir la infección, ya que suele coincidir las heridas producidas con periodos de lluvias. Se pueden utilizar productos cúpricos.

Otro momento clave es el inicio de la brotación, instante con mucho riesgo de contagio.

Aunque no existen apenas materias activas eficaces y autorizadas para el control de fusicocum, se realizarán tratamientos con los productos disponibles a base de captan, folpet y cobre.

2.7. VERTICILOSIS (*Verticilium dahliae* Kleb)

El hongo causante de la verticilosis es *Verticilium dahliae* Kleb. Se trata de un patógeno que ataca el sistema vascular, produciendo un rápido colapso de algunas ramas que se secan, las cuales se alternan con otras que permanecen inalteradas en el árbol.

La infección suele provenir de las plantas injertadas en el vivero o del injerto, por lo que es de gran importancia que el material vegetal tenga todas las garantías sanitarias posibles.

Síntomas y daños

Los síntomas se aprecian al realizar una sección longitudinal o transversal de los tallos afectados, donde aparecen unas manchas necróticas con forma alargada y de color marrón. También se puede observar la presencia de estas manchas al levantar la corteza de las ramas secas.

Si el marchitamiento es muy rápido, las manchas tienen un tono más suave y de contorno menos definido que si el secado de las ramas es lento.

Las ramas afectadas por verticilosis sufren un secado completo de sus hojas y no se desprenden.

Los daños se manifiestan en los almendros a partir del segundo año, llegando a morir de manera prematura.

Métodos de control

Los tratamientos fitosanitarios con productos autorizados para el almendro no tienen ninguna eficacia contra esta enfermedad. Las medidas que se toman son meramente culturales.

La eliminación de las ramas afectadas unos cuantos centímetros por debajo de la zona donde se inicia el secado.

Evitar realizar la plantación en parcelas donde en años anteriores se cultivaban especies sensibles a este hongo.

Elegir patrones que sean lo más tolerantes posible a esta enfermedad.

2.8. PODREDUMBRE DE CUELLO Y RAIZ (*Phytophthora* sp.)

Los hongos causantes de estas podredumbres son numerosos y pertenecen al género *Phytophthora*.

Las infecciones se producen a través de la corteza de la zona del cuello, sobre todo en parcelas que sufren encharcamientos continuos.

Síntomas y daños

Los síntomas se aprecian en el cuello del árbol, donde aparece una gomosis y chancros típicos. También afecta al tronco, desprendiendo su corteza y provocando una muerte prematura del árbol debido a los daños que sufre el sistema vascular.

Las zonas afectadas adquieren una coloración parda que torna a negruzca debajo de la corteza.

Los daños son visibles cuando llegan los primeros calores intensos del año, momento en el que se observa un secado rápido de la copa del árbol.

Los almendros afectados por este hongo presentan hojas más pequeñas y amarillentas de lo normal. Ven reducido su vigor y su producción hasta que se produce su deceso.



Imagen 29. Cuello afectado por *Phytophthora* sp.

Imagen 30. Gomosis en tronco.

Métodos de control

La colocación del lateral de riego muy cerca del tronco favorece que la humedad permanezca muy cerca del cuello y las infecciones sean más probables. En esta plantación de almendro, al disponer de doble lateral de riego por línea de árboles, no existirá esta problemática.

Un correcto manejo de las malas hierbas, teniendo limpia la zona alrededor del tronco, es importante a la hora de disminuir la humedad presente en la parte del cuello del almendro. En este proyecto se utilizarán herbicidas en la línea de los árboles.

Los tratamientos con productos fitosanitarios no se pueden realizar ya que no existe ningún producto autorizado para el control de *Phytophthora* sp. en almendro.

2.9. MANCHA BACTERIANA (*Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*)

La mancha bacteriana está causada por la bacteria *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. Esta enfermedad, en la actualidad, está en cuarentena en la Unión Europea, por lo que se deben de eliminar los árboles afectados una vez se constate la infección.

Es una bacteria muy polífaga, ya que afecta a todos los árboles del género *Prunus*. Las distintas variedades de una misma especie tienen distintos niveles de tolerancia, estando latente en alguna de ellas durante un largo periodo de tiempo sin manifestar ningún tipo de síntoma.

Síntomas y daños

Los síntomas son parecidos a los que producen otros hongos, bacterias o fitotoxiciidades.

En las hojas aparecen unas manchas poligonales con una aureola amarillenta. Algunas ocasiones se producen orificios similares al cribado. Se suelen situar a lo largo del nervio central o en la punta de las hojas.

Las hojas terminan desprendiéndose del árbol, pero antes adquieren una tonalidad amarillenta.

Los síntomas aparecen en el fruto después de la caída de los pétalos. Las almendras de apenas un mes adquieren unas pequeñas manchas rodeadas de un borde amarillento, que se necrosan y penetran, llegando a emitir una especie de goma.

En las ramas se aprecian unos pequeños chancros en el punto de inserción del peciolo.



Imagen 29. Chancros en punto de inserción



Imagen 30. Hoja afectada por *X.arboricola*

Métodos de control

Las medidas de control van encaminadas a la prevención. Adquirir la planta de almendro en un vivero autorizado y con su pertinente pasaporte fitosanitario.

La elección de una parcela bien ventilada, realizar podas encaminadas a la aireación del almendro y la desinfección de los aperos utilizados pueden favorecer que esta bacteria no penetre en nuestras parcelas.

Los árboles afectados deben de ser eliminados, con el fin de evitar la expansión de esta patología.

Los tratamientos fitosanitarios están encaminados a la reducción del inóculo. La materia activa utilizada será el cobre. Se realizarán dos tratamientos durante la caída de las hojas (con 25% y 75-100%) y otros dos cuando comiencen a hincharse las yemas y justo antes de la floración.

3. CALENDARIO DE TRATAMIENTOS

Seguir un calendario de tratamientos fitosanitarios confeccionado de forma general no es la opción más adecuada, ya que los ciclos biológicos que tienen las plagas pueden variar dependiendo de la zona y de las condiciones ambientales del año.

Por el contrario, en el caso del control de enfermedades, es conveniente seguir unas pautas para prevenir infecciones, puesto que cuando se aprecian los síntomas, el control es muy complicado con los productos autorizados que existen para el almendro.

El almendro ni es un frutal de hueso ni de pepita. Esta consideración hay que tenerla muy presente a la hora de utilizar productos fitosanitarios autorizados, ya que existen muy pocos y en ocasiones hay enfermedades que son muy difíciles de controlar con las materias activas autorizadas.

En ocasiones se llevan a cabo excepciones y se autorizan de manera temporal materias activas utilizadas en frutales de hueso, como Dodina o Ciproconazol, para luchar contra enfermedades como la *Monilia laxa*.

En las siguientes tablas se muestran los umbrales de tolerancia de las plagas, y el momento más adecuado para realizar tratamientos contra las enfermedades más comunes. Además de detallar las materias activas autorizadas en almendro para cada una de las patologías.

Esta información se ha consultado en la página web del MAGRAMA (<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios>).

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº III Plagas y enfermedades del almendro

Plagas	Umbral de tolerancia	Materias activas autorizadas
ORUGUETA <i>Aglaope infausta</i>	Al detectar las primeras orugas alimentándose de las hojas.	Clorantranilipol Deltametrin Lambda cihalotrin <i>Bacillus thuringiensis</i>
TIGRE <i>Monasteira unicastata</i>	En prefloración: al detectar presencia. En post-floración: con el 10% de los brotes afectados.	Tau-fluvalinato
POLILLA DEFOLIADORA <i>Malacosoma neustria</i>	Al detectar su presencia.	Clorantranilipol Deltametrin Lambda cihalotrin <i>Bacillus thuringiensis</i>
BARRENILLO <i>Scolytus sp.</i> <i>Xyleborus dispar</i>	Al aparecer los primeros adultos.	Tau-fluvalinato
GUSANO CABEZUDO <i>Capnodis tenebrionis</i>	Al detectar su presencia.	Imidacloprid
ANARSIA <i>Anarsia lineatella</i>	Cuando el 3% de los brotes están afectados.	Clorantranilipol Deltametrin Lambda cihalotrin <i>Bacillus thuringiensis</i>
MOSQUITO VERDE <i>Empocasa vitis</i>	Al detectar su presencia.	Tau-fluvalinato
ARAÑA AMARILLA <i>Tetranychus urticae</i>	En tratamientos de invierno con aceites. Al detectar su presencia.	Aceite de parafina Azufre
PULGONES <i>Myzus persicae</i> <i>Brachycaudus sp.</i> <i>Hyalopterus sp.</i>	En prefloración: al detectar presencia. En post-floración: cuando el 5% de los brotes está, afectados.	Clorantranilipol Deltametrin Lambda cihalotrin Imidacloprid

Tabla 1. Umbrales de tratamiento y materias activas autorizadas para las plagas más habituales. (Fuente: DAAM-Generalitat de Cataluña.NTPI-P-FS 2011 y Registro de productos fitosanitarios, MAGRAMA).

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº III Plagas y enfermedades del almendro

Enfermedad	Momento de tratamiento	Materias activas autorizadas
CRIBADO <i>Stigmia carpohyla</i>	Tratamiento al producirse la caída de las hojas.	Folpet Cobre Ziram
ABOLLADURA <i>Taphrina deformans</i>	Tratamientos preventivos desde apertura de flores hasta que el fruto está cuajado.	Folpet Cobre Ziram
MONILIA <i>Monilia laxa</i>	Tratamientos preventivos al verse las corolas hasta que se caen los pétalos. Tratamiento a la caída de hojas.	Folpet Cobre Mancozeb
MANCHA OCRE <i>Polystigma echraceum</i>	Tratamientos preventivos a caída de pétalos. Tratamiento a la caída de hojas.	Captan Tiram (hasta floración)
ROYA <i>Tranzachelia pruni-spinosae</i>	Tratamientos en la primavera al aparecer los primeros síntomas.	Mancozeb Ziram
FUSICOCUM <i>Fusicoccum amygdali</i>	Tratamiento en postfloración. Tratamiento a la caída de hojas.	Captan Folpet Ziram
MANCHA BACTERIANA <i>Xanthomonas arboricola</i>	Tratamiento con el 25% y el 75-100% de las hojas caídas. Tratamientos al hincharse las yemas y justo antes de la floración.	Cobre

Tabla 2. Momento de tratamiento y materias activas autorizadas para las enfermedades más habituales. (Fuente: DAAM-Generalitat de Cataluña.NTPI-P-FS 2011 y Registro de productos fitosanitarios, MAGRAMA).

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

ANEJO IV: ESTUDIO CLIMÁTICO

ÍNDICE ANEJO IV

ESTUDIO CLIMÁTICO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	1
3. TEMPERATURAS.....	2
4. RÉGIMEN DE HELADAS.....	10
4.1. FECHAS DE LAS HELADAS.....	10
4.2. METODO EMBERGER.....	11
5. NÚMERO DE HORAS-FRIO.....	14
5.1. MÉTODO DE MOTA.....	15
5.2. MÉTODO DE WEINBERGER.....	16
6. PLUVIOMETRIA.....	16
7. HUMEDAD RELATIVA.....	20
8. VIENTO.....	20
9. NIEVE.....	21
10. CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA.....	22
10.1. INDICES TERMOPLUVIOMETRICOS.....	22
10.1.1. INDICE DE LANG.....	22
10.1.2. INDICE DE MARTONNE.....	23
10.1.3. INDICE DE DANTIN CERECEDA Y REVENGA.....	24
10.1.4. INDICE DE EMBERGER.....	25
10.2. CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS.....	26
10.2.1. CLASIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE PAPADAKIS.....	26
10.2.2. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN.....	30
10.2.3. CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA UNESCO-FAO.....	32
10.2.4. DIAGRAMA OMBROTÉRMICO DE GAUSSEN.....	33
11. REQUERIMIENTO CLIMÁTICO DEL ALMENDRO.....	37
12. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	38
12.1. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA...38	

12.1.1. MÉTODO DE BLANEY-CRIDDLE.....	38
12.1.2. METODO DE LA RADIACIÓN.....	40
12.1.3. MÉTODO DE PENMAN.....	45
12.1.4. MÉTODO FAO PENMAN MONTEITH.....	50
12.1.5. MÉTODO DE LA CUBETA EVAPORIMÉTRICA.....	54
12.2. ELECCIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA..	55
12.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVO.....	57
12.3.1. ELECCIÓN DEL COEFICIENTE DE CULTIVO.....	58
12.3.2. DURACIÓN FASES DEL CULTIVO.....	59
12.3.3. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVO.....	60
12.3.4. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA.....	61
13. PRECIPITACIÓN EFECTIVA.....	63

ESTUDIO CLIMÁTICO

1. INTRODUCCIÓN

Es muy importante una vez decidido el cultivo conocer el clima y tipo de suelo, condicionantes directos del cultivo. En este anejo se estudiará la influencia de las condiciones climáticas de la zona.

2. ESTACIÓN METEOROLÓGICA

La estación meteorológica más cercana a la parcela del presente proyecto es la de Barbastro (estación nº 11), instalada a finales de 2003 por Sarga en la partida de la Jarea. Los datos facilitados pertenecen a una serie histórica de 10 años, periodo insuficiente para realizar un estudio climático fiable.

La estación meteorológica que posee la empresa *Aguas de Barbastro Energía* en la siguiente situación geográfica:

0° 7' 32" Longitud Este

42° 2' 14" Latitud Norte

Altitud: 330 metros sobre el nivel del mar

tiene una serie de datos más extensa, desde 1995-2013, lo que corresponde a un periodo de 19 años, considerado suficiente para realizar un buen estudio climático.

3. TEMPERATURAS

A partir de los datos diarios registrados en la estación meteorológica de Barbastro, se han confeccionado las siguientes tablas para los años de la serie climática. En caso de no haber dato en un determinado mes se ha calculado la media.

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca).
Anejo N° IV Estudio Climático

Tabla 1. Media mensual de la temperatura máxima diaria (°C)

AÑO	EN	FEB	MAR	AB	MY	JN	JL	AG	SEPT	OCT	NOV	DIC	AÑO MEDIO
1995	12,2	15,5	16,8	24,0	25,3	28,8	32,8	31,8	25,5	24,1	16,4	10,5	22,0
1996	12,2	11,7	16,9	20,7	24,4	30,1	32,4	30,4	25,1	21,5	14,5	11,0	20,9
1997	10,4	15,5	21,0	21,9	25,2	27,2	29,2	32,3	27,0	22,1	14,9	11,7	21,5
1998	12,2	14,2	19,1	18,3	25,1	30,8	33,1	32,4	27,0	21,2	14,1	9,2	21,4
1999	11,2	13,8	17,2	20,6	26,1	28,8	29,8	31,6	27,4	21,4	16,4	10,4	21,2
2000	8,3	17,3	18,8	18,7	26,7	31,4	30,9	32,6	28,5	20,5	13,5	12,3	21,6
2001	11,7	13,4	19,0	20,6	26,2	31,9	31,8	32,6	26,3	23,9	12,6	6,1	21,3
2002	11,2	14,5	20,1	21,2	19,6	30,9	32,0	31,2	26,4	21,4	18,9	9,5	21,4
2003	10,6	11,1	18,7	20,8	26,3	34,1	35,0	35,8	26,8	22,2	14,1	10,6	22,2
2004	11,6	10,1	15,4	17,7	24,1	31,7	31,7	31,1	28,9	22,6	13,6	10,2	20,7
2005	9,0	13,0	17,4	21,1	25,6	30,5	33,8	31,3	27,6	21,9	13,2	6,4	20,9
2006	9,5	12,3	17,6	21,5	27,5	32,0	36,1	30,9	27,9	23,0	15,8	7,6	21,8
2007	9,4	14,0	16,3	21,3	25,7	30,2	33,1	31,7	26,9	21,2	12,6	8,9	20,9
2008	9,9	13,8	16,4	20,2	23,0	29,0	32,8	32,2	25,9	19,8	11,5	7,4	20,2
2009	8,7	12,2	17,0	18,7	27,8	32,0	34,1	33,8	26,8	21,7	15,7	9,6	21,5
2010	8,9	10,4	14,8	20,6	23,6	29,0	35,2	32,6	25,9	19,6	13,2	9,1	20,2
2011	8,1	13,3	15,8	23,6	27,8	29,8	31,8	33,5	29,0	22,3	14,9	11,1	21,8
2012	9,7	11,7	18,8	18,6	27,2	32,5	33,1	35,2	27,1	21,3	13,8	11,2	21,7
2013	10,5	11,8	15,6	19,5	20,9	28,2	33,9	31,3	27,2	22,9	14,8	8,1	20,4
MEDIA	10,3	13,1	17,5	20,5	25,2	30,5	32,8	32,3	27,0	21,8	14,4	9,5	21,2

Tabla 2: Media mensual de la temperatura mínima diaria (°C)

AÑO	EN	FEB	MAR	AB	MY	JN	JL	AG	SEPT	OCT	NOV	DIC	AÑO MEDIO
1995	1,0	3,7	3,7	7,3	10,8	13,6	19,3	17,0	12,1	12,2	6,2	3,2	9,2
1996	4,7	0,5	4,1	6,7	9,7	14,2	16,3	15,7	11,5	8,5	5,1	3,6	8,4
1997	3,4	3,7	6,2	7,3	11,4	13,6	14,4	16,8	13,1	10,7	5,7	2,8	9,1
1998	2,7	3,2	5,2	5,1	10,4	14,5	15,9	16,3	14,0	8,1	2,9	0,1	8,2
1999	1,4	0,5	4,3	6,2	12,3	13,3	16,6	18,3	14,4	10,0	4,7	1,5	8,6
2000	-1,4	4,0	4,5	6,6	12,1	15,7	15,7	17,2	13,7	9,6	4,2	4,1	8,8
2001	3,2	1,9	7,1	5,8	10,8	14,6	16,5	18,1	11,4	12,4	2,6	-2,6	8,5
2002	3,4	2,9	7,2	7,3	8,3	15,2	15,7	16,0	12,8	10,0	7,8	0,7	8,9
2003	-0,5	1,0	5,6	7,2	10,1	17,6	18,3	20,1	13,8	9,6	5,3	2,1	9,2
2004	1,4	0,6	2,2	5,7	9,5	15,1	16,1	17,3	14,9	11,4	2,6	1,6	8,2
2005	-1,8	1,0	3,0	6,8	10,9	14,4	18,5	15,8	13,6	11,4	4,4	-1,4	8,1
2006	1,9	1,0	5,7	6,9	11,6	15,5	19,3	14,4	15,3	12,6	7,9	-0,2	9,3
2007	0,9	2,8	3,2	8,7	10,1	13,9	15,6	15,5	12,0	7,6	-1,4	-1,3	7,3
2008	1,1	2,1	3,0	5,6	11,0	13,3	16,2	16,6	12,5	8,6	1,4	0,2	7,6
2009	0,3	0,5	2,6	5,8	11,2	15,0	17,1	17,9	13,3	8,7	4,4	0,7	8,1
2010	0,6	-0,2	2,20	6,3	8,6	13,2	17,5	15,5	12,1	7,0	1,8	-0,3	7,0
2011	-1,4	0,1	3,2	8,0	10,9	13,9	15,4	16,8	14,2	8,2	6,8	0,2	8,0
2012	-2,9	-5,4	1,5	5,9	11,3	15,1	16,1	17,7	12,4	9,1	4,5	0,1	7,1
2013	-0,6	0,1	3,9	5,8	6,9	12,0	17,9	15,9	11,9	9,9	3,3	-2,0	7,1
MEDIA	0,9	1,3	4,1	6,6	10,4	14,4	16,8	16,8	13,1	9,8	4,2	0,7	8,3

Tabla 3: Temperatura media mensual (°C)

ANO	EN	FEB	MAR	AB	MY	JN	JL	AG	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANO MEDIO
1995	5,9	9,0	9,8	15,4	17,4	20,9	25,8	23,8	18,2	17,3	10,6	6,2	15,0
1996	7,8	5,5	9,8	13,1	16,3	21,9	23,8	22,5	17,6	14,2	9,3	6,9	14,1
1997	6,3	8,9	13,1	14,3	17,6	20,3	21,3	24,2	19,6	15,7	9,5	6,6	14,8
1998	6,9	7,8	11,6	11,2	17,0	22,6	24,7	24,1	19,9	13,9	8,0	4,0	14,3
1999	5,5	6,3	10,1	13,0	18,7	20,8	22,7	24,4	20,2	14,8	9,6	5,5	14,3
2000	2,6	9,8	11,0	12,1	18,7	23,3	23,2	24,6	20,6	14,3	8,3	7,8	14,7
2001	6,8	6,9	12,6	12,8	17,7	23,1	23,8	25,0	18,2	17,2	7,0	1,1	14,4
2002	6,6	8,0	13,1	13,7	13,5	22,8	23,8	22,9	18,7	15,0	12,4	4,6	14,6
2003	4,1	5,4	11,5	13,6	17,9	25,3	26,3	27,3	19,6	15,5	9,1	5,7	15,1
2004	5,8	4,8	8,2	11,1	16,1	23,2	23,6	23,5	21,1	16,2	7,3	5,7	13,9
2005	2,9	6,1	9,6	13,5	17,5	22,3	25,6	23,1	20,1	15,8	8,0	1,9	13,9
2006	5,1	6,0	11,2	13,7	19,5	23,5	27,3	22,5	20,8	16,9	11,3	3,1	15,1
2007	4,7	8,0	9,7	14,5	17,9	22,3	24,6	23,2	19,1	13,9	4,7	3,6	13,9
2008	5,1	7,4	9,6	12,9	16,7	21,0	24,6	24,2	19,0	13,9	6,0	3,4	13,7
2009	4,1	5,8	9,5	12,1	19,6	23,5	25,8	25,6	19,8	14,6	9,6	4,9	14,6
2010	4,5	5,0	8,3	13,3	16,1	20,9	26,4	24,0	18,7	12,9	7,1	4,0	13,4
2011	3,2	6,1	9,3	15,5	19,3	21,8	23,7	25,3	21,3	14,9	10,6	5,0	14,7
2012	2,8	2,7	10,2	12,0	19,2	24,1	24,7	26,5	19,8	14,8	8,8	5,1	14,2
2013	4,4	5,6	9,7	12,5	14,1	20,2	26,0	23,5	19,4	15,9	8,5	2,5	13,5
MEDIA	5,0	6,6	10,4	13,2	17,4	22,3	24,6	24,2	19,6	15,1	8,7	4,6	14,3

Tabla 4: Temperatura máxima absoluta (°C)

AÑO	EN	FEB	MAR	AB	MY	JN	JL	AG	SEPT	OCT	NOV	DIC	AÑO MEDIO
1995	18,7	18,6	22,6	27,6	33,8	36,0	38,7	37,1	30,8	30,1	25,7	16,2	28,0
1996	16,5	15,8	23,9	25,2	31,7	35,7	39,4	34,6	30,6	26,8	21,6	20,9	26,9
1997	14,7	20,4	26,4	26,2	32,7	33,6	34,1	37,7	33,1	29,3	20,8	16,1	27,1
1998	16,6	20,3	23,8	27,8	31,0	36,4	37,6	39,0	34,2	27,2	23,0	16,4	27,8
1999	18,8	21,4	24,7	28,0	32,5	33,3	33,6	36,2	36,0	26,3	23,4	18,8	27,8
2000	15,7	21,0	25,8	27,8	32,5	37,2	36,9	37,7	35,8	25,6	18,7	16,8	27,6
2001	16,2	18,2	30,5	25,6	37,1	40,3	38,2	38,0	31,4	29,3	21,1	13,9	28,3
2002	16,8	16,3	26,7	30,1	31,1	37,7	37,1	37,6	32,5	25,9	23,3	16,5	27,6
2003	25,2	16,1	22,9	29,2	33,9	39,3	38,7	40,0	31,6	27,7	19,0	17,4	28,4
2004	19,4	16,7	23,1	25,2	30,8	38,8	38,2	37,2	35,5	31,7	20,9	15,6	27,8
2005	21,8	19,7	25,7	31,9	28,6	36,9	38,1	36,0	35,7	28,1	23,3	14,5	28,4
2006	13,3	16,8	25,3	25,0	35,5	38,1	40,1	34,4	35,8	28,6	20,0	18,8	27,6
2007	18,1	19,4	22,3	29,6	32,3	34,9	37,2	38,8	31,4	27,6	17,6	17,1	27,2
2008	17,3	18,7	23,1	29,4	31,2	36,8	37,3	38,4	31,7	25,3	17,8	13,8	26,7
2009	17,3	15,6	23,6	26,7	34,2	38,1	37,5	38,0	33,7	28,5	22,3	15,9	27,6
2010	14,8	15,0	21,3	28,7	31,2	34,5	39,1	38,8	32,0	27,3	19,8	17,3	26,7
2011	14,7	19,1	22,9	31,1	35,3	38,8	36,0	39,2	33,5	28,9	20,4	18,7	28,2
2012	17,1	21,7	25,5	27,1	34,4	39,6	38,6	41,7	32,2	28,7	18,9	15,4	28,4
2013	17,7	16,3	20,3	29,7	26,3	34,6	37,3	36,0	30,9	28,7	23,8	14,2	26,3
MEDIA	17,4	18,3	24,2	28,0	32,4	36,9	37,6	37,7	33,1	28,0	21,1	16,5	27,6

Tabla 5: Temperatura mínima absoluta (°C)

AÑO	EN	FEB	MR	ABR	MY	JN	JL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO MEDIO
1995	-4,5	-1,7	-1,7	3,6	0,7	6,0	15,9	11,0	6,2	8,7	0,2	-2,6	3,5
1996	0,9	-4,3	-1,4	-3,1	2,2	6,4	9,6	8,8	6,9	2,9	-1,2	-4,2	2,0
1997	-3,1	-0,3	2,3	0,8	2,4	7,9	9,9	10,9	7,1	3,2	1,4	-3,9	3,2
1998	-4,1	-2,8	-0,7	-2,2	3,6	7,7	9,0	10,8	9,7	4,2	-3,7	-4,7	2,2
1999	-5,7	-7,8	-1,1	-1,1	7,8	9,1	15,2	14,1	8,6	6,1	1,1	-4,5	3,5
2000	-5,7	0,1	-1,6	0,7	6,7	8,3	9,9	11,0	7,1	4,8	0,8	-2,1	3,3
2001	-0,2	-3,7	-1,8	-1,3	1,3	7,3	9,8	11,9	6,7	8,2	-2,9	-12,4	1,9
2002	0,9	1,5	2,8	1,1	3,0	6,2	10,9	10,9	5,5	4,9	4,5	-4,5	4,0
2003	-5,8	-5,8	1,6	0,2	4,7	13,1	13,9	15,6	9,7	4,3	1,3	-3,2	4,1
2004	-3,1	-4,0	-5,4	1,2	1,2	8,7	8,2	12,1	7,6	5,2	-2,8	-3,1	2,2
2005	-8,9	-4,0	-6,3	-0,1	5,7	7,8	14,5	8,9	5,7	5,2	-1,4	-7,5	1,6
2006	-3,1	-4,0	-3,4	-0,1	4,4	7,5	13,3	10,2	9,6	8,6	2,7	-7,2	3,2
2007	-7,2	-0,9	-3,2	4,2	4,1	6,7	8,3	9,6	2,4	1,7	-10,1	-8,3	0,6
2008	-7,9	-3,0	-4,3	0,0	5,4	7,5	10,4	11,4	6,3	2,1	-5,8	-4,3	1,5
2009	-6,5	-3,1	-1,5	2,0	5,2	9,1	12,6	11,2	9,0	-0,9	-2,6	10,4	3,7
2010	-6,0	-7,8	-5,8	-0,4	2,2	6,9	11,6	8,3	3,7	-0,8	-6,0	-8,6	-0,2
2011	-9,1	-5,7	-3,6	4,1	6,9	7,3	9,2	9,9	8,1	-0,3	0,5	-4,2	1,9
2012	-7,9	-11,0	-4,9	-1,6	5,1	9,3	10,4	10,3	6,8	-2,1	-3,3	-5,3	0,5
2013	-4,1	-6,3	-2,7	-0,8	2,1	6,0	12,9	11,0	7,3	0,8	-6,7	-4,5	1,3
MEDIA	-4,8	-3,9	-2,2	0,4	3,9	7,8	11,3	10,9	7,1	3,5	-1,8	-4,5	2,3

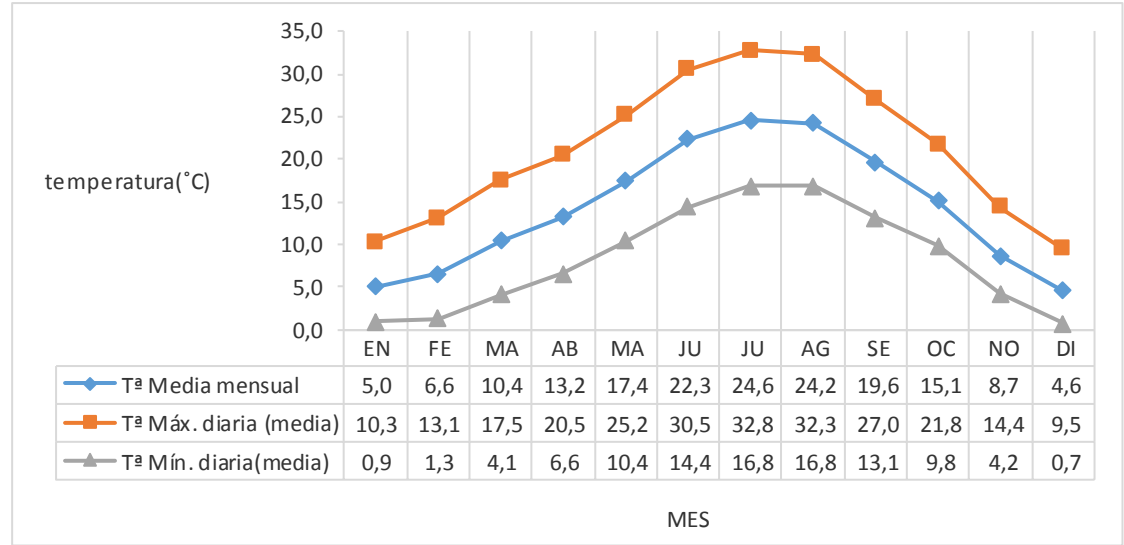
La siguiente tabla muestra el resumen de las temperaturas medias mensuales (°C) por estaciones.

Tabla 6: Temperaturas medias mensuales por estaciones (°C)

ESTACIÓN	MES	Tª MEDIA(°C)
INVIERNO	DICIEMBRE	4,6
	ENERO	5,0
	FEBRERO	6,6
PRIMAVERA	MARZO	10,4
	ABRIL	13,2
	MAYO	17,4
VERANO	JUNIO	22,3
	JULIO	24,6
	AGOSTO	24,2
OTOÑO	SEPTIEMBRE	19,6
	OCTUBRE	15,1
	NOVIEMBRE	8,7

En el siguiente gráfico se muestra la temperatura media mensual, la temperatura máxima diaria (media mensual) y la temperatura mínima diaria (media mensual).

Gráfico1. Tª media mensual, Tª máx. y mín. diaria media mensual (°C)



Tras los datos expuestos en las tablas anteriores obtenemos las siguientes conclusiones:

- ❖ Temperatura media mes más cálido (Julio): **24,6°C**
- ❖ Temperatura media mes más frío (Diciembre): **4,6°C**
- ❖ **Julio** es el mes más cálido con una temperatura media máxima de **32,8°C**
- ❖ **Diciembre** es el mes más frío con una temperatura media mínima de **0,7°C**
- ❖ Temperatura media anual de las máximas diarias es de **21,2°C**
- ❖ Temperatura media anual de las mínimas diarias es de **8,3°C**
- ❖ Temperatura media **14,3°C**
- ❖ Temperatura máxima absoluta (Agosto 2012): **41,7°C**
- ❖ Temperatura mínima absoluta (Diciembre 2001): **-12,4°C**

4. RÉGIMEN DE HELADAS

4.1. FECHAS DE LAS HELADAS

A partir de la serie climática de 19 años se establece la fecha de la primera y última helada para los años agronómicos correspondientes:

Tabla 7: Fechas de la primera y de la última helada para el período 1995-2013

	1ª HELADA	ÚLTIMA HELADA
94-95	-	7 Marzo
95-96	6 Diciembre	4 Abril
96-97	16 Noviembre	16 Febrero
97-98	6 Diciembre	11 Abril
98-99	24 Noviembre	16 Abril
99-00	30 Diciembre	29 Marzo
00-01	31 Diciembre	20 Abril
01-02	28 Noviembre	21 Marzo
02-03	27 Noviembre	17 Febrero
03-04	23 Diciembre	2 Marzo
04-05	15 Noviembre	10 Abril
05-06	24 Noviembre	11 Abril
06-07	29 Diciembre	23 Marzo
07-08	17 Noviembre	6 Marzo
08-09	27 Noviembre	25 Marzo
09-10	17 Octubre	5 Abril
10-11	19 Octubre	1 Marzo
11-12	21 Octubre	17 Abril
12-13	29 Octubre	7 Abril
13-14	29 Noviembre	-

Tras los datos recogidos, el régimen de heladas quedaría definido de la siguiente forma:

Mayor Periodo de Heladas

La primera helada se produce el 17 de Octubre y la última el 20 de Abril, por lo que hay 185 días con riesgo de heladas y 180 días sin riesgo de heladas.

Menor Periodo de Heladas

Entre la primera helada del año que se produce más tarde, es decir, el 31 de Diciembre y la primera helada del año que se produce más pronto, es decir, el 16 de Febrero. Hay 47 días con riesgo de heladas y 318 sin riesgo de heladas.

Periodo Medio de Heladas

Entre la primera helada del año que se produce antes y la primera helada del año que se produce más tarde hay 75 días, por lo que el día medio será el 23 de Noviembre. Entre la última helada del año que se produce antes y del que se produce más tarde hay 63 días, por lo que el día medio será el 20 de Marzo.

Entre el día 23 de Noviembre y el 20 de Marzo hay 147 días con riesgo de heladas, y 218 días sin riesgo de heladas.

Por lo que las heladas es un factor a tener muy en cuenta debido a la sensibilidad del almendro a las mismas.

4.2. METODO EMBERGER

Los métodos indirectos, como es el caso del Método Emberger, se utilizan en circunstancias que no se disponen datos directos de heladas.

Según los regímenes de heladas de Emberger, se divide el año en cuatro períodos con distinto nivel de riesgo:

- ▶ Período de heladas seguras (Hs) $t < 0^{\circ}\text{C}$
- ▶ Período de heladas muy probables (Hp) $0^{\circ}\text{C} < t < 3^{\circ}\text{C}$
- ▶ Período de heladas probables (H'p) $3^{\circ}\text{C} < t < 7^{\circ}\text{C}$
- ▶ Período libre de heladas (d) $7^{\circ}\text{C} > t$

Para su determinación se utilizan las temperaturas medias de las mínimas (t), suponiendo que estas se producen el día 15 de cada mes, las fechas de inicio y fin de cada período se estiman por interpolación lineal.

15 de Febrero = 1,3°C

15 de Marzo = 4,1°C

$$\frac{1,3 - 4,1}{28} = \frac{1,3 - 3}{x} \quad x = 17$$

15 Feb. + 17 días = 4 de Marzo se alcanzan los 3°C

15 de Abril = 6,6°C

15 de Mayo = 10,4°C

$$\frac{6,6 - 10,4}{30} = \frac{6,6 - 7}{x} \quad x \cong 3$$

15 Abr. + 3 días = 18 de Abril se alcanzan los 7°C

15 de Octubre = 9,8°C

15 de Noviembre = 4,2°C

$$\frac{9,8 - 4,2}{31} = \frac{9,8 - 7}{x}$$

15 Oct. + 15 días = 30 de Octubre se alcanzan los 7°C

15 de Noviembre = 4,2°C

15 de Diciembre = 0,7°C

$$\frac{4,2 - 0,7}{30} = \frac{4,2 - 3}{x} \quad x \cong 10$$

15 Nov. + 10 días = 25 de Noviembre se alcanzan los 3°C

Según las fechas obtenidas, se establecen los siguientes periodos:

- ▶ Período de heladas seguras (Hs) $t < 0^{\circ}\text{C}$
No existe al no alcanzar ningún mes la t con valores negativos.
- ▶ Período de heladas muy probables (Hp) $0^{\circ}\text{C} < t < 3^{\circ}\text{C}$
Del 26 de Noviembre al 4 de Marzo.
- ▶ Período de heladas probables (H'p) $3^{\circ}\text{C} < t < 7^{\circ}\text{C}$
Del 5 de Marzo al 18 de Abril.
Del 31 de Octubre al 25 de Noviembre.
- ▶ Período libre de heladas (d) $7^{\circ}\text{C} > t$
Del 19 de Abril al 30 de Octubre.

Después de obtener los periodos de heladas mediante el Método Emberger, se puede ver que se aproximan mucho a los valores representados

en la tabla 7, donde se indican las fechas de las primeras y últimas heladas de cada año de la serie histórica analizada.

5. NÚMERO DE HORAS-FRÍO

El almendro necesita pasar una serie de horas-frío para poder brotar, por lo que es necesario conocer este dato cuando se toma la decisión de realizar una plantación en una determinada zona.

La acumulación de horas-frío favorece que los cambios fisiológicos responsables de la floración y fructificación, se produzcan de una manera correcta (Gil-Albert, 1986, Melgarejo, 1996).

Las horas-frío son las horas que pasa el almendro durante el periodo de reposo invernal a unas temperaturas iguales o menores a un umbral, que suele ser 7°C.

La falta de horas por debajo de 7°C puede ocasionar en el almendro una serie de efectos muy perjudiciales:

- ▶ Apertura de yemas: se produce un retraso, en ocasiones beneficioso, aunque si es muy acentuado, se produce un desfase entre la brotación de las yemas de flor y las de madera.

- ▶ Brotación irregular: cuando el invierno es muy templado, se producen desfases en las brotaciones debido a las distintas necesidades que tiene cada yema dependiendo de su ubicación en la planta.

- ▶ Crecimiento anormal: hojas deformes, abortos de flores, polen inviable, etc.

Existen una serie de modelos para calcular las horas-frío. Los utilizados en este proyecto son el método de Mota con la fórmula adaptada por Tabuenca (1964) y el método Weinberger (1956).

5.1. MÉTODO DE MOTA

El método de Mota (1957) estudia la correlación entre las horas-frío y la temperatura media de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero. Para el Valle del Ebro se utiliza la formula adaptada por Tabuenca (1964), obteniendo:

$$y = 700,4 - 48,6 x$$

y: número mensual de horas bajo 7 °C,

x: temperatura media mensual en °C

Tabla 8. Estimación del número de horas-frío

	x	y
Noviembre	8,7	277,58
Diciembre	4,6	476,84
Enero	5,0	457,40
Febrero	6,6	379,64

El número total de horas-frío es la suma del número mensual de horas bajo 7 °C, es decir, $\sum y = 1591,46$ horas frío.

5.2. MÉTODO DE WEINBERGER

El método de Weinberger (1956) relaciona el número de horas-frío (horas con temperaturas por debajo de 7°C) con la temperatura media de los meses de diciembre y enero.

El número de horas por debajo de 7°C se determina midiendo en la siguiente tabla:

Tabla 9. Estimación número de horas-frío (Weinberger, 1956)

T	12,2	12,3	11,4	10,6	9,8	8,3	7,6	6,9	6,3	5,7
Horas con T	450	550	650	750	850	950	1050	1250	1350	1450

Donde T es la media de las temperaturas medias de los meses de diciembre y enero.

Temperatura media diciembre = 4,6°C

Temperatura media Enero = 5°C

$T = (4,6 + 5,0) / 2 = 4,8^\circ\text{C}$

La tabla comienza en T= 5,7 °C por lo que al ser la T= 4,8°C y no aparecer en la tabla, se adopta **1450 horas frío**.

Tras los resultados obtenidos por las fórmulas de Tabuenca y Weinberger, los cuales difieren muy poco, se decide adoptar como válida la primera ya que está adaptada al Valle del Ebro.

6. PLUVIOMETRIA

En las tablas siguientes se estudia el régimen pluviométrico de la serie estudiada desde 1995 a 2013. Datos que nos servirán para conocer la precipitación mensual, días de lluvia mensuales y la distribución anual de las mismas.

Tabla 10. Precipitación mensual (mm)

AÑO	EN	FEB	MR	ABR	MY	JN	JL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1995	7,0	10,8	5,4	2,0	10,8	2,2	0,0	0,0	29,8	17,2	45,6	92,6	223,4
1996	108,9	10,6	7,2	39,4	60,2	59,0	18,7	30,6	19,4	10,2	54,2	68,2	486,6
1997	76,2	5,8	4,2	63,0	51,8	49,6	26,0	0,0	0,0	17,4	49,8	75,4	419,2
1998	19,2	17,0	13,2	53,0	29,8	4,2	13,2	36,2	30,2	10,4	8,2	20,7	255,3
1999	16,8	2,8	52,6	38,8	51,4	18,4	10,2	22,4	59,4	35,8	21,2	0,2	330,0
2000	2,4	0,0	21,8	50,8	48,8	11,2	0,4	15,0	57,6	29,2	34,6	1,4	273,2
2001	25,0	5,8	38,6	41,8	56,8	6,2	42,4	3,8	47,4	23,8	39,2	11,0	341,8
2002	10,8	6,0	5,4	31,6	11,0	18,4	34,8	7,8	169,8	41,8	0,6	0,0	338,0
2003	8,8	49,0	31,2	11,2	82,8	4,2	9,0	35,0	64,8	1,8	0,6	21,0	319,4
2004	6,0	25,0	49,8	30,6	30,6	14,4	41,4	3,2	0,8	32,2	18,4	17,8	270,2
2005	1,2	1,6	5,2	23,4	42,2	0,0	3,2	3,0	1,4	48,2	18,0	6,0	153,4
2006	18,2	11,2	11,2	17,8	20,6	12,4	34,8	13,6	140,4	37,4	13,4	14,2	345,2
2007	7,8	18,2	24,2	99,2	26,6	14,2	12,0	8,4	17,2	5,6	9,8	5,2	248,4
2008	34,3	21,0	15,8	81,6	116,2	46,6	9,8	4,0	2,2	121,0	25,7	37,0	515,2
2009	24,6	18,8	44,8	112,4	14,8	45,8	4,8	35,2	60,2	37,2	16,2	53,4	468,2
2010	41,8	35,4	33,8	33,6	41,6	57,0	33,0	2,0	52,4	68,0	31,6	26,0	456,2
2011	22,9	8,8	71,0	66,8	45,6	50,8	4,4	16,0	29,0	33,0	54,0	3,8	406,1
2012	2,2	0,4	16,2	102,4	12,8	41,4	10,6	17,4	20,4	76,6	112,2	19,9	432,5
2013	29,1	7,4	78,6	57,4	30,4	49,8	18,8	38,8	24,4	40,0	26,8	18,2	419,7
MEDIA	24,4	13,5	27,9	50,4	41,3	26,6	17,2	15,4	43,5	36,1	30,5	25,9	352,7

Tabla 11. Días de lluvia mensuales

AÑO	EN	FEB	MAR	ABR	MY	JN	JL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1995	3	7	3	2	8	7	0	0	3	4	13	23	73,0
1996	19	6	4	9	11	6	9	8	7	4	11	19	113,0
1997	18	6	1	4	16	10	9	0	0	5	17	8	94,0
1998	8	14	5	13	14	4	5	7	7	6	5	11	99,0
1999	10	4	9	10	9	8	2	4	8	9	3	1	77,0
2000	11	0	7	10	9	5	1	3	8	12	14	4	84,0
2001	13	6	13	6	14	3	8	5	4	10	14	20	116,0
2002	9	2	2	10	2	5	4	3	5	10	2	0	54,0
2003	5	7	8	3	8	5	5	5	10	2	3	16	77,0
2004	8	19	9	8	11	1	5	3	2	10	10	13	99,0
2005	5	1	4	5	8	0	3	5	2	12	7	11	63,0
2006	8	3	7	6	5	6	7	3	8	10	14	21	98,0
2007	9	9	6	16	8	8	2	9	5	2	8	8	90,0
2008	18	12	9	13	18	10	7	10	9	13	15	16	150,0
2009	16	11	8	13	8	11	5	7	8	11	10	18	126,0
2010	14	14	13	9	11	9	3	1	8	13	13	12	120,0
2011	18	13	13	9	9	8	5	3	4	8	19	12	121,0
2012	11	2	3	13	6	3	3	6	6	19	17	16	105,0
2013	20	6	22	10	13	7	11	7	4	6	6	11	123,0
MEDIA	11,7	7,5	7,7	8,9	9,9	6,1	4,9	4,7	5,7	8,7	10,6	12,6	99,1

Tabla 12. Distribución anual de las precipitaciones.

ESTACIÓN	MES	PRECIPITACION MEDIA (mm)	DÍAS DE LLUVIA	% PRECIPITACIÓN ESTACIÓN
INVIERNO	DICIEMBRE	25,9	12,6	18,09
	ENERO	24,4	11,7	
	FEBRERO	13,5	7,5	
PRIMAVERA	MARZO	27,9	7,7	33,91
	ABRIL	50,4	8,9	
	MAYO	41,3	9,9	
VERANO	JUNIO	26,6	6,1	16,78
	JULIO	17,2	4,9	
	AGOSTO	15,4	4,7	
OTOÑO	SEPTIEMBRE	43,5	5,7	31,22
	OCTUBRE	36,1	8,7	
	NOVIEMBRE	30,5	10,6	

De los resultados obtenidos podemos deducir que es en primavera cuando mayor es la precipitación, siendo el mes de abril el mes más lluvioso. Por otro lado, es en verano cuando menos llueve, pero es febrero el mes con menos precipitaciones, motivo que hace necesario un sistema de riego para garantizar la producción del cultivo.

Las consecuencias que podría tener el régimen de precipitaciones de la serie de años estudiada en el presente proyecto serían las siguientes

1. La escasa pluviometría estival hace necesario el aporte de riegos para asegurar las producciones.
2. El mes de septiembre es muy lluvioso, aunque no afecta necesariamente a las labores de recolección.

7. HUMEDAD RELATIVA

Gracias a los datos facilitados por la página web de Aemet conocemos la humedad relativa, ya que a pesar de no tener una serie tan extensa como en el caso de la temperatura y la pluviometría, los datos facilitados por la estación meteorológica de Barbastro son suficientes para realizar el cálculo de la evapotranspiración de referencia ETo.

Tabla 13. Medias mensuales para un año medio de la humedad relativa mínima, máxima y media (%).

MES	MINIMA	MAXIMA	MEDIA
EN	69	83	78
FEB	59	81	70
MAR	50	76	60
ABR	49	77	59
MY	50	76	58
JN	45	70	53
JL	39	66	48
AG	41	68	50
SEP	47	75	57
OCT	55	80	67
NOV	64	85	76
DIC	71	86	81

8. VIENTO

La velocidad diurna diaria del viento a 2m de altura sobre el nivel del suelo se recoge en esta tabla.

Tabla 14. Velocidad media mensual del viento Udia (km/h) y (m/s).

AÑO	EN	FEB	MR	ABR	MY	JN	JL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC
1995	12,8	11,3	15,2	8,1	12,0	9,0	9,1	8,8	10,1	6,3	8,0	5,0
1996	8,8	13,6	9,0	8,8	8,5	8,5	8,9	8,1	8,4	9,1	11,8	7,4
1997	7,9	7,6	7,2	9,2	9,8	10,7	8,2	6,4	5,8	10,3	8,6	9,4
1998	9,1	6,1	9,1	14,3	7,7	10,2	9,5	8,3	11,8	9,0	10,0	7,1
1999	10,1	13,4	11,2	12,2	9,5	9,6	8,9	7,5	7,6	6,8	8,5	10,4
2000	4,6	11,7	10,5	10,0	7,7	8,2	11,7	8,2	7,9	8,7	9,5	8,8
2001	9,8	8,8	10,6	14,4	7,0	8,7	8,0	8,3	7,9	6,8	6,9	3,5
2002	7,3	11,3	8,4	8,2	10,0	10,7	9,1	10,3	6,6	8,1	16,7	4,9
2003	11,8	11,2	7,7	9,2	8,5	7,9	8,2	7,6	7,7	10,6	10,3	9,1
2004	11,9	6,6	9,6	9,7	9,4	8,3	8,9	8,5	7,8	7,9	6,7	9,5
2005	7,3	9,9	7,8	13,8	9,2	6,5	6,8	8,6	7,3	7,1	9,2	6,2
2006	7,3	7,9	13,5	8,6	4,3	4,5	7,4	10,3	8,0	4,7	6,4	3,5
2007	4,7	3,1	4,6	2,9	4,2	3,7	4,2	3,4	2,4	1,6	0,9	1,8
2008	1,0	1,2	4,3	2,9	2,6	2,5	2,9	2,8	2,0	1,3	1,2	0,8
2009	1,7	1,8	2,1	2,4	2,9	3,0	3,9	2,8	2,0	1,3	1,8	1,0
2010	1,6	2,0	1,9	2,1	2,9	2,7	3,0	3,0	1,8	1,5	1,6	0,9
2011	0,6	1,3	2,0	2,4	2,6	2,7	3,5	3,0	2,0	1,0	0,7	1,2
2012	1,4	1,7	2,0	2,8	2,8	3,0	2,9	2,7	1,9	1,6	0,6	1,1
2013	11,7	5,0	2,7	6,0	3,5	2,8	2,7	2,2	1,7	0,9	2,3	0,6
MEDIA km/h	6,9	7,1	7,3	7,8	6,6	6,5	6,7	6,4	5,8	5,5	6,4	4,9
MEDIA m/s	1,92	1,97	2,03	2,17	1,83	1,8	1,86	1,77	1,61	1,53	1,77	1,36

9. NIEVE

El factor de la nieve en la zona que se desarrolla el proyecto no tiene importancia ya que en muy pocas ocasiones nieva, y cuando lo hace es insignificante. Por lo que no se contemplan las fechas de la primera y última nevada anual ni los días de nieve al año.

10. CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA

10.1. INDICES TERMOPLUVIOMETRICOS

10.1.1. INDICE DE LANG

El Índice de aridez de Lang relaciona la temperatura media anual y la pluviometría media anual. Esta relación viene dada por la siguiente expresión:

$$I_L = P / T \quad \text{siendo:}$$

P = precipitación media anual (mm)

T = temperatura media anual (°C)

I_L = índice de Lang

Sustituyendo en la ecuación anterior los valores de:

$$P = 352,7 \text{ mm}$$

$$T = 14,3 \text{ °C}$$

$$I_L = 352,7 / 14,3 = \mathbf{24,66}$$

Tabla 15. Zonas climáticas de Lang. Urbano Terrón, P (1995)

I_L	ZONA
0-20	Desierto
20-40	Árida
40-60	Húmedos de estepa y sabana
60-100	Húmedos de bosques claros
100-160	Húmedos de grandes bosques
>160	Perhúmedos con prados y tundras

Según el Índice de Lang, se trata de una **zona árida**, ya que el valor calculado ($I_L = 24,66$) se encuentra entre 20 y 40.

10.1.2. INDICE DE MARTONNE

El Índice de aridez de Martonne relaciona la temperatura media anual y la pluviometría media anual. Esta relación viene dada por la siguiente expresión:

$$I_M = P / (T + 10) \quad \text{siendo:}$$

P = precipitación media anual (mm)

T = temperatura media anual (°C)

I_M = índice de Martonne

Sustituyendo en la ecuación anterior los valores de:

$$P = 352,7 \text{ mm}$$

$$T = 14,3 \text{ °C}$$

$$I_M = 352,7 / (14,3 + 10) = \mathbf{14,51}$$

Tabla 16. Zonas climáticas de Martonne. Urbano Terrón, P (1995)

I_M	ZONA
0-5	Desiertos
5-10	Semidesiertos
10-20	Semiárido de tipo Mediterráneo
20-30	Subhúmeda
30-40	Húmeda
>40	Perhúmeda

Según el Índice de Martonne, se trata de una **zona semiárida de tipo Mediterráneo**, ya que el valor calculado ($I_M = 14,51$) se encuentra entre 10 y 20.

10.1.3. INDICE DE DANTIN CERECEDA Y REVENGA

El Índice de Dantin Cereceda y Revenga relaciona la temperatura media anual y la pluviometría media anual. Esta relación viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{DR} = (100 \cdot T) / P \quad \text{siendo:}$$

P = precipitación media anual (mm)

T = temperatura media anual (°C)

I_{DR} = índice de Dantin Cereceda y Revenga

Sustituyendo en la ecuación anterior los valores de:

$$P = 352,7 \text{ mm}$$

$$T = 14,3 \text{ °C}$$

$$I_{DR} = (100 \cdot 14,3) / 352,7 = \mathbf{4,05}$$

Tabla 17. Zonas climáticas de Dantin Cereceda y Revenga. Urbano Terrón, P (1995)

I_{DR}	ZONA
$I_{DR} > 4$	Zonas áridas
$4 \geq I_{DR} > 2$	Zonas semiáridas
$I_{DR} \leq 2$	Zonas húmedas y subhúmedas

Según el resultado obtenido mediante la fórmula anterior ($I_{DR} = 4,05$), se obtiene una zona climática **árida**.

10.1.4. INDICE DE EMBERGER

El Índice de Emberger relaciona la pluviometría media anual, las temperaturas medias de las máximas del mes más cálido y las temperaturas medias de las mínimas del mes más frío. Esta relación viene dada por la siguiente expresión:

$$I_E = (100 \cdot P) / (M^2 + m^2) \quad \text{siendo:}$$

P = precipitación media anual (mm)

M = temperatura media de las máximas del mes más cálido (°C)

m = temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C)

I_E = índice Emberger

Sustituyendo en la ecuación anterior los valores de:

$$P = 352,7 \text{ mm}$$

$$M = 32,8 \text{ °C (Julio)}$$

$$m = 0,7 \text{ °C (Diciembre)}$$

$$I_E = (100 \cdot 352,7) / (32,8^2 + 0,7^2)$$

$$I_E = 32,77$$

Tabla 18. Zonas climáticas de Emberger. Urbano Terrón, P (1995)

I_E	CLIMA
> 90	Húmedo
90-50	Sub-húmedo
50-30	Semiárido
30-0	Árido

Según el resultado obtenido mediante la fórmula anterior ($I_E = 32,77$), se obtiene un clima **semiárido**.

10.2. CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS

10.2.1. CLASIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE PAPADAKIS

La clasificación de los climas, por parte de Papadakis (1952), es en función de las zonas agrícolas.

Tiene en cuenta factores de gran importancia para la viabilidad de los cultivos, como son la severidad de los inviernos y la duración y el calor de los veranos.

Para definir el tipo de invierno de una zona es necesario conocer:

- Tª media de las mínimas absolutas del mes más frío: - 4,5°C (Diciembre)
- Tª media de las mínimas del mes más frío: 0,7°C (Diciembre)
- Tª media de las máximas del mes más frío: 9,5°C (Diciembre)

Tabla 19. Tipos de invierno (sig.magrama.es)

TIPOS DE INVIERNO Y SUS LIMITES EN TERMINOS DE TEMPERATURA (Papadakis)			
TIPO	TEMP.MEDIA DE LAS MINIMAS ABSOLUTAS DEL MES MAS FRIO	TEMP.MEDIA DE LAS MINIMAS DEL MES MAS FRIO	TEMP.MEDIA DE LAS MAXIMAS DEL MES MAS FRIO
Ecuatorial			
Ec	mayor de 7 °	mayor de 18 °	---
Tropical			
Tp (cálido)	id	13 a 18 °	mayor de 21 °
tP (medio)	id	8 a 13 °	id
tp (fresco)	id	---	menor de 21 °
Citrus			
Ct (tropical)	7 a -2'5 °	mayor de 8 °	mayor de 21 °
Ci	id	---	10 a 21 °
Avena			
Av (cálido)	-2'5 a -10 °	mayor de -4 °	mayor de 10 °
av (fresco)	mayor de -10 °	---	5 a 10 °
Triticum			
Tv (trigo-avena)	-10 ° a -29 °	---	mayor de 5 °
Ti (cálido)	mayor de -29 °	---	0 a 5 °
ti (fresco)	id	---	menor de 0 °
Primavera			
Pr (más cálido)	menor de -29 °	---	mayor de -17'8 °
pr (más fresco)	id	---	menor de -17'8 °

A partir de estos valores e interpretando la tabla anterior se puede delimitar el tipo de invierno. Se trata de un tipo Avena **av (fresco)**.

Para definir el tipo de verano de una zona es necesario conocer:

► Periodo libre de heladas: desde el 19 de abril al 30 de octubre (calculado con Método Emberger)

► Media de la media de las máximas de los (n) meses más cálidos:

Tabla 20. Media de las máximas por meses.

(n)meses	MY	JN	JL	AG	SE	OC	MEDIA (°C)
Semestre	25,2	30,5	32,8	32,3	27,0	21,8	28,26
Cuatrimestre		30,5	32,8	32,3	27,0		30,65
Bimensual			32,8	32,3			32,55

► Media de las máximas del mes más cálido: 32,8°C (Julio)

► Media de las mínimas del mes más cálido: 16,8°C (Julio)

► Media de las medias de las mínimas de los dos meses más cálidos: 16,8°C (media de las temperaturas mínimas de julio y agosto)

Tabla 21. Tipos de verano (sig.magrama.es)

TIPOS DE VERANO Y SUS LIMITES EN TERMINOS DE TEMPERATURA					
(Papadakis)					
TIPO	DURACION DE LA ESTACION LIBRE DE HELADAS (MINIMA DISPONIBLE O MEDIA), EN MESES	MEDIA DE LA MEDIA DE LAS MAXIMAS DE LOS n MESES MAS CALIDOS	MEDIA DE LAS MAXIMAS DE MES MAS CALIDO	MEDIA DE LAS MINIMAS DEL MES MAS CALIDO	MEDIA DE LAS MEDIAS DE LAS MINIMAS DE LOS DOS MESES MAS CALIDOS
Gossypium (algodón)					
G (más cálido)	mínima >4'5	> 25° n= 6	> 33'5°		
g ¹ (menos cálido)	id	id	< 33'5°	> 20°	
Cafeto c					
	mínima 12	> 21° n= 6	id	< 20°	
Oryza (arroz)					
O ¹	mínima >4	21° a 25° n= 6			
Maíz					
M ²	disponible >4'5	> 21° n=6			
Triticum					
T (más cálido)	id	< 21° n=6 > 17° n=4			
t (menos cálido)	disponible 2'5 a 4'5	> 17° n=4			
Polar cálido (taiga)					
P	disponible < 2'5	> 10° n=4			> 5°
Polar frío (tundra)					
p ³	id	> 6° n=2			
Frígido					
F (desértico subglacial)		< 6° n=2	> 0°		
f (helada permanente)			< 0°		
Andino-alpino					
A ³ (alpino bajo)	disponible <2'5 media >1	> 10° n=4			
a ³ (alpino alto)	media <1	id			

1: No puede ser c

2: No puede ser G, g, O o c

3: No puede ser P

A efecto de clasificación se han introducido las siguientes variaciones respecto al original de Papadakis: para el tipo Oryza se ha considerado que la media de las máximas de los 6 meses más cálidos debe ser > 21° C, y para los tipos Triticum no se tiene en cuenta la condición de que la media de las máximas de los 4 meses más cálidos sea > 17° C.

El periodo libre de heladas es superior a 4,5 meses, la temperatura media de las máximas del semestre más cálido 28,26°C (superior a 25°C), y la media de las máximas del mes más cálido 32,8°C (inferior a 33,5°C).

Se clasifica el tipo de verano como **algodón menos cálido (g)**.

Tabla 22. Equivalencia de los regímenes de temperatura con los tipos de invierno y verano (sig.magrama.es)

REGIMEN TERMICO	TIPO DE INVIERNO	TIPO DE VERANO
Templado		
TE (cálido) (3)	av, Av	M
Te (fresco) (3)	ti, Ti	T
te (frío) (3)	ti, Ti	t
Pampeano-Patagoniano		
PA (pampeano) (3), (5)	Av	M
Pa (patagoniano) (3)	Tv, av, Av	t
pa (patagoniano frío) (3), (6)	Ti, av, Tv	P
Continental		
CO (cálido) (7)	Av o más frío	g, G
Co (semicálido)	Ti o más frío	M, O
co (frío)	pr, Pr	t
Polar		
Po (taiga)	ti o más frío	P
po (tundra)	id	p
Fr (desértico subglacial)	id	F
fr (hielo permanente)	id	f
Alpino		
Al (bajo) (3)	Pr, Ti, ti	A
al (alto) (3)	id	a

Tras obtener el tipo de invierno (av) y de verano (g), se obtiene la clase térmica de la zona según Papadakis. En este caso se trata de un **régimen térmico continental CO (Cálido)**.

10.2.2. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN

Esta clasificación describe cada tipo de clima con una serie de letras, normalmente tres, que indican el comportamiento de las temperaturas y las precipitaciones. Esta clasificación climática se utiliza con frecuencia debido a su generalidad y sencillez.

Los parámetros para determinar el clima de una zona son las temperaturas y precipitaciones medias anuales y mensuales, y la estacionalidad de la precipitación.

Se consideran 5 grandes grupos de climas representados por letras mayúsculas:

► A: CLIMAS TROPICALES, temperatura media superior a 18°C. No existe estación invernal y las precipitaciones son abundantes.

► B: CLIMAS ARIDOS, la evapotranspiración es superior a la precipitación y no hay excedente hídrico.

► C: CLIMAS TEMPLADOS, las temperaturas medias están entre 18°C y -3°C en el mes más frío y las temperaturas medias son mayores a 10°C el mes más cálido.

► D: CLIMAS FRÍOS, la temperatura media del mes más frío es inferior a -3°C y superior a 10°C en el mes más cálido.

► E: CLIMAS DE HIELO, la temperatura es inferior a 10°C en el mes más cálido e inferior a -3°C en el mes más frío.

Conocida la temperatura media de diciembre (mes más frío) y julio (mes más cálido):

Tmed diciembre = 4,6°C está entre 18°C y -3°C

Tmed julio = 24,6°C > 10°C

se puede afirmar que se trata de un CLIMA TEMPLADO, que a su vez se subdivide en cuatro dependiendo de las precipitaciones:

► f: precipitación regular todos los meses del año, sin estación seca.

► w: estación seca en invierno.

► s: estación seca en verano.

► m: clima de bosque lluvioso con estación seca corta debido a ciclos monzónicos.

La zona donde se desarrolla el proyecto tiene un periodo seco durante los meses de junio, julio y agosto, por lo que le pertenece la letra “s”.

Un segundo nivel de división del grupo C (clima templado) se describe a continuación:

► a: verano caluroso, temperatura media del mes más cálido superior a 22°C.

► b: verano cálido, temperatura media del mes más cálido inferior a 22°C.

► c: verano corto y fresco, menos de 4 meses con temperatura media superior a 10°C.

► d: invierno muy frío, temperatura media inferior a -38°C en el mes más frío.

La temperatura media del mes más cálido (julio) es 24,6°C por lo que le corresponde la letra “a”.

A modo de resumen, según la clasificación de Köppen, se puede decir que se trata de un CLIMA TEMPLADO con una estación seca en verano y un verano caluroso (Csa).

10.2.3. CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA UNESCO-FAO

Según lo establecido por la UNESCO-FAO, esta clasificación se caracteriza por una serie de parámetros que se detallan a continuación:

Se basa en las temperaturas medias del mes más frío y en la media de las mínimas del mes más frío.

T = temperatura media del mes más frío (°C)

T_1 = temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C)

La clasificación por temperatura define tres grupos, dos de los cuales tienen subdivisiones según la temperatura media del mes más frío (el grupo 3 se define con la temperatura media del mes más cálido).

Siendo $T = 4,6$ °C (Diciembre)

$T_1 = 0,7$ °C (Diciembre)

Tabla 23. Clase de clima. UNESCO-FAO.

CLASE	CONDICIÓN
GRUPO 1	$T > 0$
CALIDO	$T \geq 15$
TEMPLADO-CALIDO	$15 > T \geq 10$
TEMPLADO-MEDIO	$10 > T > 0$
GRUPO 2	$0 \geq T$
TEMPLADO-FRÍO	$0 > T \geq -5$
FRIO	$-5 > T$
GRUPO 3	$0 > T_{12}$
GLACIAL	$0 > T_{12}$

Al ser $10 > T > 0$ se trata de un **clima templado-medio**.

Mediante la media de las mínimas del mes más frío (Diciembre) se obtiene el tipo de invierno.

Tabla 24. Tipo de invierno. UNESCO-FAO.

TIPO DE INVIERNO	CONDICIÓN
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	$-5 > T_1$

El valor de $T_1 = 0,7^\circ\text{C}$ corresponde con un **invierno moderado**.

10.2.4. DIAGRAMA OMBROTÉRMICO DE GAUSSEN

Para la planificación de los calendarios agrícolas, así como para la determinación de los tipos de cultivos que se pueden dar en las diferentes zonas de influencia de cada una de las estaciones meteorológicas, se hará el correspondiente diagrama ombrotérmico de la zona del presente proyecto.

Para su estructuración se han tomado como base el promedio de uso en el que se representan las temperaturas y las medias mensuales de temperatura (T) y pluviometría (P), en $^\circ\text{C}$ y en mm, respectivamente. Sobre un diagrama cartesiano se lleva en abcisas los meses del año y en ordenadas las precipitaciones (mm) y las temperaturas medias mensuales ($^\circ\text{C}$).

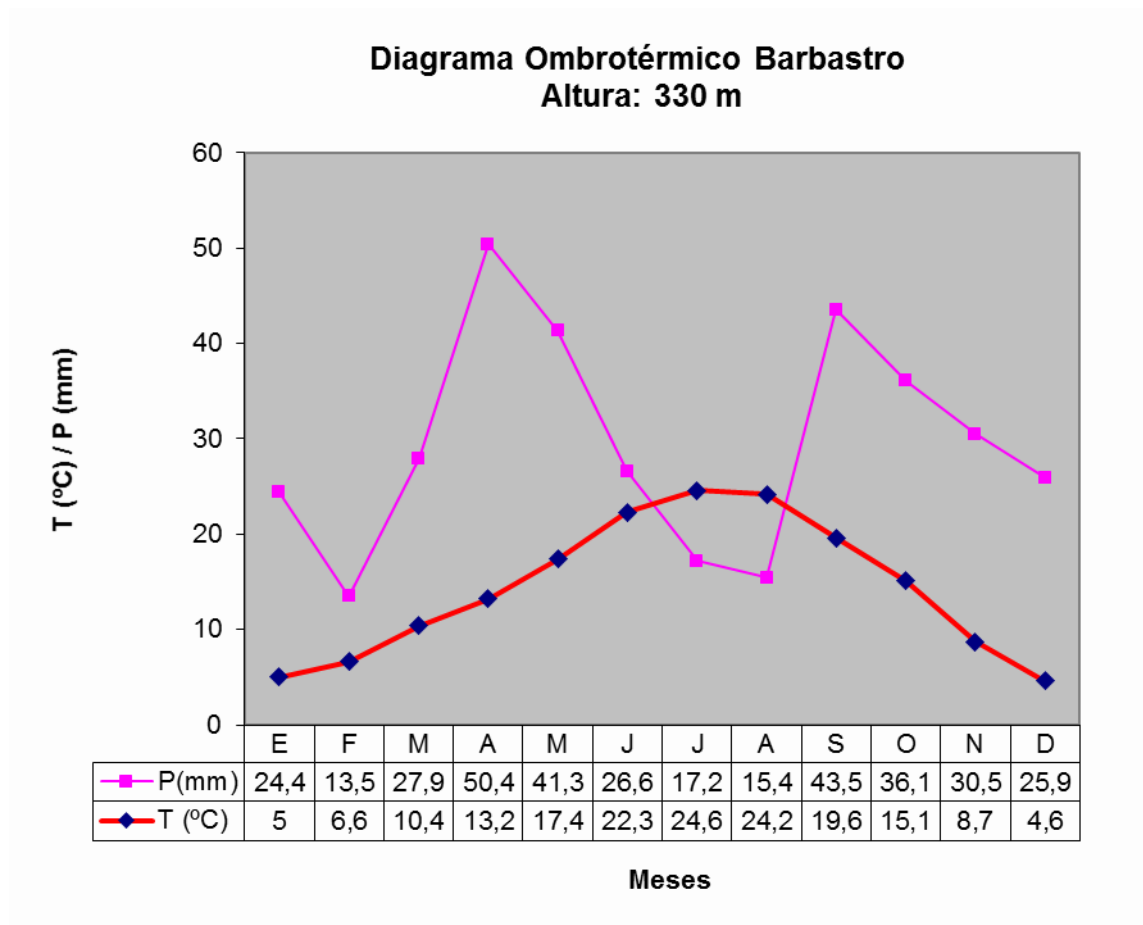
Para determinar gráficamente la existencia de los periodos secos (mes seco $P < 2T$), se utilizan los diagramas ombrotérmicos de Gaussen.

Para interpretar correctamente el Diagrama Ombrotérmico se deben de observar las posiciones de las curvas.

Si la curva pluviométrica va siempre por encima de la térmica, no hay ningún período seco y el clima se define como axérico.

En cambio si las dos curvas se cortan, se puede definir como monoxérico y bixérico, según haya uno o dos períodos secos.

Gráfico 2. Diagrama ombrotérmico de Barbastro (1995-2013).



A la vista del diagrama ombrotérmico, se observa un periodo seco durante los meses de junio, julio y agosto, por lo que el clima se define como **monoxérico**.

A continuación se establece el piso bioclimático al que pertenece la zona, mediante el cálculo del Índice de Termicidad (I_t) y la determinación del Ombrotipo. (Rivas Martínez, 1995)

$$I_t = (T + M + m) \cdot 10$$

donde,

I_t es el Índice de termicidad

T es la temperatura media anual (°C)

M es la media de las máximas del mes más frío (°C)

m es la media de las mínimas del mes más frío (°C)

En este caso:

$$T = 14,3 \text{ °C}$$

El mes más frío es diciembre con **M = 9,5° C**; **m = 0,7°C**

Sustituyendo queda un valor de I_t :

$$I_t = [14.3 + 9,5 + (-0,7)] \cdot 10 = 231$$

Los horizontes térmicos de la Región mediterránea definidos por el Índice de Termicidad vienen resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 25. Termotipos de la Región Mediterránea en función del índice de Termicidad (Rivas Martínez, 1995)

TERMOTIPO	I_t
Inframediterráneo	450-580
Termomediterráneo	350-450
Mesomediterráneo	210-350
Supramediterráneo	80-210
Oromediterráneo	-
Crioromediterráneo	-

El valor obtenido de I_t (231) corresponde al termotipo **mesomediterráneo** de la región mediterránea.

El ombrotipo viene definido por la precipitación media anual.

En la región mediterránea se definen los siguientes ombrotipos:

Tabla 26. Ombrotipos de la Región Mediterránea (Rivas Martínez, 1991)

OMBROTIPO	P(mm)
Subhúmedo	600-1000
Seco	350-600
Semiárido	<350

La precipitación media anual es de 352,7 mm, lo que corresponde a un ombrotipo **seco**.

En conclusión, la parcela en estudio se sitúa en la región mediterránea, en el termotipo mesomediterráneo bajo un ombrotipo seco, con sequía estival.

11. REQUERIMIENTO CLIMÁTICO DEL ALMENDRO

Dada la precocidad de su floración y el rápido desarrollo de sus frutos, resulta muy sensible a temperaturas bajas al principio del año y durante la primavera, por ello es adecuado evitar fondos de valle con posibles heladas de inversión y plantaciones en zonas frías con orientación norte.

Las temperaturas altas en invierno pueden comprometer su producción al no cubrir las bajas necesidades de frío invernal (número de horas acumuladas por debajo de 7°C) que oscilan, dependiendo de la variedad, entre 200 y 500. Las variedades de origen norteamericano tienen normalmente muy pocas necesidades de horas frío.

Las variedades una vez cubren sus necesidades de frío, son capaces de florecer si la temperatura ambiental lo permite; por ello las de bajos requerimientos suelen tener floraciones precoces aunque algunas de estas pueden florecer tarde si se cultivan en ambientes frescos.

El almendro, durante el periodo de reposo, puede resistir temperaturas muy bajas, del orden de -20°C. La resistencia depende principalmente de como haya venido el frío, si es progresivo mejor que una ola de frío.

La temperatura óptima de crecimiento oscila entre los 20°C y 25°C, aunque a partir de 7-10°C ya se produce movimiento vegetativo.

El almendro resiste muy bien las temperaturas elevadas y la sequedad del ambiente en verano, aunque a partir de 40°C dejaría de producirse el crecimiento. Y por el contrario es muy sensible a humedades ambientales altas que favorecen el desarrollo de enfermedades criptogámicas en hojas

12. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

12.1. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA

El cálculo de la evapotranspiración es fundamental para todos los cultivos, dado que la producción vegetal está directamente asociada a la disponibilidad del agua y su consumo por las plantas.

La superficie de referencia es un cultivo hipotético de pasto, con una altura asumida de 0,12 m, con una resistencia superficial fija de 70 s/m y un albedo de 0,23.

Esta superficie se asemeja a una superficie extensa de pasto verde, de altura uniforme, regada correctamente, con crecimiento activo y sombreando totalmente el suelo.

La evapotranspiración de referencia se va a calcular por cuatro métodos distintos y se seleccionará la más apropiada.

12.1.1. MÉTODO DE BLANEY-CRIDDLE

Para el cálculo de la evapotranspiración de referencia a partir de datos termopluviométricos usaremos la fórmula del método Blaney-Criddle modificado por FAO.

$$ET_0 = [a + b \cdot p \cdot (0,46 \cdot T_m + 8,13)]$$

donde,

ET_0 es la media mensual de la evapotranspiración de referencia (hierba), mm/día

p es el porcentaje diario de horas diurnas anuales

a, b son coeficientes de calibración climática local

T_m es la media mensual de la temperatura media del aire, en ° C.

El porcentaje diario de horas diurnas anuales, p, se obtiene a partir de valores tabulados en función de la latitud de la estación y del mes. (Doorenbos y Pruitt, 1977).

La latitud de la estación utilizada es 42°2', pero la tabla contempla las latitudes de 40° y 46°, por lo que será necesario realizar una interpolación y convertir los 2' en 0,3°.

Tabla 27. Calculo de p (porcentaje diurno de horas diurnas anuales)

	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
40°	6,73	6,72	8,33	8,95	10,02	10,08	10,22	9,54	8,39	7,75	6,72	6,52
46°	6,34	6,50	8,29	9,12	10,39	10,54	10,64	9,79	8,42	7,57	6,36	6,04
DIFERENCIA	0,42	0,22	0,04	0,17	0,37	0,46	0,42	0,25	0,03	0,18	0,36	0,48
P (42,03°)	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,20

El coeficiente de calibración climática, a, se calcula con la siguiente expresión (Frevert *et al.*, 1983):

$$a = 0,0043 \cdot HR_{\min} - \frac{n}{N} - 1,41$$

donde,

HR_{\min} es la media mensual de la humedad relativa mínima del aire, %

n/N es la media mensual de la razón entre la insolación real y la insolación máxima posible diaria.

El coeficiente de calibración climática, b, se calcula mediante la siguiente expresión (Frevert *et al.*, 1983)

$$b = 0,81917 - 0,00409022 \cdot HR_{\min} + 1,0705 \cdot \frac{n}{N} + 0,065649 \cdot U_{\text{dia}} -$$

$$- 0,0059684 \cdot HR_{\min} \cdot \frac{n}{N} - 0,0005967 \cdot HR_{\min} \cdot U_{\text{dia}}$$

donde,

U_{dia} es media mensual de la velocidad diurna diaria del viento a 2m sobre el nivel del suelo, m/sg.

El resultado final se obtiene a partir de los datos disponibles para la zona del proyecto tal como queda reflejado en la siguiente tabla:

Tabla 28. Cálculo de la ET_o (mm/día)

MES	Tmedia	p	HR _{min}	n/N	U _{dia}	a	b	Et _o (mm/dia)	Et _o (mm)
EN	5,00	0,21	69	0,43	1,92	-1,54	0,87	0,36	11,16
FEB	6,60	0,24	59	0,52	1,97	-1,68	1,01	1,03	28,84
MAR	10,40	0,27	50	0,57	2,03	-1,76	1,13	2,17	67,27
ABR	13,20	0,30	49	0,57	2,17	-1,77	1,14	3,09	92,70
MY	17,40	0,33	50	0,57	1,83	-1,76	1,12	4,20	130,20
JUN	22,30	0,34	45	0,65	1,80	-1,87	1,23	5,80	174,00
JUL	24,60	0,33	39	0,73	1,86	-1,97	1,35	6,69	207,39
AG	24,20	0,31	41	0,73	1,77	-1,96	1,33	5,96	184,76
SEP	19,60	0,28	47	0,64	1,61	-1,85	1,19	3,88	116,40
OCT	15,10	0,25	55	0,57	1,53	-1,74	1,07	2,28	70,68
NOV	8,70	0,22	64	0,50	1,77	-1,63	0,95	0,91	27,30
DIC	4,60	0,20	71	0,40	1,36	-1,50	0,82	0,18	5,58
								ANUAL	1116,28

La Evapotranspiración de referencia anual es $ET_{o \text{ anual}} = 1116,28 \text{ mm}$.

12.1.2. METODO DE LA RADIACIÓN

Este método se aplica cuando se dispone de datos concretos de temperatura y radiación. La radiación se mide en centros especiales, pero no disponer de ella no es inconveniente ya que se puede mediante tablas.

La fórmula que se aplica es la siguiente:

$$ET_o = W * R_s * c$$

Donde:

- ET_o : evapotranspiración del cultivo de referencia, en mm/día
- W : factor de ponderación (depende de temperatura y altitud)
- R_s : radiación solar que llega a la superficie de la tierra y se expresa en mm/día
- c : factor de ajuste (depende de valores estimados de humedad y viento)

$$R_s = (0,25 + 0,50 \cdot n/N) R_a$$

R_a = radiación extraterrestre (se obtiene de la siguiente tabla)

Tabla 29. Radiación extraterrestre (mm/día) FAO 1977 pág. 21/154
(<http://www.fao.org/docrep/018/f2430e/f2430e.pdf>)

Northern Hemisphere												Lat	Southern Hemisphere											
Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec		Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2	50°	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7	48°	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3	46°	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7	44°	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2	42°	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7	40°	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1	38°	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6	36°	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2	34°	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8	32°	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3	30°	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8	28°	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3	26°	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7	24°	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2	22°	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7	20°	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1	18°	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6	16°	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0	14°	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5	12°	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9	10°	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3	8°	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7	6°	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1	4°	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4	2°	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.3	15.4	15.1	0°	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

La latitud que nos ocupa es de $42^{\circ}2'$ lo que equivale a $42,03^{\circ}$. Al estar este valor muy cerca de los 42° , la interpolación de los valores afecta apenas unas milésimas al factor R_a , por lo que se desprecia.

Los valores que se adoptan finalmente son los de la línea de latitud 42° .

El valor de W está tabulado y para su obtención se necesitan datos de temperatura media ($^{\circ}\text{C}$) y la altitud de la zona.

En nuestro caso la altura se trata de 330 m por lo que será necesaria una interpolación para conseguir ajustarnos más al valor de W .

Tabla 30. Valores del factor w para diferentes alturas y temperaturas. FAO 1977 pág. 22/154 (<http://www.fao.org/docrep/018/f2430e/f2430e.pdf>)

Temperature $^{\circ}\text{C}$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
W at altitude m																				
0	0.43	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.68	.71	.73	.75	.77*	.78	.80	.82	.83	.84	.85
500	.45	.48	.51	.54	.57	.60	.62	.65	.67	.70	.72	.74	.76	.78	.79	.81	.82	.84	.85	.86
1 000	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.80	.82	.83	.85	.86	.87
2 000	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.88
3 000	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.88	.88	.89
4 000	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.76	.78	.79	.81	.83	.84	.85	.86	.88	.89	.90	.90

En la siguiente tabla se muestran las interpolaciones realizadas por la altura.

Tabla 31. Cálculo de la W .

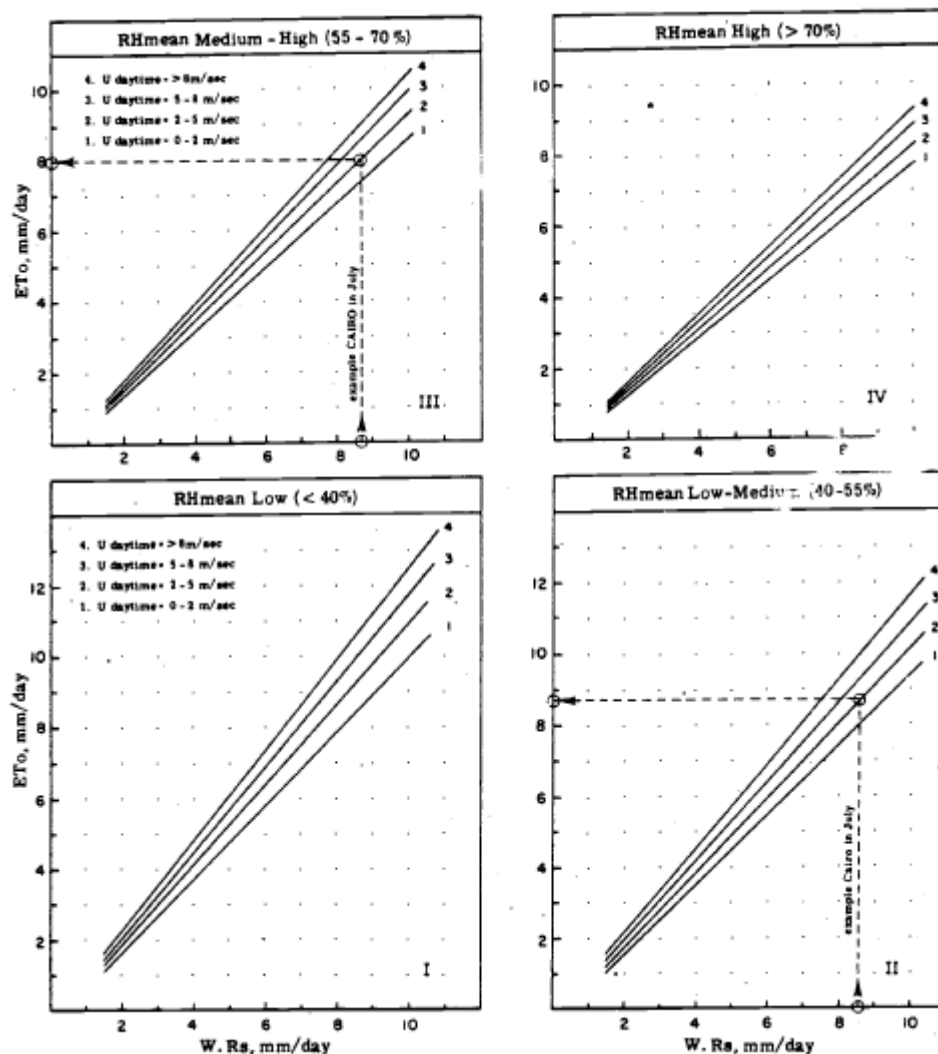
ALTITUD	$^{\circ}\text{C}$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
330 m		0,44	0,47	0,50	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65	0,67	0,69	0,72	0,74	0,76	0,78	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86

La temperatura no coincide con las cifras exactas de la tabla 30, por lo que se deben interpolar (resultado en tabla 31)

En la siguiente tabla se calcula $W \times R_s$ (mm/día), que junto con los demás valores calculados anteriormente, y la velocidad del viento diurna(m/s) se interponen los datos en el Grafico 3 para conseguir el valor de la Et_o .

La velocidad del viento sirve para elegir la curva correspondiente en el gráfico 3. Todos los meses tienen viento diurno débil (0-2 m/s) salvo marzo y abril que es moderado (2-5 m/s). La humedad relativa media también es importante tenerla en cuenta a la hora de elegir cuál de las cuatro gráficas elegir.

Grafico 3. Cálculo de Et_o (mm/día).FAO 1977 pág. 23/154
(<http://www.fao.org/docrep/018/f2430e/f2430e.pdf>)



En la siguiente tabla resumen se representan todas las variables que intervienen en el cálculo de la ET_o por el Metodo de la Radiación.

Tabla 32. Datos para el cálculo de la ET_o (mm) en método de radiación.

	t °C	W	n/N	Ra mm/día	Rs mm/día	WxRs mm/día	HRm %	Viento m/s	Eto mm/día	Eto mm
ENE	5,0	0,48	0,43	5,90	2,74	1,32	78	1,92	0,50	15,50
FEB	6,6	0,51	0,52	8,10	4,13	2,11	70	1,97	1,25	35,00
MAR	10,4	0,57	0,57	11,00	5,88	3,35	60	2,03	2,25	69,75
ABR	13,2	0,61	0,57	14,00	7,49	4,57	59	2,17	3,95	118,50
MAY	17,4	0,66	0,57	16,20	8,67	5,72	58	1,83	4,75	147,25
JUN	22,3	0,72	0,65	17,30	9,95	7,16	53	1,80	6,55	196,50
JUL	24,6	0,75	0,73	16,70	10,27	7,70	48	1,86	7,10	220,10
AGO	24,2	0,74	0,73	15,00	9,22	6,82	50	1,77	6,25	193,75
SEP	19,6	0,69	0,64	12,20	6,95	4,80	57	1,61	3,95	118,50
OCT	15,1	0,64	0,57	9,10	3,12	3,12	67	1,53	2,25	69,75
NOV	8,7	0,54	0,50	6,50	1,76	1,76	76	1,77	0,95	28,50
DIC	4,6	0,48	0,40	5,20	1,12	1,12	81	1,36	0,40	12,40

La Evapotranspiración de referencia anual es $ET_o \text{ anual} = 1225,50 \text{ mm}$

12.1.3. MÉTODO DE PENMAN

El Método de Penman sirve para medir la evapotranspiración del cultivo de referencia siempre que se disponga de datos sobre temperatura, humedad, viento y radiación.

Se considera como el más exacto de los que utilizan fórmulas empíricas para calcular las necesidades de los cultivos.

La fórmula que se utiliza para el cálculo es:

$$ET_o = c [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)]$$

Donde:

- ▶ ET_o es la evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).
- ▶ e_a es la presión saturante de vapor de agua (mbar), se obtiene en tabla 33.
- ▶ e_d es la presión real del vapor de agua (mbar), donde:

$$e_d = (e_a \cdot RH)/100$$

- ▶ RH es la humedad relativa (%)

$$f(u) = 0,27(1 + u/100)$$

- ▶ u es la velocidad del viento en km/día a 2 metros sobre el suelo
- ▶ R_n es la radiación neta total (mm/día)

$$R_n = 0,75 \cdot R_s - R_{nl}$$

$$R_s = (0,25 + 0,5 \cdot n/N) R_a$$

Los valores de R_s , R_a y n/N están calculados anteriormente en el método de radiación.

► R_{nl} es la radiación neta de onda larga (mm/día)

$$R_{nl} = f(T) \cdot f(ed) \cdot f(n/N)$$

Los valores de $f(T)$, $f(ed)$ y $f(n/N)$ se obtienen de la tabla 34.

► W es un factor de ponderación y se obtiene de la tabla 35.

► c es un factor de ajuste y se obtiene de tablas.

Tabla 33. Cálculo de ea . FAO 1977 pág. 30/154
(<http://www.fao.org/docrep/018/f2430e/f2430e.pdf>)

Table 5 Saturation Vapour Pressure (ea) in mbar as Function of Mean Air Temperature (T) in °C ^{1/}

Temperature °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ea mbar	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.7	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	14.0	15.0	16.1	17.0	18.2	19.4	20.6	22.0
Temperature °C	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
ea mbar	23.4	24.9	26.4	28.1	29.8	31.7	33.6	35.7	37.8	40.1	42.4	44.9	47.5	50.3	53.2	56.2	59.4	62.8	66.3	69.9

^{1/} Also actual vapour pressure (ed) can be obtained from this table using available Tdewpoint data.
(Example: Tdewpoint is 18°C; ed is 20.6 mbar)

Tabla 34. Cálculo de $f(T)$, $f(ed)$ y $f(n/N)$. FAO 1977 pág. 36/154
(<http://www.fao.org/docrep/018/f2430e/f2430e.pdf>)

Table 13 Effect of Temperature (T) on Longwave Radiation (R_{nl})

T °C	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
$R(T) = \sigma T^4$	11.0	11.4	11.7	12.0	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2	14.6	15.0	15.4	15.9	16.3	16.7	17.2	17.7	18.1

Table 14 Effect of Vapour Pressure (ed) on Longwave Radiation (R_{nl})

ed mbar	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
$f(ed) = 0.34 - 0.044 \sqrt{ed}$	0.23	.22	.20	.19	.18	.16	.15	.14	.13*	.12	.12	.11	.10	.09	.08	.08	.07	.06

Table 15 Effect of the Ratio Actual and Maximum Bright Sunshine Hours (n/N) on Longwave Radiation (R_{nl})

n/N	0	.05	.1	.15	.2	.25	.3	.35	.4	.45	.5	.55	.6	.65	.7	.75	.8	.85	.9	.95	1.0
$f(n/N) = 0.1 + 0.9 n/N$	0.10	.15	.19	.24	.28	.33	.37	.42	.46	.51	.55	.60	.64	.69	.73	.78	.82*	.87	.91	.96	1.0

Tabla 35. Cálculo de W. FAO 1977 pág. 37/154
(<http://www.fao.org/docrep/018/f2430e/f2430e.pdf>)


R _s mm/day	RH _{max} = 30%				RH _{max} = 60%				RH _{max} = 90%			
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
U _{day} m/sec	U _{day} /U _{night} = 4.0											
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.79	.84	.92	.97	.92	1.00	1.11	1.19	.99	1.10	1.27	1.32
6	.68	.77	.87	.93	.85	.96	1.11	1.19	.94	1.10	1.26	1.33
9	.55	.65	.78	.90	.76	.88	1.02	1.14	.88	1.01	1.16	1.27
U _{day} /U _{night} = 3.0												
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.76	.81	.88	.94	.87	.96	1.06	1.12	.94	1.04	1.18	1.28
6	.61	.68	.81	.88	.77	.88	1.02	1.10	.86	1.01	1.15	1.22
9	.46	.56	.72	.82	.67	.79	.88	1.05	.78	.92	1.06	1.18
U _{day} /U _{night} = 2.0												
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.69	.76	.85	.92	.83	.91	.99*	1.05*	.89	.98	1.10*	1.14*
6	.53	.61	.74	.84	.70	.80	.94	1.02	.79	.92	1.05	1.12
9	.37	.48	.65	.76	.59	.70	.84	.95	.71	.81	.96	1.06
U _{day} /U _{night} = 1.0												
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.64	.71	.82	.89	.78	.86	.94*	.99*	.85	.92	1.01*	1.05*
6	.43	.53	.68	.79	.62	.70	.84	.93	.72	.82	.95	1.00
9	.27	.41	.59	.70	.50	.60	.75	.87	.62	.72	.87	.96

La utilización de un software o calculadora para el método de Penman hace que el cálculo sea más exacto ya que la interpolación de los valores se realiza de manera automática.
(<http://onlinecalc.sdsu.edu/enlineapenman.php>).

A continuación se muestra una imagen de la pantalla del ordenador en el momento del cálculo de la evapotranspiración del mes de julio.

Imagen 1: Evapotranspiración potencial por el método Penman.

enlinea_penman: Evapotranspiración potencial por el método de Penman



Fórmulas

$$e_o = f(T_a) \quad E_n = f(Q_n, T_a)$$

$$E_a = (0.013 + 0.00016v_2)e_o[(100 - HR)/100]$$

$$\alpha = f(T_a) \quad E = [\alpha E_n + E_a]/(\alpha + 1)$$

Bibliografía

Ponce, V. M., 1989. Engineering Hydrology, Principles and Practices, Prentice Hall, páginas 45-47.

DATOS DE ENTRADA:

[Descripción] [Ejemplo]

Mes: Enero

Temperatura media mensual del aire T_a (°C): 24.6

Radiación media mensual neta Q_n (cal/cm²/d): 600.79

Humedad relativa HR (%): 48

Velocidad del viento a 2 m de profundidad v_2 (km/d): 160.70

DATOS DE ENTRADA:

Mes: Julio

RESULTADOS:

♦ ET_o diaria = 0.93 cm/d

♦ ET_o mensual = 28.69 cm

Calcular
Borrar

Los valores de la radiación mensual neta se deben convertir de mm/día en cal/cm²día (1mm/día= 58,5 cal/cm² día), y los valores de velocidad del viento de m/s a km/día (1m/s= 86,4 km/día).

Estas conversiones, junto con los datos de temperatura, humedad y ET_o , se representan en la siguiente tabla:

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca).
Anejo N° IV Estudio Climático

Tabla 36. Datos para el cálculo de la ET_o (mm) en método de Penman.

	t °C	R_s mm/día	R_s cal/cm ² día	HR _m %	Viento m/s	Viento km/día	ET_o mm/día	ET_o mm
ENE	5,0	2,74	160,29	78,00	1,92	165,89	1,70	52,30
FEB	6,6	4,13	241,60	70,00	1,97	170,21	2,60	72,60
MAR	10,4	5,88	343,98	60,00	2,03	175,39	4,20	129,60
ABR	13,2	7,49	438,16	59,00	2,17	187,49	5,50	166,50
MAY	17,4	8,67	507,19	58,00	1,83	158,11	6,80	210,40
JUN	22,3	9,95	582,07	53,00	1,80	155,52	8,50	255,53
JUL	24,6	10,27	600,79	48,00	1,86	160,70	9,30	286,90
AGO	24,2	9,22	539,37	50,00	1,77	152,93	8,30	257,70
SEP	19,6	6,95	406,57	57,00	1,61	139,10	5,80	175,20
OCT	15,1	3,12	284,89	67,00	1,53	132,19	3,80	116,40
NOV	8,7	1,76	190,12	76,00	1,77	152,93	2,10	63,80
DIC	4,6	1,12	136,89	81,00	1,36	117,50	1,40	42,30

La Evapotranspiración de referencia anual es $ET_{o \text{ anual}} = 1829,23 \text{ mm}$

12.1.4. MÉTODO FAO PENMAN MONTEITH

La evapotranspiración del cultivo de referencia se puede calcular con un gran número de ecuaciones empíricas y siempre utilizando datos meteorológicos. Actualmente el método FAO Penman-Monteith (1990) se recomienda como método estándar para la definición y cálculo de la evapotranspiración de referencia ET_o . Es el procedimiento más moderno y fiable.

La ecuación para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia mediante el método de FAO Penman-Monteith (Evapotranspiración del cultivo. FAO. Roma 2006) es la siguiente:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

donde:

- ▶ ET_o : evapotranspiración de referencia (mm/día)
- ▶ R_n : radiación neta en la superficie del cultivo (Mj/m y día)
- ▶ R_a : radiación extraterrestre (mm/día)
- ▶ G : flujo del calor de suelo (Mj/m y día)
- ▶ T : temperatura media del aire a 2 metros de altura (°C)
- ▶ u_2 : presión de vapor de saturación (kPa)
- ▶ e_a : presión real de vapor (kPa)

- ▶ $e_s - e_a$: déficit de presión de vapor (kPa)
- ▶ Δ : pendiente de la curva de presión de vapor (kPa/°C)
- ▶ γ : constante psicrométrica (kPa/°C)

Debido a la existencia de herramientas informáticas, como es el caso del software FAO <http://www.fao.org/nr/water/eto> (versión 3.2 septiembre 2012), se decide realizar los cálculos de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) de esta manera.

En primer lugar se deben de rellenar las casillas con los datos de la estación meteorológica (latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar).

También se eligen varios factores de localización como son el tipo de zona: interior o costa, árida – semiárida o húmeda-semihúmeda y que tipo de viento tiene la zona.

En este caso será zona interior, árida o semiárida y con vientos suaves.

También es necesario especificar la periodicidad de los datos meteorológicos, en este caso son mensuales.

Imagen 2. Datos estación meteorológica, rango de datos y tipo de zona.

The image shows a software window titled "Create menu" with a red close button in the top right corner. The window is divided into several sections for data entry:

- File name:** A text box containing "Eto".
- Station description:**
 - Station:** Text box with "Aguas Barbastro".
 - Country:** Text box with "Barbastro".
 - Location:** Radio buttons for "Degrees and Minutes" (selected) and "Decimal degrees".
 - Latitude:** Three input fields: "42" (degrees), "2" (minutes), and a dropdown for "North".
 - Longitude:** Three input fields: "0" (degrees), "7" (minutes), and a dropdown for "East".
 - Altitude:** Text box with "330" and a label "meter above sea level".
- Meteorological Data:**
 - Type:** Radio buttons for "Daily", "10-daily", and "Monthly" (selected).
 - Time range:** A checked checkbox labeled "not linked to a specific year". Below it are dropdowns for "First Month" (January) and "Last Month" (December).
 - Location (right side):** Radio buttons for "at the coast" and "interior location" (selected).
 - Area type (right side):** Radio buttons for "in arid or semi-arid area" (selected), "in semi-humid or humid area", "light winds in area", "light to moderate winds in area", and "moderate to strong winds in area".

At the bottom of the window are two buttons: "Cancel" (with a red X icon) and "Create" (with a document icon).

En la siguiente pantalla es necesario especificar los datos disponibles para rellenar posteriormente. En este caso se marcan las casillas de temperaturas medias, máximas y mínimas, humedad relativa media, máxima y mínima, velocidad del viento a 2 m de altura, horas de insolación y radiación solar.

Imagen 3. Selección de datos a rellenar posteriormente.

Data and ETo menu

Station: Aguas Barbastro Country: Barbastro File: Eto..DTA

Input data description | Meteorological data and ETo | Plot data | Export results

Air temperature
☒ ° Celsius
☐ ° Fahrenheit
☒ Mean temperature [°C]
☒ Minimum and Maximum temperature [°C]

Air humidity
☒ Mean Relative Humidity [%]
☒ Minimum and Maximum Relative Humidity [%]
☐ Mean dew point temperature [°C]
☐ Mean actual vapour pressure [kPa]
Psychrometric data
☐ Mean dry and wet bulb temperature [°C]
☐ Ventilated Coefficient psychrometer
☒ Natural ventilated 0.000800
☐ Indoors

IF missing air humidity
 Tdew = Tmin + subtract 2.0 [°C] (semi)arid

Wind speed
☒ Mean wind speed [m/sec]
 height of measurement 2.0 [meter]
IF missing wind speed
 U2 = 0.5 m/sec light wind

Sunshine and Radiation
☐ Hours of bright sunshine (n) [hours]
☒ Relative sunshine hours (n/N) [-]
☒ Solar radiation (Rs) [mm/day]
☐ Net radiation (Rn) [MJ/m2.day]
 Coefficients Angstrom equation
IF missing radiation
 Rs = 0.16 x SQRT(Tmax - Tmin) x Ra

Cancel Main menu

En la siguiente pantalla se rellenan los datos meteorológicos y se obtiene en la última fila el resultado de la ET_o (mm/día) de manera inmediata. Las dos imágenes siguientes lo demuestran.

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca).
Anejo Nº IV Estudio Climático

Imagen 4. Datos meteorológicos y resultado de ET_o (mm/día) (Enero-Julio)

Data and ET_o menu

Station: Country: File:

Input data description | **Meteorological data and ET_o** | Plot data | Export results

Month		January	February	March	April	May	June	July
Tmax	°C	10.3	13.1	17.5	20.5	25.2	30.5	32.8
Tmean	°C	5.0	6.6	10.4	13.2	17.4	22.3	24.6
Tmin	°C	0.9	1.3	4.1	6.6	10.4	14.4	16.8
RHmax	%	83.0	81.0	76.0	77.0	76.0	70.0	66.0
RHmean	%	78.0	70.0	60.0	59.0	58.0	53.0	48.0
RHmin	%	69.0	59.0	50.0	49.0	50.0	45.0	39.0
u(2)	m/sec	1.92	1.97	2.03	2.17	1.83	1.80	1.86
n/N	-	0.43	0.52	0.57	0.57	0.57	0.65	0.73
Rs	mm/day	2.74	4.13	5.88	7.49	8.67	9.95	10.27
ET_o	mm/day	0.9	1.5	2.5	3.4	4.3	5.5	6.1

< | >

Symbols | Switch Units | Data Limits | Save data

Cancel | Main menu

Imagen 5. Datos meteorológicos y resultado de ET_o (mm/día) (Junio-Diciembre)

Data and ET_o menu

Station: Country: File:

Input data description | **Meteorological data and ET_o** | Plot data | Export results

Month		June	July	August	September	October	November	December
Tmax	°C	30.5	32.8	32.3	27.0	21.8	14.4	9.5
Tmean	°C	22.3	24.6	24.2	19.6	15.1	8.7	4.6
Tmin	°C	14.4	16.8	16.8	13.1	9.8	4.2	0.7
RHmax	%	70.0	66.0	68.0	75.0	80.0	85.0	86.0
RHmean	%	53.0	48.0	50.0	57.0	67.0	76.0	81.0
RHmin	%	45.0	39.0	41.0	47.0	55.0	64.0	71.0
u(2)	m/sec	1.80	1.86	1.77	1.61	1.53	1.77	1.36
n/N	-	0.65	0.73	0.73	0.64	0.57	0.50	0.40
Rs	mm/day	9.95	10.27	9.22	6.95	3.12	1.76	1.12
ET_o	mm/day	5.5	6.1	5.4	3.6	1.9	1.1	0.7

< | >

Symbols | Switch Units | Data Limits | Save data

Cancel | Main menu

En la siguiente tabla se muestra, de manera resumida, la ET_o calculada con este software para cada mes.

Tabla 37. Evapotranspiración diaria (mm/día) y mensual (mm/mes).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ET_o (mm/día)	0,9	1,5	2,5	3,4	4,3	5,5	6,1	5,4	3,6	1,9	1,1	0,7
ET_o (mm/mes)	27,9	42	77,5	102	133,3	165	189,1	167,4	108	58,9	33	21,7

La Evapotranspiración de referencia anual es $ET_{o \text{ anual}} = 1125,8 \text{ mm}$

12.1.5. MÉTODO DE LA CUBETA EVAPORIMÉTRICA

El método de la cubeta evaporimétrica se basa en las lecturas de la altura del agua de una cubeta de la clase A (de hierro galvanizado, circular, de 121 cm de diámetro y 2,5 cm de profundidad). Esta cubeta se coloca a 15 cm de altura sobre una base de madera.

Se realizó una consulta a la Comunidad de Regantes nº1 del Canal del Cinca, quien gestiona la zona de riegos que nos ocupa, para conocer si se dispone de una cubeta evaporimétrica en las cercanías. No tienen la cubeta y por tanto no se puede realizar el cálculo de la evapotranspiración de referencia por este método.

12.2. ELECCIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA

Tras realizar los cálculos pertinentes para la obtención de la evapotranspiración de referencia mediante cuatro métodos distintos, se obtienen una serie de resultados muy dispares.

En la siguiente figura se puede apreciar de manera gráfica.

Gráfico 4. Valores diarios de ETo obtenidos a través de distintos métodos.



El método de Penman muestra unos datos que se desvían bastante de los otros tres métodos, por lo que se desprecia.

Entre las ETo anuales (mm) del método de Blaney-Criddle (1116,28 mm), el método de radiación (1225,50 mm) y el método Fao Penman-Monteith (1125,8mm) hay escasa diferencia, llegando a estar muy próximo a la media del primer y segundo método:

- Media entre Blaney-Criddle y Radiación: 1170,89 mm
- Fao Penman-Monteith: 1125,8 mm

En la siguiente tabla se muestran las evapotranspiraciones de referencia diarias y anuales calculadas por los distintos métodos.

Tabla 38. ETo media (mm/mes) y Eto anual (mm) de los distintos métodos.

	Blaney-Criddle mm/día	Radiación mm/día	Penman mm/día	Fao Pen-Mon mm/mes
ENERO	0,36	0,50	1,70	0,90
FEBRERO	1,03	1,25	2,60	1,50
MARZO	2,17	2,25	4,20	2,50
ABRIL	3,09	3,95	5,50	3,40
MAYO	4,20	4,75	6,80	4,30
JUNIO	5,80	6,55	8,50	5,50
JULIO	6,69	7,10	9,30	6,10
AGOSTO	5,96	6,25	8,30	5,40
SEPTIEMBRE	3,88	3,95	5,80	3,60
OCTUBRE	2,28	2,25	3,80	1,90
NOVIEMBRE	0,91	0,95	2,10	1,10
DICIEMBRE	0,18	0,40	1,40	0,70
Eto anual(mm)	1116,28	1225,5	1829,23	1125,80

Al considerar el método Fao Penman-Monteith como el método más moderno y fiable de los cuatro, y al estar sus resultados muy próximos a la media de Blaney-Criddle y radiación, nos ceñiremos de ahora en adelante a los valores obtenidos por este método para calcular la evapotranspiración del cultivo.

12.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVO

La evapotranspiración de cultivo ET_c , determina la cantidad de agua que un cultivo puede evaporar cuando se encuentra en buenas condiciones de alimentación hídrica y con el suelo próximo a capacidad de campo.

Se calcula como:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

ET_o es la evapotranspiración de referencia calculada mediante el método FAO Penman Monteith.

K_c es el coeficiente de cultivo, parámetro característico de cada cultivo que expresa la variación de capacidad de extracción de agua del suelo que presenta ese cultivo a lo largo de su ciclo vegetativo con respecto al cultivo de referencia (pradera de hierba).

Los ciclos vegetativos están constituidos por cuatro etapas:

1ª. Etapa inicial. Desde la plantación hasta que el árbol sombrea el 10% del suelo.

2ª. Etapa de desarrollo. Desde que acaba etapa anterior hasta que sombrea el 70-80% de la superficie del suelo.

3ª. Etapa de mediados de periodo. Desde el final de la etapa anterior hasta que comienza el envejecimiento del follaje del árbol (etapa de máxima evapotranspiración).

4ª. Etapa final. Desde el final de la etapa anterior hasta la maduración del cultivo o cosecha.

La duración de las etapas anteriormente citadas se obtiene de tablas.

12.3.1. ELECCIÓN DEL COEFICIENTE DE CULTIVO

En la elección del coeficiente de cultivo (K_c) del almendro se han tenido en cuenta los valores tabulados de varios autores:

► Villalobos 2009, Fitotecnia. Adaptado de Doorenbos y Pruitt (1977) y Allen et al. (1998) contemplan unos valores de K_c máximo de 0,90 y K_c final de 0,65. Se trataría de suelo cubierto.

► Castañón, G.2000, Ingeniería del riego. Contempla valores de K_c mensuales desde marzo ($K_c=0,85$) va aumentando hasta $K_c=1,15$ durante los meses de junio, julio y agosto y luego disminuye hasta noviembre ($K_c=0,85$). Tiene en cuenta la cubierta vegetal, los vientos débiles a moderados y secos, y que los inviernos son fríos con heladas ligeras.

► IRTA; Girona et al., 1994. Girona i Marsal, 1995. Los valores de K_c oscilan entre 0,20 a final de febrero, va aumentando hasta un máximo de $K_c=1,05$ en agosto, para luego disminuir progresivamente hasta noviembre con una $K_c=0,40$. Fraccionan los valores de K_c en periodos de 15 días, como se puede apreciar en la tabla 39.

Tabla 39. Coeficientes de cultivo (Kc) para el almendro. IRTA; Girona et al., 1994. Girona i Marsal, 1995.

Del	Al	Kc	Observaciones
01-feb	15-feb		
16-feb	28-feb	0,20	
01-mar	15-mar	0,35	Primeros de marzo, inicio del crecimiento de la cáscara
16-mar	31-mar	0,45	
01-abr	15-abr	0,65	
16-abr	30-abr	0,65	
01-may	15-may	0,75	Sobre el 10 de mayo, final del crecimiento exterior de la almendra
16-may	31-may	0,85	
01-jun	15-jun	0,91	Sobre el 10 de junio, inicio del llenado del grano
16-jun	30-jun	0,93	
01-jul	15-jul	0,94	
16-jul	31-jul	0,97	
01-ago	15-ago	1,05	Sobre el 10 de agosto, la almendra está prácticamente llena
16-ago	31-ago	1,05	
01-sep	15-sep	0,84	
16-sep	30-sep	0,80	
01-oct	15-oct	0,60	Sobre el 15 de septiembre se produce la cosecha
16-oct	31-oct	0,55	
01-nov	15-nov	0,40	
16-nov	30-nov	0,40	

Los coeficientes de cultivo (Kc) elegidos para el cálculo de la evapotranspiración son los de la tercera opción, ya que se basan en una situación muy semejante a la que se nombra en este proyecto. Se trata de una plantación con sistema de poda en vaso, con cubierta vegetal y una producción media de unos 1800kg/ha de grano.

Los datos del coeficiente de cultivo están fraccionados en periodos de 15 días por lo que es mucho más exacto que los datos ofrecidos por otros autores que solamente contemplan el Kc inicial, el Kc máximo y el Kc final.

12.3.2. DURACIÓN FASES DEL CULTIVO

El almendro es un cultivo que tiene una duración muy larga de su ciclo de cultivo, ya que a mitad de febrero ya se puede considerar que comienza la

evapotranspiración aunque se desprecia por ser minúscula, teniendo en cuenta a efectos a partir del 1 de marzo.

La cuarta fase dura hasta la caída de las hojas, que la consideramos a finales de noviembre.

Las duraciones de las fases (Villalobos, 2009 adaptado de Allen et al.1998), son 20-70-90-30, con un total de 210 días para frutales de la zona norte.

Si se tiene en cuenta en el almendro, tras la cosecha, la evapotranspiración continúa hasta finales de noviembre, la duración de las fases de cultivo se corrigen y resultan: 20-70-90-95.

Los detalles de inicio y fin de cada fase se detallan en la tabla 40.

Tabla 40. Duración y fechas de inicio-fin de cada fase.

	Duración(días)	Fecha inicio	Fecha fin
1ª Fase	20	01-mar	20-mar
2ª Fase	70	21-mar	29-may
3ª Fase	90	30-may	27-ago
4ª Fase	95	28-ago	30-nov

12.3.3. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVO (ET_c)

En el cálculo de la evapotranspiración de cultivo se tiene en cuenta la fecha de inicio y fin de cada fase, las cuales no coinciden necesariamente con las fechas indicadas en la tabla 39. Ya que en esta tabla se fraccionan los valores de K_c en periodos de 15 días.

La tabla 41 muestra, de la manera más exacta posible, el valor de Kc, los valores de ETo (mm/día) calculados anteriormente por el método Fao Penman-Monteith y los valores de ETc (mm/día). Se utiliza la fórmula:

$$ET \text{ (cultivo)} = ETo \cdot Kc$$

Tabla 41. Evapotranspiración del cultivo ETc (mm/día)

Fecha	Duración	Kc	Eto (mm/día)	Etc (mm/día)
01/03-15/03	15	0,35	2,50	0,87
16/03-20/03	5	0,45	2,50	1,12
21/03-31/03	11	0,45	2,50	1,12
01/04-15/04	15	0,65	3,40	2,21
16/04-30/04	15	0,65	3,40	2,21
01/05-15/05	15	0,75	4,30	3,22
16/05-29/05	14	0,85	4,30	3,65
30/05-31/05	2	0,91	4,30	3,91
01/06-15/06	15	0,93	5,50	5,11
16/06-30/06	15	0,94	5,50	5,17
01/07-15/07	15	0,97	6,10	5,92
16/07-31/07	16	1,05	6,10	6,40
01/08-15/08	15	1,05	5,40	5,67
16/08-27/08	12	1,05	5,40	5,67
28/08-31/08	4	1,05	5,40	5,67
01/09-15/09	15	0,84	3,60	3,02
16/09-30/09	15	0,80	3,60	2,88
01/10-15/10	15	0,60	1,90	1,14
16/10-31/10	16	0,55	1,90	1,04
01/11-15/11	15	0,40	1,10	0,44
16/11-30/11	15	0,40	1,10	0,44

12.3.4. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA

En el cálculo de las necesidades de agua durante todo el ciclo de cultivo (desde el 1 de marzo hasta el 30 de noviembre) se tiene en cuenta la duración de cada periodo, las necesidades diarias=ETc (mm/día) calculadas en el apartado anterior, las necesidades de cada periodo (mm) y las necesidades por mes (mm).

Por último se obtienen las necesidades diarias recalculadas (mm), que serán iguales para cada mes. Se utiliza la siguiente fórmula.

$$\text{Necesidades diarias} = \text{Necesidades mensuales} / \text{nº de días del mes}$$

Tabla 42. Necesidades de agua del ciclo vegetativo.

Fecha	Duración (días)	Necesidades diarias= ETc(mm/día)	Necesidades por periodo(mm)	Necesidades por mes(mm)	Necesidades diarias recalculadas(mm)
01/03-15/03	15	0,87	13,05	Marzo 30,97	1,00
16/03-20/03	5	1,12	5,60		
21/03-31/03	11	1,12	12,32		
01/04-15/04	15	2,21	33,15	Abril 66,30	2,21
16/04-30/04	15	2,21	33,15		
01/05-15/05	15	3,22	48,30	Mayo 107,22	3,46
16/05-29/05	14	3,65	51,10		
30/05-31/05	2	3,91	7,82		
01/06-15/06	15	5,11	76,65	Junio 154,20	5,14
16/06-30/06	15	5,17	77,55		
01/07-15/07	15	5,92	88,8	Julio 191,20	6,17
16/07-31/07	16	6,40	102,4		
01/08-15/08	15	5,67	85,05	Agosto 175,77	5,67
16/08-27/08	12	5,67	68,04		
28/08-31/08	4	5,67	22,68		
01/09-15/09	15	3,02	45,30	Septiembre 88,50	2,95
16/09-30/09	15	2,88	43,20		
01/10-15/10	15	1,14	17,10	Octubre 33,74	1,09
16/10-31/10	16	1,04	16,64		
01/11-15/11	15	0,44	6,60	Noviembre 13,20	0,44
16/11-30/11	15	0,44	6,60		
				TOTAL: 861,10	

Se obtienen los siguientes resultados:

► El máximo valor de ET_c mensual se produce en el mes de **julio** con **191,20 mm**.

► El máximo valor de ET_c diaria se produce en **julio** con una ET_c diaria de **6,17mm**.

► El valor de la ET_c anual durante todo el periodo vegetativo es de **861,10 mm**.

13. PRECIPITACIÓN EFECTIVA

Es la cantidad de agua retenida en la capa radical con relación a la cantidad de lluvia. Su valor depende de:

- Características del terreno: estado de humedad, nivel de pendiente, tipo de cobertura del suelo y condiciones físicas, etc.
- Características de la precipitación: nivel de intensidad, duración frecuencia y cantidad de agua caída.

La precipitación efectiva (Pe) se calcula mediante la metodología propuesta por fuentes Yagüe (2003), y depende de la precipitación recogida durante un mes (P).

► Si $P > 75 \text{ mm}$ $Pe = 0,8 \cdot P - 25$

► Si $P < 75 \text{ mm}$ $Pe = 0,6 \cdot P - 10$

Todos los meses tienen una precipitación (P) inferior a 75 mm, por lo que se utilizará la segunda fórmula. Los resultados se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 43. Precipitación (P) y precipitación efectiva (Pe) en mm.

MES	P (mm)	Pe (mm)
ENERO	24,4	4,6
FEBRERO	13,5	0,0
MARZO	27,9	6,7
ABRIL	50,4	20,2
MAYO	41,3	14,8
JUNIO	26,6	6,0
JULIO	17,2	0,3
AGOSTO	15,4	0,0
SEPTIEMBRE	43,5	16,1
OCTUBRE	36,1	11,7
NOVIEMBRE	30,5	8,3
DICIEMBRE	25,9	5,5
TOTAL ANUAL	352,7	94,3

Al aplicar la fórmula $Pe = 0,6 \cdot P - 10$, en los meses de febrero y agosto se obtienen valores negativos, por lo que se considera nula su precipitación efectiva (Pe).

El cálculo de la precipitación efectiva (Pe) se ha realizado por tener un estudio climático lo más riguroso posible, pero los bajos resultados obtenidos nos muestran que se puede despreciar de cara a los cálculos de diseño del riego localizado de alta frecuencia (RLAF).

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

ANEJO V: ANÁLISIS EDAFOLÓGICO

ÍNDICE ANEJO V

ANÁLISIS EDAFOLÓGICO

1. ANALISIS DEL SUELO.....	1
1.1. ANALISIS DE LA MUESTRA.....	1
1.2. TEXTURA.....	2
1.3. Ph.....	3
1.4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	3
1.5. MATERIA ORGÁNICA.....	4
1.6. CARBONATOS.....	4
1.7 FÓSFORO ASIMILABLE.....	5
1.8 POTASIO DE CAMBIO.....	5
1.9 CALIZA ACTIVA.....	6
2. CONCLUSIÓN.....	6

ANÁLISIS EDAFOLOGICO

1. ANALISIS DEL SUELO

El análisis de suelos es de suma importancia a la hora de instaurar un nuevo cultivo, ya que conocer las características del mismo nos ayuda a decidir si la parcela seleccionada para realizar la plantación de almendros es apropiada.

El análisis del suelo comprende las siguientes operaciones: toma de muestras de tierra, estudio físico-químico de las mismas, interpretación de los resultados y recomendación agronómica.

Para el análisis de suelo se tomaron 15 submuestras representativas con una barrena sonda. Los puntos elegidos al azar y con movimientos por la parcela en zig-zag. Antes de realizar cada toma, se retiró la cubierta vegetal de la superficie del suelo.

Se diferenciaron dos horizontes: 0-30cm y 30-60cm.

1.1. ANALISIS DE LA MUESTRA

Parámetro	Resultado
pH	8,33
Conductividad (25°C)	0,12 dS/m
Nitrógeno total	0,05 %
Materia Orgánica	0,56 %
Fósforo asimilable	8,24 p.p.m.
Potasio de cambio	0,47 meq/100 g
Carbonatos totales	13,5%
Caliza activa	6,82 %
Textura	Arena 67,9 % Limo 12,1 % Arcilla 20,0 %

Tabla 1: Resultados análisis de suelo 0-30cm

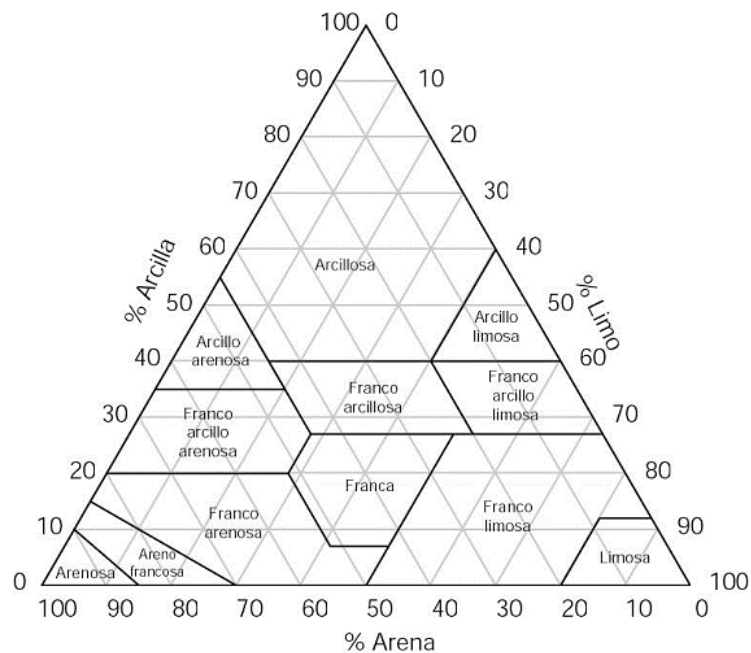
Parámetro	Resultado
pH	8,26
Conductividad (25°C)	0,10 dS/m
Nitrógeno total	0,05 %
Materia Orgánica	0,42 %
Fósforo asimilable	6,02 p.p.m
Potasio de cambio	0,38 meq/100 g
Carbonatos totales	9,6 %
Caliza activa	2,27 %
Textura	Arena 68,4 % Limo 10,8 % Arcilla 20,8 %

Tabla 2: Resultados análisis de suelo 30-60cm

1.2. TEXTURA

Las diferentes clases de texturas se determinan según el contenido de las distintas fracciones. El siguiente triángulo de texturas, muestra las diferentes clases de textura según el criterio de USDA.

Imagen 1. Diagrama textural USDA



Con los datos de arena, arcilla y limo se interpreta el diagrama textural y se obtiene un suelo **FRANCO-ARENOSO**.

1.3. pH

pH	Clasificación
< 4,5	Extremadamente ácido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6,0	Medianamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Medianamente básico
7,9 – 8,4	Moderadamente básico
8,5 – 9,0	Ligeramente alcalino
9,1 – 10,0	Alcalino
> 10,0	Fuertemente alcalino

Tabla 3: Clasificación del suelo según el pH. Fuente: Rioja Molina, A. (2.002), Fitotecnia General

Para un pH de 8,33 y 8,26 se trataría de un suelo **moderadamente básico**.

1.4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

CE (mmhos/cm)	Influencia sobre los cultivos
< 0,35 Inapreciable	(todos los cultivos la soportan)
0,35 – 0,65 Ligera	(afecta a cultivos muy sensibles)
0,65 – 1,15	Media (tomar precauciones con cultivos sensibles)
> 1,15 Intensa	(sólo deben cultivarse especies resistentes)

Tabla 4: Influencia de la conductividad eléctrica del suelo en los cultivos

La conductividad a 25°C es de 0,12 dS/m y 0,10 dS/m por lo que la influencia sobre los cultivos, en este caso el almendro, es **inapreciable**.

1.5. MATERIA ORGÁNICA

Para su clasificación se ha seguido el método de Walkley –Black (1934).

Materia orgánica (%)	Nivel
< 0,9	Muy bajo
1,0 – 1,9	Bajo
2,0 – 2,5	Normal
2,6 – 3,5	Alto
> 3,6	Muy alto

Tabla 5: Niveles de materia orgánica en el suelo. Fuente: Rioja Molina, A. (2.002), Fitotecnia General

El suelo tiene un 0,56% y 0,42% de materia orgánica por lo que el **nivel es muy bajo**.

1.6. CARBONATOS

Carbonatos (%)	Nivel
0 - 5	Muy bajo
5 - 10	Bajo
10 - 20	Normal
20 - 40	Alto
> 40	Muy alto

Tabla 6: Niveles de carbonatos en el suelo. Fuente: Rioja Molina, A. (2.002), Fitotecnia General

La cantidad de carbonatos totales es de 13,5% y 9,6% por lo que su **nivel es normal y bajo** respectivamente.

1.7 FÓSFORO ASIMILABLE

mg/Kg. de fósforo asimilable	Nivel
0 - 6	Muy bajo
6 - 12	Bajo
12 - 18	Normal
18 - 30	Alto
> 30	Muy alto

Tabla 7: Niveles de fósforo asimilable. Fuente: Rioja Molina, A. (2.002), Fitotecnia General

Según el método Olsen, el suelo tiene 8,24 mg/kg y 6,02 mg/kg de fosforo asimilable, lo que representa un **nivel bajo**.

1.8 POTASIO DE CAMBIO

Potasio de cambio (meq/100 g)	Nivel
0,00 - 0,30	Muy bajo
0,30 - 0,60	Bajo
0,60 - 0,90	Normal
0,90 - 1,50	Alto
1,50 - 2,40	Muy alto

Tabla 8: Niveles de potasio de cambio. Fuente: Rioja Molina, A. (2.002), Fitotecnia General

El suelo tiene 0,47 meq/100 g y 0,38 meq/100 g, es decir, un **nivel bajo de potasio**.

1.9 CALIZA ACTIVA

Caliza activa (%)	Nivel
<6	Bajo
6-9	Medio
>9	Alto

Tabla 9: Niveles de caliza activa en el suelo. Fuente: Marín García. M. L.

El suelo tiene un porcentaje del 6,82% y 2,27%, lo que corresponde a un **nivel medio y bajo de caliza activa**.

2. CONCLUSIÓN

El almendro es un árbol que se adapta muy bien a suelos profundos y con cierta pedregosidad, pero lo que no tolera son suelos muy arcillosos y con tendencia al encharcamiento.

Por lo que al tratarse de un suelo con textura Franco-Arenosa no tendrá ningún tipo de problema.

El almendro requiere suelos alcalinos o neutros, pudiéndose adaptar a suelos con pH 6,5 o incluso 5,5 aunque realizando enmiendas para subir el pH. No es adecuado realizar plantaciones en suelos con pH menor de 5,5. (Domingo M.Salazar 2002).

La parcela en estudio tiene un pH moderadamente básico (8,33-8,26), por lo que este factor es aceptable para nuestra plantación.

El almendro se considera una especie sensible a la salinidad ya que sólo soporta hasta 1g/l de ClNa en el extracto del suelo (Gil-Albert, 1998).

El suelo de la parcela no tiene problemas de salinidad.

La cantidad de materia orgánica (0,56% y 0,42%) está muy por debajo del 2-3% que se recomienda en plantaciones de este tipo, por lo que será necesario un aporte de estiércol bien descompuesto.

En preplantación será necesario aportar estiércol para elevar el nivel de materia orgánica en el suelo. Para aumentar un 1% la materia orgánica en el suelo es necesario aplicar aproximadamente 30t/ha de estiércol (García-Serrano,P, y Ruano,S, 2010).

Los niveles de fósforo y potasio en el suelo son muy bajos. Será necesario un abonado de restitución antes de realizar la plantación.

En el programa de fertilización se detallarán los tipos de abono y estiércol a aplicar.

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

ANEJO VI: ANÁLISIS DEL AGUA

ÍNDICE ANEJO VI

ANÁLISIS DEL AGUA

1. RESULTADO DEL ANALISIS DEL AGUA DE RIEGO.....	1
2. INDICES DE PRIMER GRADO.....	2
2.1. Ph.....	2
2.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	3
2.2.1. RIESGO DE SALINIZACIÓN.....	3
2.2.2. CONTENIDO TOTAL DE SALES.....	3
2.2.3. PRESIÓN OSMÓTICA.....	4
2.3. IONES.....	4
2.3.1. CLORUROS.....	4
2.3.2. NITRATOS.....	4
2.3.3. SULFATOS.....	5
2.3.4. CALCIO.....	5
2.3.5. SODIO.....	5
2.3.6. POTASIO.....	5
2.3.7. MAGNESIO.....	6
3. ÍNDICES DE SEGUNDO GRADO.....	6
3.1. RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO.....	6
3.1.1. RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO CORREGIDO.....	7
3.2. RELACIÓN DE CALCIO O ÍNDICE DE KELLY.....	9
3.3. RELACIÓN DE SODIO.....	9
3.4. CARBONATO SÓDICO RESIDUAL O ÍNDICE DE EATON.....	10
3.5. COEFICIENTE ALCALIMÉTRICO O ÍNDICE DE SCOTT.....	10
3.6. DUREZA DEL AGUA.....	12
4. CLASIFICACIÓN DEL AGUA.....	13
4.1. NORMA DE RIVERSIDE.....	13
4.2. NORMAS DE H. GREENE (FAO).....	15
4.3. NORMAS WILCOX.....	16
4.4. CLASIFICACIÓN SEGÚN PERMEABILIDAD DEL SUELO.....	17

5. RIESGO DE OBSTRUCCIONES.....	19
5.1. INDICE DE SATURACION DE LANGELIER.....	20
6. CONCLUSIONES.....	26

ANÁLISIS DEL AGUA

1. RESULTADO DEL ANALISIS DEL AGUA DE RIEGO

Para la parcela en la cual se va a instalar el regadío, se usarán aguas procedentes del canal del Cinca, el cual parte de la presa del Grado.

El agua utilizada para regar la parcela objeto del proyecto llega por una tubería subterránea a presión abastecida por una balsa de captación.

Los datos utilizados son del día 9 de junio de 2008 y han sido suministrados por la Confederación Hidrográfica del Ebro.

A continuación se reflejan los resultados de este análisis:

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH		8,4
Conductividad (CE)	$\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C	269,0
Oxígeno disuelto	mg/L O ₂	9,9
Oxígeno disuelto (%sat)	% sat.	97,3
Sólidos en suspensión	mg/L	4,0
Dureza total	mg/L CO ₃ Ca	155,1
	mg/l	meq/l
Carbonatos CO ₃ ⁻	7,40	0,12
Bicarbonatos CO ₃ H ⁻	147,70	2,42
Calcio Ca ²⁺	52,60	2,62
Magnesio Mg ²⁺	7,10	0,58
Sodio Na ⁺	3,70	0,16
Cloruros Cl ⁻	3,70	0,10
Sulfatos SO ₄ ²⁻	24,50	0,51
Nitratos NO ₃ ⁻	1,00	0,02
Potasio K ⁺	Inapreciable	Inapreciable

Tabla 1. Resultados del análisis de agua.

La conductividad eléctrica (CE) varía con la temperatura. Conviene expresarla a 25°C y no a 20°C como nos muestra el análisis, por lo que se debe multiplicar por un factor f_t para transformarla en CE_{25} .

$$CE_{25} = CE_{20} \cdot f_t$$

$$CE_{25} = CE_{20} \cdot 1,112$$

$$CE_{25} = 269 \cdot 1,112$$

$$CE_{25} = 299,128 \mu S / cm = 0,299 dS / m$$

2. INDICES DE PRIMER GRADO

2.1. pH

La acidez es una de las propiedades de mayor importancia en el agua, y tenemos el pH como indicador de esta. Viene determinado por el número de iones libres de hidrógeno que se encuentran presentes en dicha sustancia, iones H^+ .

Tendremos en cuenta la siguiente escala para asignar el índice de acidez de nuestra agua:

Muy ácida	pH<5,5
Ácida	5,6-6,5
Neutra	6,6-7,5
Alcalina	7,6-8,5
Muy alcalina	pH>8,5

Tabla 2. Índice de acidez del agua.

El pH del agua analizada es de 8,4. Se trata de un agua alcalina apropiada para el riego.

2.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

2.2.1. RIESGO DE SALINIZACIÓN

El riesgo de salinización se evalúa mediante la determinación de la conductividad eléctrica del agua (CE) y afecta directamente a la disponibilidad de agua por parte del cultivo.

Según Urbano Terron P, (1995): Ayers y Westcot (1976) para los problemas de salinización, utilizando la conductividad eléctrica (CE) del agua, proponen la siguiente escala:

$CE \leq 0,7 \text{ dS/m}$: no hay problema

$0,7 < CE \leq 3.0 \text{ dS/m}$: problema creciente

$CE > 3.0 \text{ dS/m}$: problema grave

El valor de nuestra $CE = 0,299 \text{ dS/m}$, **no hay problema de salinidad.**

2.2.2. CONTENIDO TOTAL DE SALES

El contenido total de sales (ST) y la conductividad eléctrica (CE) están relacionadas mediante la siguiente expresión:

$$ST = 0,64 \cdot CE \quad \text{donde:}$$

- ST es el contenido total de sales expresada en g/l
- CE es la conductividad eléctrica expresada en dS/m

$$ST = 0,64 \cdot 0,299$$

$$ST = 0,19 \text{ g/l}$$

2.2.3. PRESIÓN OSMÓTICA

La presión osmótica (Po) y la conductividad eléctrica (CE) están relacionadas mediante la siguiente expresión:

$$Po = 0,36 \cdot CE \quad \text{donde:}$$

- Po es la presión osmótica expresada en atm
- CE es la conductividad eléctrica expresada en dS/m

$$Po = 0,36 \cdot 0,299$$

$$Po = 0,11 \text{ atm}$$

2.3. IONES

2.3.1. CLORUROS

La presencia de cloruros en las aguas de riego puede provocar clorosis en las hojas, sobre todo en las más iluminadas, pudiendo aparecer necrosis en los bordes.

Con contenidos mayores a 3 meq/l pueden aparecer problemas. El agua analizada tiene una concentración de cloruros de 0,10 meq/l, por lo que no habrá problemas.

Otros autores señalan en 0,5 g/l la concentración máxima de cloruros. En el agua analizada hay 0,00370 g/l, **no habrá problemas.**

2.3.1. NITRATOS

En el análisis del agua que queremos emplear se aprecia una concentración de nitratos de 1 mg/l. Como $1 \text{ mg/L} < 5 \text{ mg/L}$ (tabla FAO), **no hay restricciones de uso** y se considera un agua apta para el riego.

2.3.3. SULFATOS

Su presencia puede provocar problemas de corrosión de las conducciones si éstas están fabricadas de hormigón. No suele dar problemas ni a las plantas ni a los sistemas de riego por goteo.

El contenido en sulfatos del agua analizada es de 0,51 meq/l, que es una baja concentración la cual **no ocasionará problemas**.

2.3.4. CALCIO

El calcio puede ocasionar la precipitación y la obstrucción de los goteros. Por el contrario, se trata de un elemento muy importante para la correcta formación del complejo arcillo-húmico.

El agua analizada contiene 2,62 meq/l, lo que supone una baja concentración que **no causará problemas** en las plantas.

2.3.5. SODIO

Es el causante de la destrucción de la estructura del suelo. También puede provocar toxicidades en el cultivo. El contenido aconsejable no debe superar los 0,2-0,3 g/l.

En el agua analizada la concentración de sodio es 0,16 meq/l lo que equivale a 0,0037 g/l, por lo que este valor **no causará problemas**.

2.3.6. POTASIO

La cantidad de potasio que presenta el agua analizada es inapreciable según los análisis, por lo que **no causará problemas** ni en las plantas ni en el sistema de riego por goteo.

2.3.7. MAGNESIO

El aporte de magnesio mediante el agua de riego es de 7,10 mg/l, el cual será beneficioso para las plantas de almendro.

3. ÍNDICES DE SEGUNDO GRADO

Estos índices pretenden determinar los riesgos que el efecto de dos o más sustancias presentes en el agua puede ocasionar sobre el cultivo o la instalación de riego.

Se pondrá especial interés en la interpretación entre el calcio y el sodio.

3.1. RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO

La relación de adsorción de sodio (RAS) es un parámetro que representa la posible influencia del ión sodio, presente en el agua de riego, sobre el suelo.

Una elevada proporción relativa de sodio respecto a los iones calcio y magnesio en el agua de riego puede producir cambios de estos iones por los de sodio en los suelos, provocando la degradación del mismo con la consiguiente pérdida de estructura y permeabilidad.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

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

donde los cationes se expresan en meq/l

Cuando al analizar un agua se encuentran valores del RAS superiores a 10, se puede decir que es alcalinizante, siendo mayor este riesgo cuanto mayor sea aquel valor.

Sustituyendo los valores en la expresión, se obtiene:

$$RAS \frac{0,16}{\sqrt{\frac{2,62 + 0,58}{2}}} = 0,13$$

Según este índice, es un **agua con muy escaso poder de alcalinización**.

3.1.1. RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO CORREGIDO

El contenido de calcio (Ca^{2+}) sufre modificaciones después del riego, por lo que se necesita considerarlas mediante el RAS corregido.

Las variaciones se muestran en aumentos de concentración cuando se disuelven minerales de calcio, o disminuciones al precipitar carbonato cálcico (CaCO_3).

El RAS corregido tiene en cuenta los efectos del dióxido de carbono (CO_2), ya que favorece la disolución de calcio. También tiene en cuenta la conductividad eléctrica (CE_{25}) y el efecto de los bicarbonatos (HCO_3^-), que favorecen la precipitación.

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

donde:

Ca^{2+} es la concentración final de calcio que permanece en la disolución del suelo medido en meq/l. Se trata de un valor tabulado.

HCO ₃ /Ca	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	13,92	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 3. Concentración final de calcio (Cax²⁺) en meq/l (Mujeriego, 1990)

En la obtención de Cax²⁺ intervienen los siguientes factores:

- Relación entre bicarbonatos y calcio expresado en meq/l mediante la siguiente expresión: $\text{HCO}_3^- / \text{Ca} = 2,42 / 2,62 = 0,92$
- Conductividad eléctrica (CE₂₅) = 0,299 dS/m

Con estos valores se entra en la tabla 3 y tras una interpolación se obtiene el valor de Cax²⁺ = 2,02 meq/l

La ecuación de RAS corregido queda de la siguiente manera:

$$RAS_{\text{corregido}} = \frac{0,16}{\sqrt{\frac{2,02 + 0,58}{2}}} = 0,14$$

3.2. RELACIÓN DE CALCIO O ÍNDICE DE KELLY

Se emplea para determinar el riesgo de alcalinización, junto con el Índice de Eaton. Para su determinación se utilizará la siguiente expresión.

$$IK = [Ca^{2+}] / ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [Na^+] + [K^+]) * 100$$

$$IK = (2,62 / 2,62+0,58+0,16+0) * 100 = \mathbf{77,97\%}$$

ÍNDICE DE KELLY	CALIDAD DEL AGUA
< 35 %	Mala
35 %	Dudosa
> 35 %	Buena

Tabla 4. Índice de Kelly.

Según el Índice de Kelly, aquellas aguas que tengan un valor por encima del 35% serán aptas para el riego. El agua analizada tiene un porcentaje del 77,97 %, por lo que será de **buena calidad**.

3.3. RELACIÓN DE SODIO

Este parámetro también sirve para ver el riesgo de alcalinización mediante la relación de cationes sodio, magnesio y calcio. Se emplea el sodio como indicador en la siguiente ecuación:

$$RNa^+ = [Na^+] / ([Na^+] + [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]) * 100$$

$$RNa^+ = (0,16 / 0,16+2,62+0,58) * 100 = \mathbf{4,76\%}$$

El porcentaje de soluble de sodio es válido, por lo que el agua es **buena para el riego**.

3.4. CARBONATO SÓDICO RESIDUAL O ÍNDICE DE EATON

Este índice nos ayuda a conocer la acción degradante del agua sobre las plantas y el suelo. Para su cálculo se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{C.S.R.} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

En esta ecuación los iones se expresan en meq/l

Según el valor de C.S.R., las aguas son:

CSR (meq/L)	Agua de riego
< 1,25	Recomendables
1,25 – 2,50	Poco recomendables
> 2,50	No recomendables

Tabla 5. Clasificación de las aguas según el índice C.S.R.

Sustituyendo los valores de las concentraciones de los iones se obtiene un valor de:

$$\text{C.S.R.} = (0,12 + 2,42) - (2,62 + 0,58)$$

$$\text{C.S.R.} = -0,66 \text{ meq/l}$$

Según el Índice de Eaton, **agua es recomendable para el riego.**

3.5. COEFICIENTE ALCALIMÉTRICO O ÍNDICE DE SCOTT

Este índice determina la calidad agronómica que tiene el agua que se desea emplear para regar. Se muestra en función de las concentraciones entre ión cloruro, sulfato y sodio.

El coeficiente alcalimétrico evalúa la toxicidad que pueden producir las diferentes concentraciones de los cloruros y sulfatos aportados en el agua de riego, y que permanecen en el suelo tras formar cloruro y sulfato de sodio.

El cálculo del coeficiente viene determinado por tres axiomas. Se deduce a partir de la expresión:

$[Na^+] - 0,65 * [Cl^-]$, las concentraciones expresadas en mg/l

1º) Hay en el agua más cloruro del que se necesitaría para, compensado con todos los iones sodio, producir la sal de cloruro sódico. Esto se expresa de la siguiente forma:

Si $[Na^+] - 0,65 * [Cl^-] \leq 0$, se aplica la expresión:

$$K = 2049 / [Cl^-]$$

$3,70 - 0,65 * 3,70 = 1,295 > 0$ **no cumple** el primer axioma.

2º) Si $0 < [Na^+] - 0,65 * [Cl^-] < 0,48 * [SO_4^{2-}]$, se aplica:

$$K = 6620 / [Na^+] + 2,6 * [Cl^-]$$

$$0 < 3,70 - 0,65 * 3,70 < 0,48 * 24,50$$

$0 < 1,2995 < 11,76$ **cumple** el segundo axioma.

3º) Si $0 < [Na^+] - 0,65 * [Cl^-] > 0,48 * [SO_4^{2-}]$, se aplica:

$$K = 662 / [Na^+] - 0,32 * [Cl^-] - 0,48 * [SO_4^{2-}]$$

$0 < 1,2995 < 11,76$ **no cumple** el tercer axioma.

Por lo tanto, el valor de K se calculará mediante la fórmula del segundo axioma:

$$K = 6620 / [Na^+] + 2,6 * [Cl^-]$$

$$K = 6620 / 3,70 + 2,6 * 3,70 = \mathbf{662}$$

Según Urbano Terrón P. (1995), la clasificación de Stabler caracteriza los siguientes tipos de agua:

$K \geq 18$	Agua buena. No es necesario tomar precauciones.
$6 \leq K < 18$	Agua tolerable. Emplearla con precauciones.
$1,2 \leq K < 6$	Agua peligrosa. Solo en suelos con buen drenaje.
$K = 1,2$	Agua no utilizable.

El agua analizada tiene un valor de $K = 662$, mayor que 18, por lo que se trata de un **agua buena** y se puede utilizar sin tomar precauciones.

3.6. DUREZA DEL AGUA

El cálculo de la dureza del agua, expresada en grados franceses, se realiza aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Dureza} = \frac{(Ca^{2+} \times 2,5) + (Mg^{2+} \times 4,2)}{10}$$

donde las concentraciones de los cationes se expresan en mg/l

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$\text{Dureza} = \frac{(52,60 \times 2,5) + (7,10 \times 4,2)}{10} = 16,13^\circ \text{ Franceses}$$

En la siguiente tabla se interpretan los valores resultados de dureza:

Tipo de agua	Grados hidrométricos franceses(°F)
Muy dulce	< 7
Dulce	7-14
Medianamente dulce	14-22
Medianamente dura	22-32
Dura	32-54
Muy dura	> 54

Tabla 6. Clasificación del agua en función de °F (Ros Orta.S, 2001)

El valor obtenido en el agua analizada es de 16,13°F, por lo que se trata de un **agua medianamente dulce**, por lo que no presentará problemas.

4. CLASIFICACIÓN DEL AGUA

4.1. NORMA DE RIVERSIDE

Establece la clase de agua en función del riesgo de salinización y alcalinización, mediante los valores obtenidos de conductividad eléctrica (CE) y relación de adsorción de sodio (RAS).

Se establecen categorías de clases de agua nombradas con la letra C (que hace referencia al riesgo de salinidad) y S (que hace referencia al riesgo de fitotoxicidad por sodio).

Cuanto mayor es el subíndice que acompaña a las letras C y S, existirá un mayor riesgo.

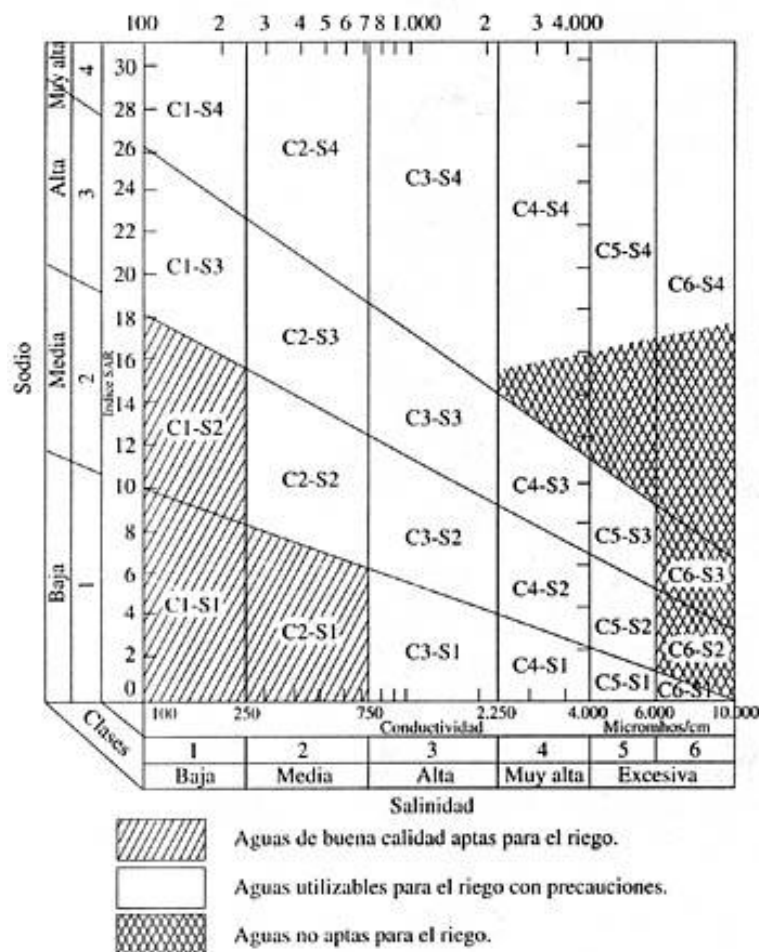


Gráfico 1: Diagrama para clasificar las aguas de riego según el U.S. Salinity Laboratory Staff (1954). Urbano Terron P, (1995)

Con los datos de CE (micromho/cm) = 299 y R.A.S. = 0,13, se obtiene un agua correspondiente al tipo **C₂-S₁** que indica **riesgo medio de salinización del suelo y bajo de alcalinización** (incorporación de sodio al complejo adsorbente del suelo). El agua es de buena calidad y apta para el riego.

Estas normas sobrevaloran la salinidad y asignan un riesgo de sodicidad creciente a medida que se incrementa la salinidad.

4.2. NORMAS DE H. GREENE (FAO)

El diagrama que elaboró H. Greene permite conocer la calidad del agua de riego tomando como base la concentración total de sales expresadas en meq/l con relación al porcentaje de sodio (este porcentaje se calcula respecto al contenido total de cationes expresados en meq/l).

Este indicador no es tan estricto como el de Riverside, por lo que si el resultado obtenido nos indica que el agua es buena no se tendrá la total certeza de que lo es, pero en caso de indicar lo contrario, habrá que desaconsejar su uso.

En el caso del agua estudiada se obtiene:

$$[\text{Na}^+] * 100 / \sum [\text{Cationes}] \quad \text{en meq/l}$$

$$0,16 * 100 / 2,62+0,58+0,16+0 = \mathbf{4,76\%}$$

$$\text{Sales (meq/l)} = \sum [\text{Cationes}] + \sum [\text{Aniones}]$$

$$\text{Sales (meq/l)} = 3,36 + 3,05 = \mathbf{6,41 \text{ meq/l}}$$

Con estos valores y consultando el gráfico 2 se obtiene un **agua de buena calidad** para el riego.

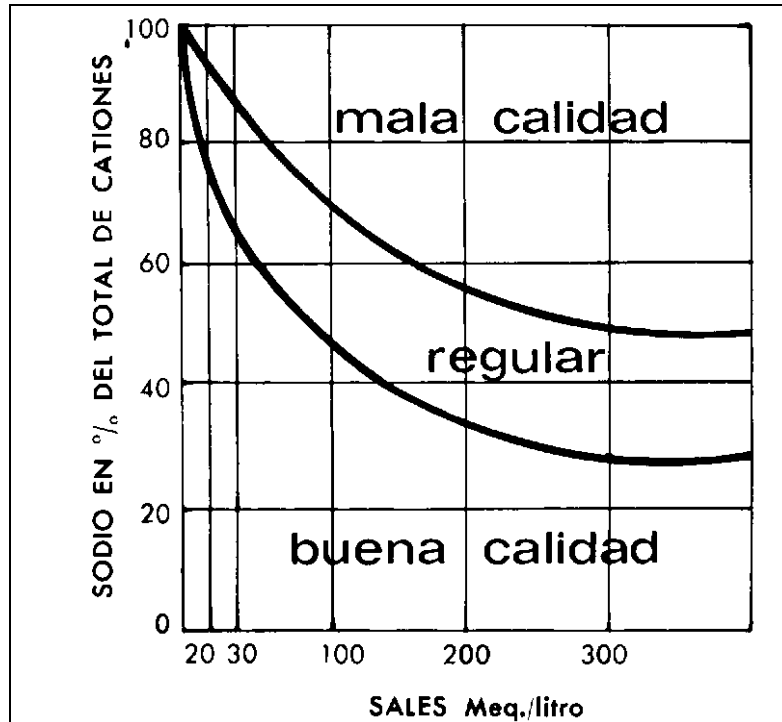


Gráfico 2: Diagrama para la interpretación del valor de un agua de riego (H. greene, F.A.O.)

4.3. NORMAS WILCOX

Para la clasificación del agua utiliza el porcentaje de sodio con respecto al de cationes y la conductividad eléctrica.

El porcentaje de sodio se ha calculado anteriormente y es de 4,76% y la conductividad eléctrica (CE) del agua analizada es de 0,299 dS/m (299 micromhos/cm a 25°C).

Con estos datos podemos clasificar el agua según Wicox en el siguiente diagrama representado en el gráfico 3.

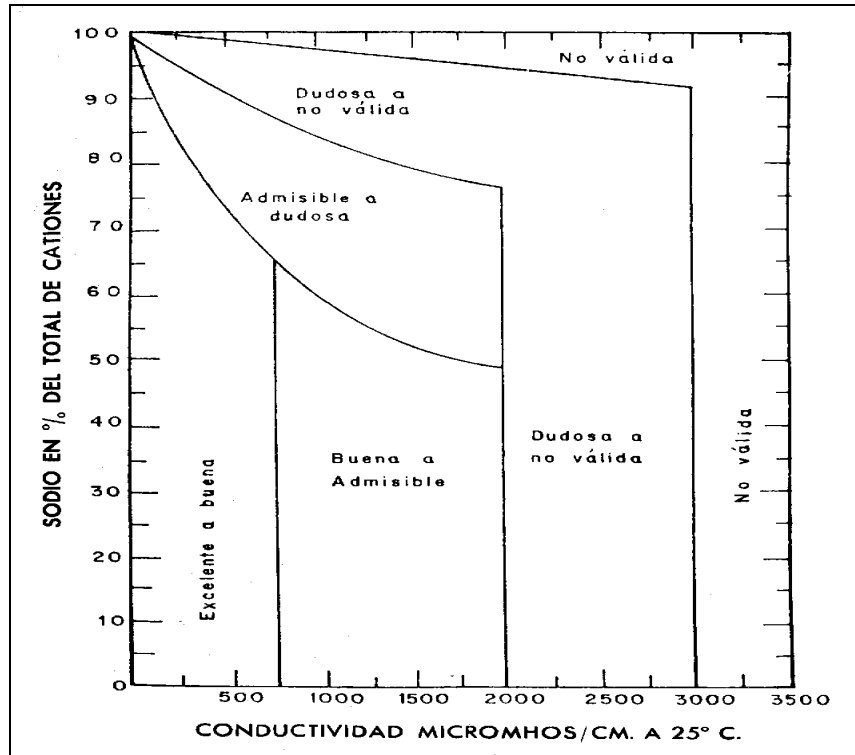


Gráfico 3: Normas de L. V. Wilcox. Diagrama para la interpretación del valor de un agua de riego. (Adaptado de "The Quality of Water for Irrigation USE", USDA)

Según este diagrama se obtiene un **agua de riego de excelente a buena**.

4.4. CLASIFICACIÓN SEGÚN PERMEABILIDAD DEL SUELO

Este índice toma como parámetros para la calificación del agua de riego la conductividad eléctrica y el RAS, además de la permeabilidad del suelo.

El suelo se contempla como permeable a efectos de interpretación de los siguientes gráficos.

$$\text{RAS} = 0,13$$

$$\text{C.E.} = 0,299 \text{ dS/m}$$

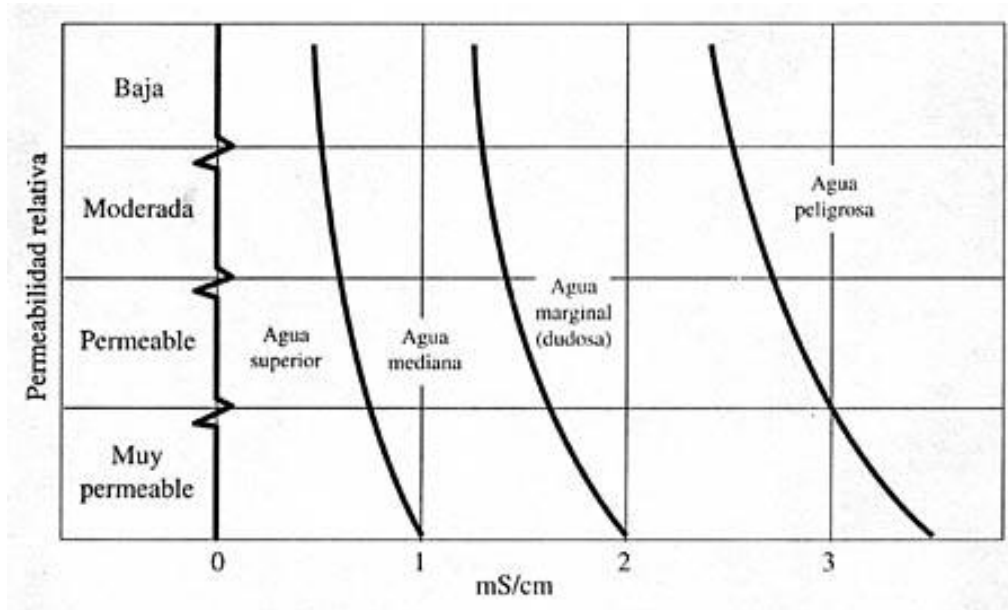


Gráfico 4: Clasificación de las aguas de riego basadas en la CE (Cánovas 1986)

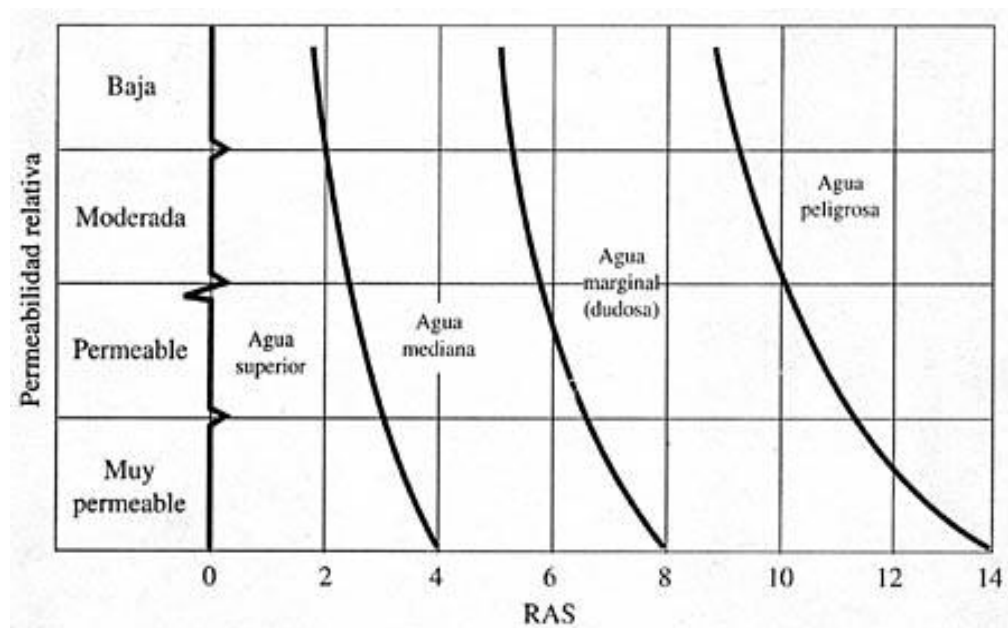


Gráfico 5: Clasificación de las aguas de riego basadas en RAS (Cánovas, 1986)

El agua analizada es de **buena calidad**, según estos diagramas, y se podrá utilizar para el riego.

5. RIESGO DE OBSTRUCCIONES

Los emisores pueden obstruirse, siendo este un problema muy grave en el riego localizado de alta frecuencia (RLAF). Pueden deberse a tres causas con distinto origen:

- ▶ De tipo físico: provocadas por arenas o limos.
- ▶ De tipo biológico: provocadas por algas o elementos bacterianos
- ▶ De tipo químico: provocadas por la precipitación de fertilizantes o carbonatos.

En la siguiente tabla se exponen una serie de valores orientativos de diferentes parámetros causantes de obstrucciones:

Tipo de problema	Riesgo reducido	Riesgo medio	Riesgo alto
FÍSICO			
Sólidos	< 50	50-100	> 100
QUÍMICO			
pH	< 7,0	7,0-8,0	> 8,0
Sólidos disueltos (ppm)	< 500	500-2000	> 2000
Mn (ppm)	< 0,1	0,1-1,5	> 1,5
Fe (ppm)	< 0,1	0,1-1,5	> 1,5
H ₂ S (ppm)	< 0,1	0,5-2,0	> 2,0
BIOLÓGICO			
Población bacteriana (n.º/cm ³)	< 10000	10000-50000	> 50000

Tabla 7. Riesgo potencial de obturaciones por el agua de riego (Pizarro, 1996)

En los casos de riesgo reducido, significa que existe una solución económicamente viable.

En los casos de riesgo medio y alto, sería necesario realizar algún tipo de ensayo para determinar el coste de las soluciones y su viabilidad.

El manganeso produce problemas de toxicidad en concentraciones menores a las que indica la tabla para que exista un riesgo alto de obstrucción.

Las partículas sólidas en suspensión, en nuestro caso 4 mg/l, son eliminadas mediante los filtros.

5.1. INDICE DE SATURACION DE LANGELIER

Mediante el índice de saturación de Langelier (IL) se valora el riesgo de precipitación del calcio.

Según este índice, el carbonato cálcico precipita al alcanzar su límite de saturación en presencia del bicarbonato.

La siguiente fórmula define en Índice de Langelier:

$$IL = pH \text{ real} - pH_c \quad \text{donde}$$

- ▶ IL es el índice de saturación de Langelier
- ▶ pH_{real} es el pH de la muestra de agua en %
- ▶ pH_c es un valor teórico que se obtiene mediante una tabla

$$pH_c = X + Y + Z \quad \text{donde:}$$

- ▶ X se calcula en función de la concentración de $Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+$
- ▶ Y se calcula en función de la concentración de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$
- ▶ Z se calcula en función de la concentración de $CO_3^{2-} + CO_3H^-$

IL	Riesgo
Negativo	Ninguno
0	Pequeño
0-0.5	Medio
0.5-1	Alto
>1	Muy alto

Tabla 8. Riesgo de obstrucción según Langelier

Se calculan los valores de X, Y, Z, siendo necesario calcular en primer lugar la suma de las concentraciones que se detallan a continuación:

- Concentración de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ = 2,62 + 0,58 + 0,16 = 3,36$
- Concentración de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = 2,62 + 0,58 = 3,20$
- Concentración de $\text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_3\text{H}^- = 0,12 + 2,42 = 2,54$

Con estos valores se entra en la siguiente tabla y se obtiene:

$$X = 2,2 \quad Y = 2,8 \quad Z = 2,6$$

<i>Suma de concentraciones meq/l</i>				
$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+$		X		
$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$		Y		
$\text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_3\text{H}^-$		Z		
0,05	2,0	4,6	4,3	
0,10	2,0	4,3	4,0	
0,15	2,0	4,1	3,8	
0,20	2,0	4,0	3,7	
0,25	2,0	3,9	3,6	
0,30	2,0	3,8	3,5	
0,40	2,0	3,7	3,4	
0,50	2,1	3,6	3,3	
0,75	2,1	3,4	3,1	
1,00	2,1	3,3	3,0	
1,25	2,1	3,2	2,9	
1,5	2,1	3,1	2,8	
2,0	2,2	3,0	2,7	
2,5	2,2	2,9	2,6	
3,0	2,2	2,8	2,5	
4,0	2,2	2,7	2,4	
5,0	2,2	2,6	2,3	
6,0	2,2	2,5	2,2	
8,0	2,3	2,4	2,1	
10,0	2,3	2,3	2,0	
12,5	2,3	2,2	1,9	
15,0	2,3	2,1	1,8	
20,0	2,4	2,0	1,7	
30,0	2,4	1,8	1,5	
50,0	2,5	1,6	1,3	
80,0	2,5	1,4	1,1	

Tabla 9. Valores de X, Y, Z en función de las concentraciones

Por lo que: $\text{pHc} = 2,2 + 2,8 + 2,6 = 7,6$

$$\text{IL} = 8,4 - 7,6$$

$\text{IL} = 0,8$ que corresponde con un **riesgo alto** de obstrucción (según tabla 8).

6. CONCLUSIONES

Después de analizar los distintos índices, se puede hacer una valoración global del agua de riego.

Los índices de primer grado nos indican que el agua es apta para el riego, al igual que los índices de segundo grado nos indican que se trata de un agua de buena calidad.

Por lo tanto el agua analizada no será un factor limitante para el cultivo de almendros en las parcelas objeto del proyecto.

El único aspecto a tener en cuenta será el riesgo alto de obstrucciones debido a la precipitación del calcio, tal y como nos indica el índice de saturación de Langelier.

El pH elevado del agua favorece la precipitación de sales. El agua que se utiliza para el riego en este proyecto tiene un $\text{pH} = 8,4$. Se intentará mantener el pH del agua próximo a 5,5 añadiendo un ácido. Los más habituales son los ácidos clorhídrico, sulfúrico y nítrico. El último tiene doble aptitud ya que sirve como abono.

También se limpiarán las conducciones de manera periódica, aplicando ácidos, dejándolos actuar unas doce horas y después lavando las tuberías con agua a máxima presión.

Estos procedimientos se detallan en el apartado de la fertirrigación.

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

ANEJO VII: MATERIAL VEGETAL Y DISPOSICIÓN

ÍNDICE ANEJO VII

MATERIAL VEGETAL Y DISPOSICIÓN

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ELECCIÓN DE LA VARIEDAD.....	1
2.1. INTRODUCCIÓN.....	1
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES.....	2
2.3. MATRIZ DE EFECTOS.....	10
2.3.1. FECHA DE FLORACIÓN.....	10
2.3.2. DURACIÓN DE LA FLORACIÓN.....	11
2.3.3. FERTILIDAD.....	12
2.3.4. VECERÍA.....	12
2.3.5. PORTE DEL ÁRBOL.....	12
2.3.6. TOLERANCIA A ENFERMEDADES.....	12
2.3.7. ÉPOCA DE MADURACIÓN.....	13
2.3.8. DESPRENDIMIENTO DEL FRUTO.....	13
2.3.9. CONSISTENCIA DE LA CÁSCARA.....	13
2.3.10. RENDIMIENTO.....	13
2.3.11. PORCENTAJE DE ALMENDRAS DOBLES.....	14
2.3.12. TOLERANCIA A HELADAS TARDÍAS.....	14
2.3.13. ADAPTACIÓN A LA ZONA.....	14
2.4. VARIEDAD “VAIRO”.....	16
2.4.1. ORIGEN DE LA VARIEDAD.....	16
2.4.2. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS.....	16
2.4.3. CARACTERÍSTICAS COMERCIALES.....	17
2.4.4. COMPOSICIÓN DEL GRANO.....	18
3. ELECCIÓN DE PORTAINJERTOS.....	19
3.1. INTRODUCCIÓN.....	19
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS PATRONES.....	19
3.2.1. CAPACIDAD DE PENETRAR.....	20
3.2.2. TOLERANCIA A LA SEQUÍA.....	20
3.2.3. TOLERANCIA AL ENCHARCAMIENTO.....	20

3.2.4. TOLERANCIA A LA SALINIDAD.....	21
3.2.5. HOMOGENEIDAD DE LAS PLANTAS.....	21
3.2.6. COMPATIBILIDAD CON EL INJERTO.....	22
3.2.7. CAPACIDAD PRODUCTIVA.....	22
3.3. TIPOS DE PORTAINJERTO.....	22
3.3.1. HÍBRIDOS ALMENDRO X MELOCOTONERO.....	22
3.3.2. FRANCO DE ALMENDRO.....	23
3.3.3. FRANCO DE MELOCOTONERO.....	23
3.3.4. CIRUELO.....	23
3.4. PORTAINJERTOS ELEGIDO.....	25
4. MARCO DE PLANTACIÓN.....	26
4.1. INTRODUCCIÓN.....	26
4.2. TIPOS DE MARCO DE PLANTACIÓN.....	26
4.3. ELECCIÓN DEL MARCO DE PLANTACIÓN.....	28
5. DENSIDAD DE PLANTACIÓN.....	28
5.1. INTRODUCCIÓN.....	28
5.2. ELECCIÓN DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN.....	29
6. ORIENTACIÓN DE LAS FILAS.....	30
6.1. INTRODUCCIÓN.....	30
6.2. ELECCIÓN DE LA ORIENTACIÓN.....	31

MATERIAL VEGETAL Y DISPOSICIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Para la realización de una plantación de almendros, se deben de tener en cuenta una serie de factores como son la variedad, el portainjertos, densidad de plantación y la orientación de las filas.

2. ELECCIÓN DE LA VARIEDAD

2.1. INTRODUCCIÓN

Disponer de un material vegetal de calidad y con una sanidad adecuada es un factor básico en el establecimiento de una nueva plantación.

Las variedades tradicionales poseen características destacables, pero también limitaciones importantes. Cabe destacar las variedades 'Marcona' y 'Desmayo Largueta', las más difundidas en España, producen frutos muy apreciados por el consumidor español, pero son de floración temprana (susceptibles a sufrir daños por heladas), exigentes en poda y sensibles a enfermedades.

En los años 90, el panorama varietal en España experimentó un gran cambio debido a la difusión de variedades obtenidas en los programas de mejora de Francia ('Ferraduel', 'Ferragnès', 'Lauranne', etc.) y España ('Guara', 'Antoñeta', 'Marta', 'Francolí', 'Glorieta', 'Masbovera', etc.). Estas variedades han supuesto avances muy importantes en el cultivo, al reducir o eliminar la incidencia de problemas importantes como daños por heladas, baja productividad o sensibilidad a enfermedades.

En los últimos años han aparecido nuevas variedades españolas con características destacables, que han empezado a difundirse con rapidez en las plantaciones españolas.

Entre estas cabe destacar 'Constantí', 'Marinada', 'Francolí', 'Tarraco' y 'Vairo' (IRTA), 'Belona', 'Soleta' y 'Mardía' (CITA) y 'Penta' y 'Tardona' (CEBAS-CSIC).

Estas nuevas variedades, la mayoría autofértiles y todas de floración tardía, son las que actualmente se están plantando en las parcelas de regadío.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES

• DESMAYO LARGUETA

Origen: España. Aragón o Cataluña.

Floración: Precoz. La más temprana tras las "comunes". Flor blanca con base rosada. Intensidad de floración media a abundante.

Vigor y porte del árbol: Medio, abierto y muy colgante, de aspecto llorón por lo que dificulta la poda.

Fruto: Cáscara semidura, forma elíptica con un rendimiento del 24-26%.

Maduración tardía.

Polinización: Necesita polinización cruzada. Se poliniza parcialmente con Marcona, Desmayo Rojo y Ramillete.

Producción: Alta en zonas adecuadas, ya que le afectan las heladas.

Observaciones: Poda de formación difícil. Grano de excelente calidad. Sensible a enfermedades como el fusicoccum.

• MARCONA

Origen: Levante de España.

Floración: Semi-temprana y muy abundante. Flor rosa pequeña.

Vigor y porte del árbol: Medio, con ramificación muy abundante.

Fruto: Cáscara dura, forma redondeada, granos simples y rendimientos del 24-27% y sin granos dobles. Maduración media.

Polinización: Necesita polinización cruzada. Las variedades polinizadoras deben determinarse en la zona. Normalmente con Desmayo rojo, Ramillete y Desmayo Largueta.

Producción: Muy buena en zonas adecuadas. No en zonas interiores donde le afectan mucho las heladas.

Observaciones: Poda costosa por su ramificación abundante. Es exigente en fertilizantes, humedad y prácticas culturales. Su pepita es de gran calidad comercial. Hay que tener en cuenta su gran sensibilidad a monilia y fusicoccum.

• GUARA

Origen: Procedente del "SIA"

Floración: Tardía, similar a Tuono, Ferragnes y Ferraduel. Flor de color blanco, de tamaño medio y muy alta densidad de floración.

Vigor y porte del árbol: Medio, porte medio y poco ramificado.

Fruto: Cáscara dura, de forma amigdaloides, con un rendimiento del 30-40% y con granos dobles. Es de maduración temprana.

Polinización: Autocompatible. También se poliniza cruzadamente con las de floración tardía.

Producción: Muy buena, por su fertilidad y una pronta entrada en producción.

Observaciones: Fácil de formar y podar. Sus pequeños frutos son resistentes al frío y por ello explica su regularidad de producción. Sensible a la mancha ocre y a la monilia.

• FERRAGNES

Origen: Francia. Cruzamiento de "Ai x Cristomorto."

Floración: tardía y abundante. Flor de color blanco.

Vigor y porte del árbol: De medio a bueno, porte erecto a medio, poco ramificado.

Fruto: Cáscara semidura, forma amigdaloides alargado con un rendimiento del 35-40% y sin granos dobles. Maduración media.

Polinización: Necesita polinización cruzada con variedades de floración tardía.

Producción: De rápida entrada en producción. Muy productiva y regular.

Observaciones: De fácil poda y formación. Es de las más productivas; aunque exigente en cuanto a la calidad del suelo. En muchos frutos la cáscara salta en dos capas al descascararlos, lo que entorpece esta operación. Sensible a fusicoccum y moteado.

• FERRADUEL

Origen: Francia. Cruzamiento de "Ai" x "Cristomorto"

Floración: Tardía y abundante. Flor de color blanco

Vigor y porte del árbol: Medio y porte medio y muy ramificado.

Fruto: Cáscara semidura, forma amigdaloides alargado con un rendimiento del 26-28% y sin granos dobles. Maduración tardía.

Polinización: Necesita polinización cruzada con variedades de floración tardía como Ferragnes, Guara y Tuono.

Producción: De rápida entrada en producción. Exigente en cuanto a suelo y humedad.

Observaciones: De fácil formación. Poda de fructificación laboriosa. Es bastante sensible a fusicoccum y tolerante a monilia.

• SOLETA

Origen: Cruzamiento de "Blanquerna" x "Belle d' Aurons".

Floración: Época de floración tardía, unos 2-3 días antes que "Guara".

Vigor y porte del árbol: Porte semi-abierto. Vigor medio

Fruto: Cáscara dura, de forma elíptica. Rendimiento de 27-35%

Polinización: Autocompatible.

Producción: Rápida entrada en producción. Muy productiva.

Observaciones: la poda de formación y fructificación es sencilla. Interesante por la calidad, por la respuesta de su pepita al tostado y por su época de maduración. Puede sustituir comercialmente a desmayo largueta, aunque en la actualidad se destina a “común”.

• **BELONA**

Origen: Cruzamiento de “Blanquerna” x “Belle d’ Aurons”.

Floración: Época de floración tardía, unos 2-3 días antes que “Guara”.

Vigor y porte del árbol: Porte semi-abierto. Vigor medio.

Fruto: Cáscara dura, de forma acorazonada. Rendimiento de 27-35%

Polinización: Autocompatible.

Producción: Rápida entrada en producción, productiva.

Observaciones: Ausencia de pepitas dobles. Muy buena calidad de grano. Puede sustituir comercialmente a marcona, aunque en la actualidad se destina a “común”.

• **MONCAYO**

Origen: Cruzamiento de “Tardive de la Verdier” x “Tuono”

Floración: Muy tardía. Flor de color blanco y tamaño mediano. Densidad de floración media.

Vigor y porte del árbol: De medio, poco ramificado y gran vigor.

Fruto: Cáscara dura, forma amigdaloides, con rendimiento del 25-28% y 10-20% de granos dobles. Maduración media.

Polinización: Necesita polinización cruzada con variedades de floración tardía.

Producción: De rápida entrada en producción. Muy productiva y regular.

Observaciones: De fácil poda y formación. Es de las más productivas; aunque exigente en cuanto a suelo. En muchos frutos la cáscara salta en dos capas al descascararlos, lo que entorpece esta operación. Sensible a fusicoccum y moteado.

• TUONO

Origen: Italia

Floración: tardía y abundante. Flor de color blanco, tamaño medio y a menudo agrupada de dos en dos.

Vigor y porte del árbol: Medio, de porte abierto, con brotes poco ramificados.

Fruto: Cáscara dura, forma amigdaloides con un rendimiento del 30-35% y con un 20-25% de granos dobles. Maduración temprana y de fácil recolección.

Polinización: Autocompatible. También se poliniza con todas las del grupo de floración tardía.

Producción: De rápida entrada en producción. Buena producción.

Observaciones: De fácil poda y formación. Sus frutos son de los más resistentes a las heladas. Sensible a enfermedades como chancro, moteado, abolladura, fusicoccum y antracnosis.

• DESMAYO ROJO

Origen: Aragón.

Floración: Intermedia, amplia. Flor rosada.

Vigor y porte del árbol: Medio, abierto colgante y ramificación media.

Fruto: Cáscara dura, forma acorazonada y rendimientos del 23-24% y sin granos dobles.

Polinización: Necesita polinización cruzada con variedades como Marcona y Desmayo Largueta.

Producción: Baja debido a su mala ubicación con altitudes generalmente superiores a los mil metros.

Observaciones: Variedad no vecera, de escasa importancia y en regresión.

• GLORIETA

Origen: Cruzamiento “Primorskiy” x “Cristomorto”, realizado en 1975 en Mas de Bover (Tarragona).

Floración: tardía. Similar a Constantí, Francolí y Vairo. Floración abundante.

Vigor y porte del árbol: Muy vigoroso. Le permite mantener un buen equilibrio entre la producción y el crecimiento vegetativo.

Fruto: Tamaño grande. Forma Elíptico-puntiagudo con un rendimiento del 29% y un 1,9% de granos dobles. Maduración media- tardía

Polinización: Necesita de polinización cruzada de variedades como Vairo, Francolí, Constantí, etc.

Producción: Alta- Muy Alta.

Observaciones: De fácil poda y formación. Tolerante a sequía y fruto de calidad.

• CONSTANTÍ

Origen: Cruzamiento “FGFD2” x “Polinización libre”, realizado en 1993 en Mas de Bover (Tarragona).

Floración: tardía. Similar a Guara y Glorieta. Floración abundante.

Vigor y porte del árbol: Vigoroso. Le permite mantener un buen equilibrio entre la producción y el crecimiento vegetativo.

Fruto: Tamaño medio. Forma redondeada con un rendimiento del 27% y un 1,1% de granos dobles.

Polinización: Autofértil. No necesita de polinización cruzada, aunque se ve favorecida si se combina con Vairo, Glorieta, Francolí, Guara.

Producción: Alta- Muy Alta.

Observaciones: De fácil poda y formación. Tolerante a mancha ocre y sensible a fusicoccum.

• **FRANCOLI**

Origen: Cruzamiento de “ Cristomorto” x “Tuono” realizado en 1976 en Mas de Bover (Tarragona).

Floración: Tardía. Densidad de floración abundante.

Vigor y porte del árbol: Vigoroso de porte medio. Alta densidad foliar.

Fruto: Tamaño grande. Forma semielíptica-puntiaguda con un rendimiento del 30% y un 3,7% de granos dobles. Cáscara dura.

Polinización: Autofértil. No necesita polinización cruzada, aunque se ve favorecida por la presencia de Vairo, Constantí, Guara.

Producción: De rápida entrada en producción. Muy productiva y regular.

Observaciones: De fácil poda y formación, y rápida entrada en producción. Exigente en calidad del suelo. En muchos frutos la cáscara salta en dos capas al descascararlos, lo que entorpece esta operación. Sensible a fusicoccum y monilia.

• **TARRACO**

Origen: Cruzamiento de “ FLTU18” x “Anxaneta” realizado en 1991 en Mas de Bover (Tarragona).

Floración: Muy tardía. Densidad de floración muy abundante. Duración media.

Vigor y porte del árbol: Vigor medio. Porte medio-erecto. Alta densidad foliar.

Fruto: Tamaño grande. Forma elíptica, con un rendimiento del 32% y un 0,1% de granos dobles (inapreciable). Cáscara dura.

Polinización: Necesita polinización cruzada con variedad Marinada, que tiene fecha de floración similar.

Producción: De rápida entrada en producción. Muy productiva y regular.

Observaciones: De fácil poda y formación, y rápida entrada en producción. Tolerante a fusicoccum y sensible a mancha ocre.

• **VAIRO**

Origen: Cruzamiento de "4-665" x "Lauranne" realizado en 1991 en Mas de Bover (Tarragona).

Floración: Tardía. Similar a Guara y Glorieta.

Vigor y porte del árbol: Muy vigoroso. Esta característica le permite mantener un buen equilibrio entre la producción y el crecimiento vegetativo.

Fruto: Tamaño medio. Forma acorazonada-amigdaloides, con un rendimiento del 29% y ausencia de almendras dobles. Cáscara dura.

Polinización: Autofértil. No necesita polinización cruzada, aunque se ve favorecida por la presencia de Francolí, Constantí, Guara.

Producción: De rápida entrada en producción. Muy productiva y regular.

Observaciones: De fácil poda y formación, y rápida entrada en producción. Excelente capacidad productiva. Tolerante a fusicoccum y a mancha ocre.

• **MARINADA**

Origen: Cruzamiento de "Lauranne" x "Glorieta" realizado en 1994 en Mas de Bover (Tarragona).

Floración: Muy tardía (posterior a Ferragnes).

Vigor y porte del árbol: Vigor medio. Suficiente para permitirle mantener un buen equilibrio entre la producción y el crecimiento vegetativo.

Fruto: Tamaño medio. Forma acorazonada, con un rendimiento del 31% y ausencia de almendras dobles. Cáscara dura.

Polinización: Autofértil. No necesita polinización cruzada, aunque se ve favorecida por la presencia de Tarraco, que tiene una fecha de floración similar.

Producción: De rápida entrada en producción y excelente capacidad productiva.

Observaciones: Tolerante a fusicoccum. Ideal para realizar plantaciones de marco más reducido que los habituales.

2.3. MATRIZ DE EFECTOS

La gran diversidad de variedades existentes en el mercado, se presenta como un problema a la hora de elegir cual es la variedad más adecuada a nuestra plantación.

El problema es de complicada solución pero de gran importancia, ya que condiciona en gran medida la producción obtenida y por lo tanto la rentabilidad del proyecto.

En la elección varietal es necesario conjurar las características de la variedad con la de la zona y con las condiciones en que va a desarrollarse el cultivo.

A continuación se realiza una matriz de efectos donde se valoran una serie de parámetros expuestos a continuación:

2.3.1. FECHA DE FLORACIÓN

Es una de las características más importantes. La incidencia de heladas tardías limita la rentabilidad del cultivo en muchas zonas, incluido el Somontano de Barbastro.

Las variedades de floración tardía tienen mayor probabilidad de cuajar en estas zonas predispuestas a heladas producidas muy tarde.

La época de floración puede ser diferente dependiendo de la zona donde se va a implantar la variedad.

A continuación se presenta un esquema con las fechas de floración de algunas variedades.

En la Imagen 1 se muestran las fechas de floración de las variedades más comunes y de alguna más nueva como Soleta y Belona.

En la Imagen 2 se aprecian las fechas de floración de las variedades obtenidas en Mas de Bover (Tarragona).

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº VII Material vegetal y disposición.

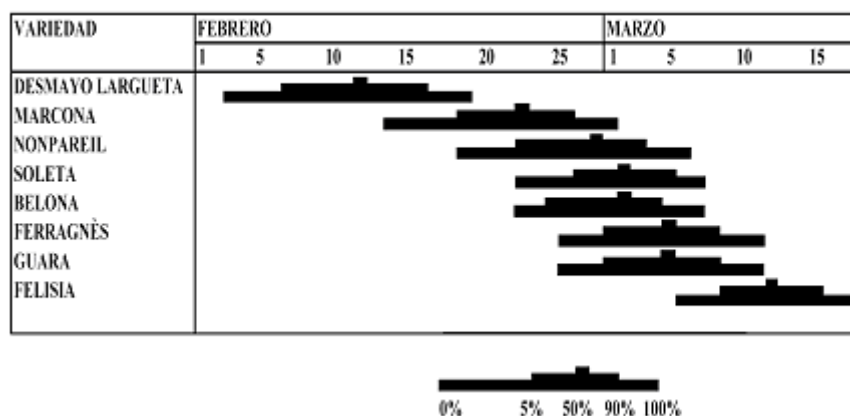


Imagen 1. Fechas medias de floración. (Datos CITA)

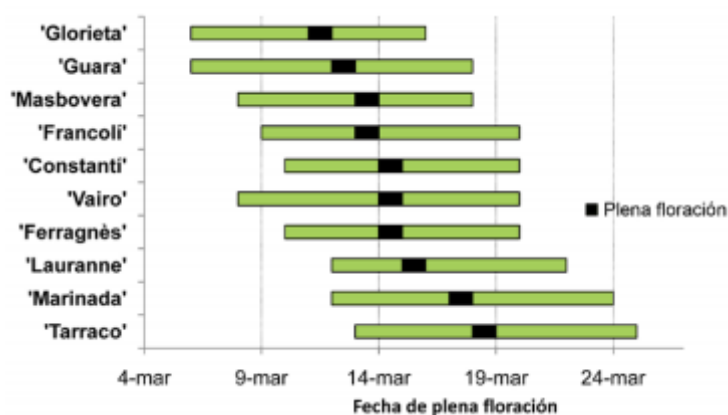


Imagen 2.Fecha de plena floración en Borges Blanques (Lérida). Datos medios 2007-2010.
(Revista de Fruticultura .Extraordinario 2010.)

2.3.2. DURACIÓN DE LA FLORACIÓN

Es importante desde el punto de vista de la polinización, ya que si este periodo es largo, existen mayores probabilidades de que una parte de las flores encuentren condiciones idóneas para que el proceso pueda desarrollarse normalmente.

2.3.3. FERTILIDAD

Era una característica a nivel práctico hasta hace pocos años. Por esta razón en los cultivares tradicionales es necesario, por su auto esterilidad, disponer de variedades polinizadoras, insectos polinizadores y condiciones climáticas adecuadas en el momento de la polinización.

Con las nuevas variedades autofértiles, las flores de estas pueden ser fecundadas por su propio polen, o por el de otras flores de la misma variedad, aunque en ocasiones se combinan con otras variedades de floración similar para aumentar si cabe la fecundación.

2.3.4. VECERÍA

Algunas variedades tienen el problema de excesiva fertilidad que ocasiona una alternancia en la producción. En el caso de las variedades muy productivas es importante que se den buenos cuidados de cultivo (podas adecuadas), para evitar años con mucha carga y años con poca.

2.3.5. PORTE DEL ÁRBOL

Influyen en el manejo y en las horas necesarias para realizar la poda. Los portes abiertos dificultan la formación del árbol y favorecen la emisión de chupones.

La ramificación debe estar compensada, que permita una renovación de la madera del árbol sin que exija una poda excesiva.

2.3.6. TOLERANCIA A ENFERMEDADES

La implantación de variedades tolerantes a las principales enfermedades, tales como “monilia”, “mancha ocre” o “fusicoccum”, puede evitar problemas en un futuro ya que son afecciones difíciles de combatir debido a la escasa oferta de productos fitosanitarios autorizados.

2.3.7. ÉPOCA DE MADURACIÓN

Lo más recomendado es una maduración temprana con el fin de que pueda recogerse en mejores condiciones climáticas y que los árboles tengan más tiempo para reponerse tras la cosecha. La maduración debe ser lo más uniforme posible, para facilitar la recolección.

2.3.8. DESPRENDIMIENTO DEL FRUTO

Por norma general, el almendro no presenta problemas para el desprendimiento, pero algunas variedades se recolectan con mayor facilidad que otras. Hay variedades que se desprenden con dificultad y si la recolección se retrasa, hay que recurrir a recoger parte de la cosecha en el suelo, con el consiguiente coste que esta circunstancia conlleva.

2.3.9. CONSISTENCIA DE LA CÁSCARA

Las variedades de cáscara dura se pelan, o despellejan, con mucha mayor facilidad que las de cáscara blanda o “mollares”. Pero para el despellejado y partido de estas últimas, es necesario disponer de máquinas especialmente diseñadas.

Para las condiciones de la zona del Somontano de Barbastro son preferibles las variedades duras o semiduras, ya que nos ofrecen una serie de ventajas como una mayor facilidad de podado, menos incidencia de plagas, menores daños producidos por los pájaros, mejor conservación y una mejor adaptación a las instalaciones de descascarado existentes.

2.3.10. RENDIMIENTO

Es la relación porcentual, en peso, entre la almendra cáscara y la almendra grano. Interesan variedades de alto rendimiento, ya que aunque la almendra se comercialice en cáscara, el precio estipulado se fija respecto al grano.

2.3.11. PORCENTAJE DE ALMENDRAS DOBLES

La presencia de dobles tiene que ser escasa o nula, ya que la deformación que origina en las frutas limita su posible utilización, teniendo los granos simples peor aspecto.

También se originan problemas en la extracción de la película en el repelado, inaptitud para la fabricación de láminas.

2.3.12. TOLERANCIA A HELADAS TARDÍAS

En muchas ocasiones la elección de variedades de floración tardía no es suficiente para pequeñas heladas no excesivamente severas pero que ocasionan pérdidas importantes. Por este motivo es muy interesante obtener una tolerancia a temperaturas bajo cero en momentos puntuales de floración.

2.3.13. ADAPTACIÓN A LA ZONA

Es preferible escoger variedades mejoradas, o incluso obtenidas en centro de investigación próximas, como pueden ser el CITA o el IRTA, ya que estarán mejor adaptadas a la zona.

También es importante observar otras plantaciones de alguna de las variedades obtenidas recientemente, para poder tener una visión de los nuevos materiales existentes en el mercado.

En la siguiente tabla se puede apreciar la matriz de efectos, en la que se tienen en cuenta los factores nombrados en los puntos anteriores. Cada aspecto se valora con puntuaciones del 1 al 3, siendo 3 la mejor puntuación.

CONDICIONANTES	D.LARGUETA	MARCONA	GUARA	FERRAGNES	FERRADUEL	SOLETA	BELONA	MONCAYO	TUONO	D.ROJO	GLORIETA	CONSTANTI	FRANCOLI	TARRACO	VAIRO	MARINADA
FECHA DE FLORACIÓN	1	1	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3
DURACIÓN DE LA FLORACIÓN	3	2	2	2	2	3	3	1	2	2	3	2	2	2	2	2
FERTILIDAD	1	1	3	1	1	3	3	3	3	1	1	3	3	1	3	3
CAPACIDAD PRODUCTIVA	2	2	3	2	1	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2
VE CERÍA	2	2	2	1	1	2	2	1	2	2	3	3	3	3	3	3
PORTE DEL ÁRBOL	1	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2
TOLERANCIA A ENFERMEDADES	2	1	1	3	3	2	2	3	1	1	2	1	1	2	3	2
EPOCA DE MADURACIÓN	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
DESPRENDIMIENTO FRUTO	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
CONSISTENCIA CÁSCARA	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
RENDIMIENTO	1	1	3	2	2	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2
% ALMENDRAS DOBLES	3	3	1	3	3	3	3	2	1	2	2	3	1	3	3	3
TOLERANCIA HELADAS TARDÍAS	1	1	3	1	1	2	2	2	3	1	3	3	3	3	3	3
ADAPTACIÓN A LA ZONA	3	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2	3	3	2	3	2
TOTAL	27	27	35	30	29	38	37	33	34	28	35	38	36	36	40	36

Tabla 1. Matriz de efectos de variedades de almendro.

2.4. VARIEDAD “VAIRO”

Según los resultados de la matriz de efectos (Tabla1), la variedad que reúne mejores características es “Vairo”.

Muy cerca han quedado las variedades Soleta, Belona y Constantí, todas ellas autofértiles y de floración tardía.

2.4.1. ORIGEN DE LA VARIEDAD

Árbol procedente del cruzamiento “4-665” x “Lauranne”, realizado en 1991 en Mas de Mover (Tarragona).

Variedad obtenida mediante un programa de mejora de variedades de almendro del IRTA (21-323).

El número de referencia del obtentor es IRTAMB-A21-323.

2.4.2. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

Se trata de un árbol muy vigoroso. Esta característica le permite mantener un buen equilibrio entre la producción y el crecimiento. La densidad foliar que tiene es media.

Los trabajos de formación y poda son muy sencillos, por lo que se minimizan los esfuerzos en configurar la copa del árbol.



Imagen 3. Almendro Vairo adulto.

La época de floración es tardía (similar a Guara). La duración de la floración es media y abundante en cuanto a cantidad. Los frutos se localizan principalmente en ramilletes, aunque también en brindillas y ramos mixtos.

Es una variedad autofértil, es decir, no necesita polinización cruzada. Es autocompatible y tiene buen nivel de autogamia (capaz de producir en condiciones de aislamiento). La polinización se ve favorecida si se combina con plantas de variedades como Constantí, Francolí o Guara.

El árbol entra en producción muy rápido, teniendo una capacidad productiva excelente, siendo muy regular a lo largo de los años.

La tolerancia a enfermedades es un aspecto muy importante, y la variedad Vairo es muy tolerante a la “mancha ocre” (*Polystigma ochraceum* Whal.) y tolerante a “fusicoccum” (*Phomopsis amygdali* Del.). Esta circunstancia es a tener en cuenta ya que la zona del Somontano de Barbastro es muy proclive a sufrir ataques de “mancha ocre” durante el verano.

La época de maduración de la almendra es temprana, recolectando su producción a finales de agosto. Las almendras se mantienen adheridas al árbol hasta el momento de la recolección, cuando caen perfectamente al someter a vibración el árbol.

El pellejo de la almendra se separa con gran facilidad, sin ser necesario un segundo pase de descascarado como ocurre en otras variedades.

2.4.3. CARACTERÍSTICAS COMERCIALES

La almendra tiene una forma acorazonada-amigdaloides, con un pequeño mucrón en la punta.

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº VII Material vegetal y disposición.

La cáscara se considera dura y su rendimiento al descascarado es del 29%, considerándolo un rendimiento elevado.



Imagen 4. Almendra Vairo.

El tamaño del grano es medio, alcanzando un peso de unos 1,2 gramos, y sin tener apenas almendras dobles (0,1%).

El aspecto del grano es atractivo, con el tegumento liso, de color claro y sin arrugas.

El destino de la producción es a “comunes”, ya que por el momento solo se diferencian la Marcona y la Desmayo Largueta.

2.4.4. COMPOSICIÓN DEL GRANO

La composición del grano repelado es la siguiente:

- Aceite: 52,7%
- Proteína bruta: 24,5%
- Azúcares solubles: 3,0 %
- Fibra bruta: 9,0%
- Agua: 4,6%

3. ELECCIÓN DE PORTAINJERTOS

3.1. INTRODUCCIÓN

Durante un largo periodo de tiempo, el almendro ha sido multiplicado únicamente por semilla, sin realizar ningún tipo de injerto.

Con la práctica del injerto, el almendro de semilla fue el primer portainjerto empleado. La elección se justificaba por las condiciones de cultivo (secano) y con suelos clorosantes, a causa de la aptitud de las raíces de almendro para introducirse entre las hendiduras de la roca a grandes profundidades y a su resistencia a la sequía y a la clorosis.

El almendro de semilla sigue teniendo importancia en las regiones o zonas en que las condiciones del medio impiden cualquier otro portainjerto, en condiciones de cultivo más fértiles pueden utilizarse con éxito otros patrones como pueden ser melocotonero de semilla (franco), los híbridos melocotonero x almendro y diversos ciruelos (Grasselly, 1984).

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS PATRONES

El sistema radicular de los árboles frutales y por tanto el estudio de los patrones merece como mínimo una atención similar al de las variedades en los actuales sistemas de producción, ya que el patrón influye en gran medida sobre la variedad en su entrada en producción, su vigor y por lo tanto en la rentabilidad de nuestra explotación.

Entre los patrones utilizados existe gran variabilidad de comportamiento insuficientemente estudiada, de resistencia y adaptabilidad a distintas condiciones del medio.

3.2.1. CAPACIDAD DE PENETRAR

Es de gran importancia considerar la profundidad de las raíces principales y raíces laterales, dependiendo esto de las distintas variedades de cada especie y de la granulometría del suelo.

La capacidad de penetración de las raíces sigue el siguiente orden:

Hibrido almendros x melocotonero (5) > Almendro (4) > Albaricoquero (3)
>Melocotonero (2) > Ciruelo (1) (Abadia, 1995)

3.2.2. TOLERANCIA A LA SEQUÍA

Las especies con mayor capacidad de penetración no son necesariamente las más resistentes a la sequía, ya que esta resistencia está muy influenciada por la variedad injertada.

A pesar de esto, el patrón puede ofrecer al conjunto cierta resistencia a la sequía.

El orden de resistencia a la sequía es el que se muestra:

Hibrido almendros x melocotonero (5) > Almendro (4) > Ciruelo (3)
>Melocotonero (2) > Albaricoquero (1) (Gomez Aparisi, 1991)

3.2.3. TOLERANCIA AL ENCHARCAMIENTO

En suelos con escaso drenaje o exceso de riego, en el que se pueda acumular agua en el suelo, puede deprimir y llegar a matar los árboles durante el ciclo vegetativo. De producirse en invierno, los árboles pueden florecer, incluso llegar a vegetar y morir en primavera.

Generalmente son más susceptibles los árboles jóvenes que los adultos, aunque no siempre es así.

Se puede considerar que un sistema radicular más superficial lo hace más tolerante a asfixia y por lo tanto menos susceptible a infecciones de hongos.

Ciruelo (5) > Híbrido almendros x melocotonero (4) > Melocotonero (3) > Albaricoquero (2) > Almendro (1) (Crossa-Raynaud y Sudergon, 1987)

3.2.4. TOLERANCIA A LA SALINIDAD

Los frutales suelen ser sensibles a la salinidad, pudiendo considerarse que para conductividades eléctricas (C.E) de 4 ds/m de extracto de pasta saturada o de 6 ds/m de agua de riego se pierde la producción, llegando a la muerte del árbol.

Las sales solubles provocan un aumento de la presión osmótica que tiene una incidencia negativa sobre el crecimiento de la planta.

El orden respecto a la tolerancia a la salinidad es el siguiente:

Almendro (5) > Albaricoquero (4) > Híbrido almendros x melocotonero (3) > Ciruelo (2) > Melocotonero (1) (Day, 1953)

3.2.5. HOMOGENEIDAD DE LAS PLANTAS

El patrón es de vital importancia en la homogeneidad del desarrollo de los árboles de la plantación.

Interesa que los árboles tengan un crecimiento homogéneo sin que existan grandes diferencias entre ellos, que nos pueda provocar posibles competencias desequilibradas entre los árboles de la plantación. Por este motivo se busca que los patrones tengan la misma edad.

3.2.6. COMPATIBILIDAD CON EL INJERTO

Una buena compatibilidad entre el patrón y la variedad injerto es imprescindible para una buena implantación del almendro.

Interesa una buena unión para evitar posibles roturas mecánicas, bien sea por viento, recolección mecanizada, soporte de peso, etc.

También existen casos de incompatibilidad manifestada tras varios años de un comportamiento normal.

El orden de compatibilidad es:

Almendro= Melocotonero= Híbrido almendro x melocotonero (3) >Ciruelo (2) >Albaricoquero (1). (Felipe, 1987)

3.2.7. CAPACIDAD PRODUCTIVA

Un patrón correcto debe inducir que la variedad entre en producción en el menor número de años posible. La producción de almendras debe ser constante a lo largo de los años, abundante y de buena calidad.

3.3. TIPOS DE PORTAINJERTO

Las posibilidades de elección que existen en este momento para el cultivo del almendro, permiten adoptar el patrón más apropiado a las condiciones de suelo y del sistema de cultivo.

3.3.1. HÍBRIDOS ALMENDRO X MELOCOTONERO

En regadío, tienen mejor comportamiento que el almendro franco, pero, incluso en secano, dependiendo de las condiciones, también pueden tener mejor

comportamiento. Entre los aspectos negativos se citan su sensibilidad a nematodos y podredumbres, así como su dificultad para la propagación.

- INRA-GF-677. *Prunus Pérsica* x *Prunus Amygdalus*. Seleccionado por el INRA en Francia. Rústico, se adapta a suelos calizos, secos, compactos y arcillosos. Tiene gran vigor, induce precocidad en la entrada en producción y una elevada producción. Su principal inconveniente es la sensibilidad a nematodos y a *Agrobacterium*.

- GN15. Almendro Garfi x melocotonero Nemared. Obtenido por el SIA de Zaragoza. Hoja roja. Resistencia, en mayor o menor medida, a sequía, caliza activa, clorosis férrica, nematodos *Meloydogine* y asfixia.

- ADAFUEL. Clon seleccionado y saneado en la Estación Experimental de Aula Dei (Zaragoza). Está muy adaptado a la sequía. Comparado con INRA-GF-677, es más vigoroso en cultivo de regadío y menos en cultivo de secano. Es más resistente a la clorosis férrica.

3.3.2. FRANCO DE ALMENDRO

Suelen ser variedades de almendro amargo silvestre, más o menos hibridados con almendro dulce cultivado. También se utiliza almendro dulce de la variedad Garrigues.

En el primer caso, se producen sustanciales diferencias entre los árboles, debido a la variabilidad genética de las poblaciones naturales. La característica más destacada de este tipo de patrones es su rusticidad, consecuencia de su alta resistencia a la sequía y a las pobres condiciones de suelo. Tal rusticidad se debe, en gran medida, a la configuración de su raíz pivotante. Entre los inconvenientes de este tipo de patrones, se encuentra la sensibilidad a las enfermedades del suelo (*Agrobacterium*, *Phitophtora*, *ArmillariA*) y a la podredumbre del cuello y raíz, por lo que en plantaciones de regadío de debe de evitar.

Además, sufren bastante con el trasplante debido a la rotura de la raíz pivotante.

3.3.3. FRANCO DE MELOCOTONERO

Debido a que el almendro como patrón no tolera la humedad del suelo y no es buen patrón para plantaciones de regadío, en las zonas en las que se puede regar, se ha utilizado históricamente el melocotonero franco como patrón, aunque en la actualidad está en desuso.

Su abandono como patrón es principalmente por dos motivos. El primero es que comunica excesivo vigor a la planta, y el segundo, los árboles injertados sobre este patrón suelen manifestar clorosis férrica, ya que tiene baja tolerancia a la caliza activa.

3.3.4. CIRUELO

La compatibilidad de los ciruelos no es con todas las variedades de almendro, por lo que el empleo de estos patrones debe de ser ensayado o consultado previamente.

Generalmente, los ciruelos, además de tolerantes a la asfixia radicular, son resistentes a la clorosis férrica, poseen crecimiento rápido y muy bien vigor. Se suelen injertar bien y son poco sensibles a *Agrobacterium*.

Entre los ciruelos más interesantes se deben considerar los siguientes:

- *Prunus domestica* (ciruelo europeo) y *Prunus Insititia* (Ciruelo silvestre).

Este tipo de patrones son más resistentes al encharcamiento que los anteriores, así como a las enfermedades del suelo. Producen árboles pequeños con buen anclaje. Entre las características negativas se encuentran su menor resistencia a la sequía, a veces (depende del clon) no presenta buena compatibilidad genética con el almendro y tiene cierta tendencia a emitir chupones o varetas.

- Penta. Clon obtenido a partir de polinización libre de *P. Domestica* por el LSF de Roma. Se adapta bien a diferente tipo de suelos, incluyendo suelos pesados, arcillosos y asfixiantes. Resistente a *Verticillium* y tolerante a *Meloidogyne* y *Phytophthora*.

- Adesoto. Clon de Pollizo de Murcia (*P. Insititia*). Obtenido por el CSIC de España. Se adapta bien a suelos pesados, tolerante a caliza, vigor medio. Resistente a Nematodos. Buen comportamiento ante enfermedades de cuello y raíz.

- Marianna GF 8/1. Seleccionado en Francia por el INRA. Se adapta bien casi todo los tipos de suelos, desde arenosos a arcillosos. Se adapta a suelos pesados y asfixiantes mejor que el Mirobolano. Resistente a caliza y suelos con pH alto. Moderadamente resistente a *Armillaria*, cierto grado de resistencia a *Verticillium*. Buena eficiencia productiva.

- Marianna 2624. Seleccionado en USA, vigor medio. Vigor medio, buenas producciones, adecuado para suelos frescos, relativamente pobres y asfixiantes. Resistente a nematodos.

- Mirobolano 29 C. Selección clonal americana. Se adapta bien a diferentes tipos de suelos, incluyendo secos y calizos. Moderadamente resistente a *Agrobacterium* y sensible a *Pseudomonas*.

3.4. PORTAINJERTOS ELEGIDO

Después de analizar los tipos de portainjerto presentes en el mercado, se elige un híbrido entre melocotonero y almendro por ser el más utilizado en la actualidad ya que es el que tiene un mejor comportamiento agronómico, adaptándose a suelos calizos y compactos.

Dentro de este tipo de patrón se elige el INRA-GF-677, ya que supera en producción a la mayoría de los otros patrones. Es el patrón más utilizado a nivel mundial y se le considera un patrón referente en este cultivo.

4. MARCO DE PLANTACIÓN

4.1. INTRODUCCIÓN

Por marco de plantación se conoce la forma de disponer los árboles en el terreno, es decir, la distancia que hay entre dos almendros de la misma línea y la distancia entre dos líneas de árboles consecutivas.

Los marcos de plantación dependen de una serie de factores, como pueden ser la densidad de plantación, sistema de formación, tamaño que alcanza la planta en estado adulto, sistema de mecanización y la exposición solar.

4.2. TIPOS DE MARCO DE PLANTACIÓN

Hay tres tipos de marcos de plantación habituales en las plantaciones de almendro en nuestra zona. Se detallan a continuación:

- Marco rectangular: Las plantas ocupan los vértices de un rectángulo de base y lado x . Permite un mejor aprovechamiento del terreno, ya que al reducir la distancia entre plantas en las filas, se aumenta la densidad de plantación.

Permite el paso de la maquinaria para las operaciones de cultivo, pero aumenta el sombreado entre plantas y reduce el laboreo a un solo sentido si la densidad es muy alta.

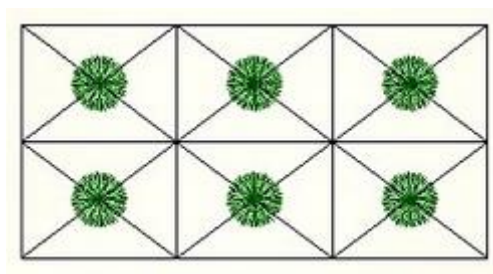


Imagen 5. Marco rectangular.

- Marco real o cuadrado: En esta disposición, las plantas ocupan los vértices de un cuadrado de lado x , de tal forma que la distancia entre calles y entre plantas de la misma calle, es la misma. Esta disposición permite una óptima exposición de las plantas a la luz solar, y unas buenas condiciones para la mecanización. El problema es que se necesitan bajas densidades de plantación, y cuando intentamos aumentar esta densidad, no se permite la mecanización del almendro por tener que usar marcos de plantación demasiado pequeños.

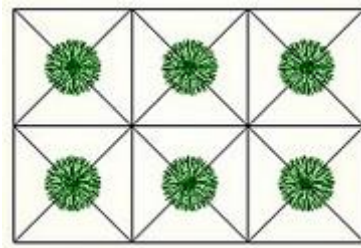


Imagen 6. Marco real.

- Marco a tresbolillo: Las plantas ocupan los vértices de un triángulo equilátero de lado x , y presenta más uniformidad. La separación entre plantas es mayor que en el marco real, pero para la misma separación en ambos marcos, se obtiene mayor densidad de plantación en el marco a tresbolillo. En su contra debemos decir que aunque las labores se pueden realizar en tres direcciones, la mecanización de las mismas es más dificultosa.

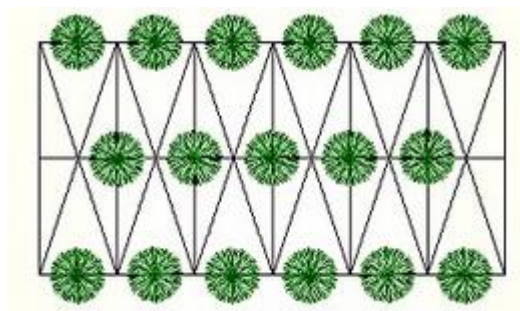


Imagen 7. Marco tresbolillo.

4.3. ELECCIÓN DEL MARCO DE PLANTACIÓN

En primer lugar se debe de tener en cuenta que la recolección de la producción se realizará mediante un paraguas vibrador.

La posibilidad de marco a tresbolillo se descarta por no ser posible mecanizar correctamente la plantación y no ser posible hacer las labores en tres sentidos, sino en uno sólo ya que los goteros podrían dañarse con el paso de la maquinaria. También se descarta el marco rectangular, ya que al realizar la plantación con una variedad de mucho porte, es necesario un marco que favorezca la luminosidad de las plantas.

El marco de plantación elegido es el marco real, ya que de esta manera se pueden llevar a cabo las labores de mecanización con mucha facilidad, además de recibir las plantas un óptimo de iluminación.

5. DENSIDAD DE PLANTACIÓN

5.1. INTRODUCCIÓN

La densidad de la plantación está condicionada por los siguientes aspectos:

- Vigor de los árboles: Determina su tamaño final. Esta influido por las características del patrón y de la variedad y por las condiciones del medio de cultivo.
- Sistema de formación: Nos determina el marco de plantación, una formación en vaso precisa más calle que una formación en palmeta.
- Sistema de recolección: Para una recolección mecanizada se precisan calle con anchura suficiente para el paso y la maniobrabilidad de la maquinaria.

Debido a que las plantaciones de almendro en regadío son relativamente jóvenes, todavía no existen estudios que pongan de manifiesto algunos de los datos más importantes y necesarios para evaluar la viabilidad a medio y largo plazo de este tipo de explotaciones, como pueden ser los condicionados por una elevada densidad de plantación que limite el desarrollo vegetativo de los ejemplares y conlleve al envejecimiento prematuro de los mismos y a la reducción de su vida útil y productiva.

Una correcta orientación y una topografía lo menos abrupta posible que permita el fácil acceso de la maquinaria a la finca, son otros aspectos fundamentales que hay que tener en cuenta en el momento de diseñar una plantación de regadío.

En plantaciones de regadío bien conducidas, los árboles alcanzan un gran tamaño. Por tanto, el factor limitante es la insolación y no la falta de agua como en el secano tradicional. Donde no llega la luz no se produce fruto y las ramas envejecen más rápidamente.

El vigor varietal, junto con la maquinaria de recogida de la almendra utilizada, determinan el marco de plantación.

En estos momentos, con variedades de elevado vigor, como puede ser “Vairo”, la densidad de plantación debe de estar entre los 7m x 7 m ó 7m x 6 m, es decir, unos 200 a 240 árboles/ha.

Con la utilización de variedades de vigor moderado y rápida entrada en producción, como “Guara”, “Tarraco” o “Marinada”, se pueden utilizar marcos ligeramente inferiores, 6m x 6m ó 6m x 5 m.

5.2. ELECCIÓN DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN

Teniendo en cuenta el elevado vigor de la variedad de almendro “Vairo” y el sistema de formación elegido es en vaso, además de que la recolección se va a llevar a cabo con un paraguas vibrador, la densidad de plantación debe de ser

bastante prudente, por lo que adoptamos un marco real de 7 m x 7 m. con 204 árboles /ha.

A priori, esta densidad de plantación puede parecer muy baja, pero está justificada ya que es necesaria para que el almendro reciba una buena insolación y pueda producir frutos en todas sus ramas. Además, los equipos de recogida son cada vez de mayor tamaño, y de esta manera se evitan posibles problemas en un momento tan importante.

Al elegir este marco de plantación tan amplio y para que se cumplan los requisitos de superficie mojada y bulbo húmedo, se han dispuesto dos laterales de riego por línea de árboles. De esta manera se abarca mucha más superficie de suelo y la planta tiene mayor accesibilidad al agua y los nutrientes.

6. ORIENTACIÓN DE LAS FILAS

6.1. INTRODUCCIÓN

La dirección de los vientos dominantes es un factor importante a la hora de fijar la orientación de filas.

La densidad y el marco de plantación son de vital importancia, ya que al haber elegido el marco real, no es tan importante la orientación ya que recibirá por todas las partes la misma cantidad de sol.

Una disposición de filas larga, acorta el tiempo que empleará la máquina en dar los giros necesarios, por lo que en esta plantación se ha dividido la parcela en dos partes, siendo cruzadas por un camino auxiliar, por lo que las líneas son bastante extensas.

6.2. ELECCIÓN DE LA ORIENTACIÓN

En la elección de la orientación de las filas ha primado un aspecto muy importante, que son las curvas de nivel, ya que se trata de unas parcelas con desniveles importantes.

Se plantarán los árboles siguiendo estas curvas lo máximo que sea posible con el fin de evitar una erosión excesiva del terreno en momentos de lluvia.

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

ANEJO VIII: PLANTACIÓN

ÍNDICE ANEJO VIII

PLANTACIÓN

1. INTRODUCCION.....	1
2. PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	1
2.1. LABORES DE PREPARACIÓN.....	1
2.2. REPLANTEO.....	3
2.3. FECHA DE PLANTACIÓN.....	3
2.4. RECEPCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS PLANTAS.....	4
2.5. MÉTODO DE PLANTACIÓN.....	5
2.6. COLOCACIÓN DE TUTORES Y PROTECTORES.....	5
2.7. REPOSICIÓN DE MARRAS.....	6
3. MANTENIMIENTO DEL SUELO.....	6
3.1. LABOREO DEL SUELO.....	7
3.2. EMPLEO DE HERBICIDAS.....	7
3.3. CUBIERTAS VEGETALES.....	7
3.4. SISTEMA MIXTO.....	8
3.5. ELECCIÓN DEL SISTEMA.....	8
4. PODA.....	10
4.1 INTRODUCCIÓN.....	10
4.2. SISTEMAS DE FORMACIÓN.....	10
4.2.1. VASO CON SECUNDARIAS.....	11
4.2.2. VASO MULTIBRAZO.....	12
4.2.3. VASO MULTIBRAZO TENDIDO.....	12
4.2.4. ELECCIÓN DEL SISTEMA DE FORMACIÓN.....	13
4.3. TIPOS DE PODA.....	13
4.3.1. PODA DE FORMACIÓN.....	14
4.3.2. PODA DE PRODUCCIÓN.....	15
4.3.3. PODA DE RENOVACIÓN.....	16
4.3.4. GESTIÓN DE LOS RESTOS DE PODA.....	16
5. RECOLECCIÓN.....	17

5.1. INTRODUCCIÓN.....	17
5.2. RECOLECCIÓN MANUAL.....	18
5.3. RECOLECCIÓN CON COSECHADORA.....	18
5.4. RECOLECCIÓN CON PARAGUAS VIBRADOR.....	20
5.5. ELECCIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN.....	21
5.6. FECHA DE RECOLECCIÓN.....	21

PLANTACIÓN

1. INTRODUCCION

La plantación de cualquier tipo de árbol conlleva una serie de operaciones previas, así como elegir una fecha adecuada con el fin de favorecer el arraigamiento de los plantones. A continuación se analizan estos aspectos.

2. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Se debe preparar el terreno para que las plantas adquieran un correcto sistema radicular y por tanto, los árboles tengan un desarrollo satisfactorio.

La iniciación de la preparación del terreno es muy variable, según el estado del terreno y su dedicación o cultivo precedente.

Las parcelas objeto del proyecto estuvieron dedicadas a cultivos herbáceos, en concreto al cereal de invierno, por lo que se realizará un desfonde o subsolado. Las labores de los anteriores cultivos son más superficiales que los niveles en que se van a desarrollar las raíces del almendro y con esta labor beneficiaremos su rápido desarrollo.

2.1. LABORES DE PREPARACIÓN

A continuación se detallan las labores que se realizarán:

- Nivelar parcelas: Para terrenos irregulares y pendientes elevadas. Se aconseja para aquellos terrenos cuya pendiente sea superior al 20 %. Como nuestro terreno no supera el 8-9% de pendiente, que se considerará solamente

a la hora del diseño del riego, no será necesaria la nivelación, aunque sí que se tiene en cuenta a la hora de orientar las filas de plantas, intentando que sigan lo más paralelas posibles a las curvas de nivel.

- Drenaje: Un exceso de agua en el suelo daña considerablemente a las plantas por asfixia radicular, y en casos no tan graves puede producir plantas débiles, cloróticas y propensas a enfermedades de raíces.

Los drenajes siempre son costosos, y pueden ser muy variados: zanjias de desagüe, drenes cerámicos cerrados, terraplenes, taludes y caballones.

En este caso no es necesario el drenaje por no existir acumulaciones de agua en ninguna parcela.

- Desfondes y subsolados: La labor de subsolado o desfonde tiene la intención de permitir y facilitar el desarrollo de las raíces, aumentar la permeabilidad del terreno, activar la actividad microbiana y movilizar las reservas de fertilizantes.

La labor de desfonde se usa para mezclar las capas del suelo y subsuelo, realizable sólo en terrenos en que la capa arable del suelo y la profunda del subsuelo tengan la composición similar o cuando la estructura y composición de la tierra profunda pudiera corregir la capa superficial. En este caso se prescinde del desfonde.

La labor de subsolado se realizará ya que no mezcla el suelo y subsuelo, pero sí lo complementa con una labor profunda. Se debe realizar varios meses antes de la plantación, preferentemente en verano, con profundidades mínimas de 60 cm hasta un metro. Se realizarán dos pases de subsolador cruzados a una profundidad de entre 75 cm y 80 cm. El suelo debe estar bastante seco para que la labor sea efectiva.

La labor de subsolado suele levantar piedras de capas inferiores, por lo que de ser así, se procederá a su retirada con una máquina especial para tal efecto. Esta máquina se alquilará por días.

Un pase de grada de discos también es necesario, y se realizará con el fin de desterronar el terreno e igualarlo.

Se realizará un pase de rulo para dejar la superficie del terreno lisa y poder realizar el marcaje más fácilmente.

2.2. REPLANTEO

La labor del replanteo consiste en dejar marcados en el terreno aquellos puntos y líneas que definen la plantación, como son las filas de plantas, situación de las mismas.

El trazado de las tuberías, se realizará antes del marcaje, ya que con esta operación se producen grandes movimientos de tierra y borrarían cualquier marca realizada anteriormente.

2.3. FECHA DE PLANTACIÓN

La fecha de plantación del almendro se puede realizar en dos épocas del año diferenciadas, y con dos tipos de planta distinto. Se detallan a continuación:

- Durante el periodo de reposo invernal (diciembre-enero). La planta utilizada en esta época del año es con “raíz desnuda”, el tamaño del plantón puede llegar hasta los 2 m y el diámetro del tronco tiene un diámetro de unos 3 o 4 cm.
- A finales de primavera a inicios de verano (mayo-junio). La planta utilizada en esta época del año es “con maceta”, el tamaño del plantón suele estar en torno a 1 m y el tallo tiene menos de 1 cm de diámetro.

La fecha elegida es a finales de mayo, por lo que se utilizarán plantas con cepellón dentro de una maceta.

2.4. RECEPCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS PLANTAS

Las plantas son recibidas en unos cajones de madera con tablas separadas entre sí para facilitar la respiración y ventilación de las plantas.

Seguidamente se comprueba que el material vegetal recibido se corresponde con el pedido. Se verifica el patrón y la variedad mediante la etiqueta que posee cada planta anillada en el tronco.

Además se hace un examen exhaustivo del estado sanitario de las plantas, y en caso de existir alguna anomalía se devuelven al vivero, siendo repuestas con la mayor celeridad posible.



Imagen 1. Almendro Vairo “en maceta”.



Imagen 2. Recepción de almendros.

En el caso de que los plantones no se vayan a colocar en el terreno en el momento, se deberán conservar en un lugar fresco y luminoso, aportando la humedad necesaria para garantizar la supervivencia.

2.5. MÉTODO DE PLANTACIÓN

La plantación se realiza con una máquina plantadora con guiado por tecnología GPS, con lo que se consigue que las plantas estén a una distancia entre ellas muy ajustada a la medida deseada, así como unas líneas de plantación completamente rectas y paralelas entre sí.

Las plantas se colocarán de forma que el nudo de injerto permanezca por encima de la superficie del terreno. El cepellón quedará completamente cubierto, aunque se recomienda compactar la zona para favorecer el contacto con el suelo.



Imagen 3. Plantadora de almendro con GPS.

Al finalizar la plantación se realizará un riego, ya que en esta época del año la planta está activa y necesita un grado de humedad suficiente para que las raíces salgan del cepellón y arraiguen con normalidad.

2.6. COLOCACIÓN DE TUTORES Y PROTECTORES

La colocación de tutores se realiza en el mismo momento de la plantación, aunque en ocasiones hay que asegurarse de que estén bien clavados. Los tutores serán de un grosor de 3 cm.

Los plásticos protectores son unos tubos de polietileno blancos que se colocan en el tronco para evitar la deshidratación de la planta, el crecimiento de yemas erráticas y no útiles y para proteger en las aplicaciones de herbicidas. Aunque también es efectivo frente a impactos y roces mecánicos y daños de animales salvajes. Se colocarán en una acción posterior a la plantación.

2.7. REPOSICIÓN DE MARRAS

En cualquier plantación hay un porcentaje de fallo o marras, por lo que deberán reponer en la campaña siguiente. El viverista que nos ha suministrado la planta se deberá hacer cargo siempre que no sea por un mal manejo de la plantación.

3. MANTENIMIENTO DEL SUELO

El mantenimiento del suelo comprende el control de las malas hierbas, mantener una estructura del suelo que logre un desarrollo satisfactorio del almendro, que facilite la aireación, disminuir la erosión y mejorar la fertilidad del suelo.

Las técnicas más usadas para el mantenimiento del suelo son:

- Técnicas que mantienen el suelo sin vegetación: laboreo del suelo o empleo de herbicidas.
- Cubiertas vegetales.
- Sistemas mixtos.

3.1. LABOREO DEL SUELO

En el cultivo del almendro esta es la práctica más extendida, aunque se está optando por otras, como se verá a continuación.

Esta operación consiste en el continuo pase de aperos, como pueden ser la grada de discos o cultivador, en toda la superficie del suelo. Permite la aireación de la tierra removida y la regularización de la temperatura. Además de facilitar la penetración de las raíces del almendro en el terreno y la eliminación de las malas hierbas.

Por el contrario, puede tener efectos desfavorables como la formación de “suela de labor” por el paso de tractores, difusión de parásitos, mutilación de raíces, heridas en tronco y brazos de las cepas, favorecer el riesgo de corrimiento si se efectúan en el periodo de floración y un incremento de la erosión en suelos en pendientes.

3.2. EMPLEO DE HERBICIDAS

Mantiene el suelo sin vegetación mediante la aplicación de herbicidas en toda la superficie de la plantación.

Este uso abusivo de herbicidas presenta grandes problemas de fitotoxicidad y produce una evolución de la flora adventicia hacia especies más resistentes y de más difícil destrucción.

La aplicación de este sistema exige un gran conocimiento de los herbicidas que tolera la especie implantada y la utilización de productos autorizados para el cultivo del almendro.

3.3. CUBIERTAS VEGETALES

Las cubiertas vegetales son favorables porque protegen al suelo de la erosión, al incorporarlas al suelo aportan materia orgánica, aumentan la

presencia de organismos beneficiosos que ayudan a combatir las plagas de forma natural y mejoran las condiciones físicas del suelo.

Las cubiertas vegetales pueden ser tanto de hierbas espontáneas como cultivadas.

La utilización de leguminosas en la cubierta, solas o mezcladas con cereal hace que se aporte nitrógeno de forma natural al suelo y se descomponen con rapidez.

3.4. SISTEMA MIXTO

Se trata de combinar distintos sistemas. En muchas plantaciones se utilizan aperos de labranza en las calles y después usar herbicidas en las líneas de cultivo.

También se usa otro sistema que consiste en no usar ningún tipo de acción mecánica en las calles, pero sí usar herbicidas en las líneas de almendros.

Otro sistema mixto sería la utilización de herbicidas en la línea del cultivo y mantener una cubierta vegetal espontánea en las calles, realizando labores de control con una picadora.

3.5. ELECCIÓN DEL SISTEMA

El sistema elegido es mixto, mediante la utilización de herbicidas en las líneas y una picadora para el control de las malas hierbas en la calle.

Los tratamientos se realizarán dos o tres veces al año dependiendo de la climatología y según la aparición de las malas hierbas, siempre intentando no dejar crecer demasiado las plantas para así conseguir una mayor eficiencia con el herbicida.

Se usarán materias activas de postemergencia y otras con efecto residual, para retardar lo máximo posible la salida de malas hierbas. Además se realizarán uno o dos pases con la picadora para triturar las malas hierbas de las calles.

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº VIII Plantación.

Los tratamientos se realizarán siempre en días sin viento, para evitar daños en las hojas que suponen una disminución de la capacidad fotosintética o incluso la muerte.

La aplicación del herbicida se llevará a cabo con una barras de aplicación de 1 m de longitud provistas de una pantalla para disminuir las derivas y por tanto los daños en los árboles.



Imagen 4. Equipo de aplicación de herbicidas.

Los pases de picadora se llevarán a cabo entre 2 y 3 veces al año, dependiendo de la climatología, pero siempre abarcando los 5 m de calle que quedan sin tratar con herbicida.



Imagen 5. Equipo de aplicación de herbicidas

4. PODA

4.1 INTRODUCCIÓN

La poda del almendro puede ser anual o bianual, según sea el desarrollo del árbol, aunque se aconseja realizarla cada año. Tras las labores de poda debe quedar más bien con un ramaje claro y de copa cerrada o formando un vaso de diámetro reducido, teniendo en cuenta que un exceso de frondosidad será en detrimento de la producción de fruto.

Las razones que justifican la poda son:

- Evitar vecería: regularizar la producción y obtener almendra de buena calidad todas las campañas.
- Buena formación: la buena conformación del árbol permite facilitar las labores de cultivo. También se reducen los gastos de recolección al distribuirse mejor la almendra ya que esta no se encuentra en las partes superiores de las ramas.
- Equilibrio: ya sea entre las ramas de fruto y las de madera, así como entre la raíz y la parte aérea. También a través de la poda se eliminan del árbol ramas improductivas, enfermas o secas.
- Resistencia: dificulta la propagación de enfermedades ya que facilita la aireación de la copa.

4.2. SISTEMAS DE FORMACIÓN

En la actualidad existe una gran diversidad de sistemas de formación aplicados a las diversas especies y variedades de frutales.

Los sistemas de formación más representativos de la fruticultura de hueso, se pueden resumir en estos tres:

- Vaso
- Espaldera
- Túnel

En nuevas plantaciones intensivas se han probado sistema en forma de espaldera, con el fin de reducir las labores de poda y realizarlo mecánicamente. A continuación se detallan los tipos de sistema de vaso, que es el más habitual en plantaciones de regadío.

4.2.1. VASO CON SECUNDARIAS

Este sistema de formación es el más utilizado aunque actualmente, está perdiendo espacio frente a otros sistemas en vaso, mejor adaptados a las actuales necesidades de cultivo.

Para esta formación es necesario hacer el despunte de los plantones para fijar la altura de la cruz. Una vez que las brotaciones emergen y alcanzan cierto grado de lignificación, se comienzan guiar los futuros brazos.

Por norma general, se guían entre tres y cuatro ramos (futuros brazos), distribuyéndolos de forma equidistante entre sí. Tradicionalmente, los futuros brazos se han abierto con despuntes, por encima de ramos que abrían hacia fuera, pero, siempre que se pueda, es mejor opción ir abriendo las guías con tutores o tensores, especialmente en variedades vigorosas.

Una vez que se hayan conducido adecuadamente los brazos, se comienzan a formar las secundarias, cuya función es cubrir el holgado espacio existente entre brazos, cubriendo el hueco opuesto que no cubre la secundaria del otro brazo. Las secundarias tienden a conducirse en posición más horizontal que

los brazos y pueden formarse en pisos; es decir, si de un brazo la secundaria más baja sale hacia la derecha, la secundaria más alta suele salir hacia la izquierda.

4.2.2. VASO MULTIBRAZO

Se presenta como una alternativa al vaso con secundarias, pero con la carencia de ramas secundarias que son sustituidas por un mayor número de brazos de menores proporciones.

El inicio de la formación de un vaso multibrazo es idéntico al vaso con secundarias. La diferencia comienza tras la elección de los tres o cuatro brazos iniciales que parten de la cruz, sobre los que se van formar los siguientes brazos portadores de ramos de fruta, hasta llegar a un número total de brazos que puede estar comprendido entre 6 y 10, incluso puede superarse, en algunos casos, la decena de brazos. Éstos deben partir de la zona más baja posible, para aprovechar mejor el espacio.

La conducción de los brazos es idéntica a lo comentado en el vaso con secundarias.

En el vaso multibrazo, los brazos van a ser portadores, únicamente, de ramos productores de fruta, por lo que deben de ser renovados de madera en las podas de producción, eliminando la madera no productora de fruta. Los cortes no deben de ser apurados, dejando tocones que permitan el desarrollo de las yemas que renovarán el brazo.

4.2.3. VASO MULTIBRAZO TENDIDO

El vaso multibrazo tendido soluciona el problema de iluminación existente en los vasos anteriores y, a la vez, aprovecha mejor el espacio dentro del mismo marco de plantación, con un crecimiento más rápido.

Este sistema se fundamenta en los mismos principios que en el caso del vaso multibrazo, con la diferencia de que los brazos tienden a la horizontalidad, conforme se van desarrollando.

Cuando los brazos iniciales están suficientemente lignificados y superan aproximadamente el metro de longitud, se amarran, en forma de paraguas invertido, con tensores. Estos tensores se sujetan al suelo con estacas o alambres guía, a ambos lados de la fila de cultivo. Posteriormente se hará lo mismo con los brazos que se obtengan de los brazos iniciales.

Los brazos más lignificados quedan prácticamente horizontales hasta el punto de amarre del tensor y, a partir de ahí, el brazo inicia un crecimiento en vertical muy vigoroso, adoptando, de esta forma, una estructura cilíndrica frente a la forma de cono invertido de los anteriores vasos.

4.2.4. ELECCIÓN DEL SISTEMA DE FORMACIÓN

El sistema de poda elegido es en vaso con secundarias, con el fin de equilibrar la fructificación y el crecimiento para alcanzar la máxima producción de la explotación.

4.3. TIPOS DE PODA

Existen varios tipos de poda, dependiendo del momento de desarrollo del almendro y de las características varietales. También es necesario adaptar el árbol al sistema de recolección y al marco de plantación.

Se detallan a continuación los tres tipos de poda existentes: de formación, de producción y de renovación.

4.3.1. PODA DE FORMACIÓN

La poda de formación es de vital importancia, ya que de ella depende la buena estructura del árbol y su vida productiva.

- Año 1: El árbol es plantado en mayo, por lo que no se realiza ningún tipo de poda hasta el invierno, cuando se hace un corte a 80 cm del suelo, con el fin de fijar la cruz a esa altura.

- Año 2: Se intenta potenciar las cuatro ramas que formarán la estructura final del almendro.

Poda en verde: Durante el mes de Mayo la poda debe limitarse a eliminar ramos interiores que se sombrean, o bien que se encuentren en zonas donde dificulten las labores etc.

Deben seguir destacándose las guías principales; en el caso que adquieran crecimientos que sobrepasen los 50cm. tendremos que despuntarlas, el resto las pinzaremos por encima de las dos hojas basales.

Poda de invierno: Se continuará destacando las tres guías principales, despuntándolas siempre que hayan crecido demasiado y no hayan sacado durante el verano ramificaciones laterales. Esta operación es importante para que el peso de la futura cosecha no nos doble las ramas que, en definitiva, son las timoneras del árbol.

Se deben eliminar ramas mal situadas y aquellas interiores que nos dificulten la entrada de la luz. La producción de soleta obtiene en ramilletes de mayo y botones florales que necesitan luz para su formación y desarrollo.

- Año 3: Durante este año, si en los dos años anteriores la poda se ha realizado adecuadamente, se considerará que la formación ya está concluida. Por lo tanto, es importante ir preparando el árbol para la vida productiva eliminando defectos que impidan el proceso productivo, como ramas mal situadas, y rebajando aquellas con excesivo crecimiento.

Poda en verde: El proceso es similar a los años anteriores, aunque menos severa, limitándose a pinzamientos de ramas laterales cuando su longitud sobrepase los 40 cm, e interiores, pero siempre despuntando éstas sobre dos o tres hojas de la base. Con este procedimiento estamos forzando la aparición de botones florales y ramilletes de mayo para la futura producción.

Poda de invierno: Debe reducirse a seguir manteniendo las cuatro guías principales, las secundarias que sean necesarias, y a formar el esqueleto del árbol, así como prepararlo para que pueda soportar toda la producción sin que peligre su estructura.

4.3.2. PODA DE PRODUCCIÓN

Del cuarto año en adelante se efectúan podas para eliminar las ramas sobrantes y dejar las productoras de frutos. Para practicar esta poda, cada invierno se realizará lo siguiente:

- Se suprimen los chupones del centro del árbol.
- Se despejan las prolongaciones para asegurar una buena iluminación del centro del árbol.
- Solo se suprime la quinta parte de las ramas fructíferas para asegurar la renovación de las restantes. Para ello solo se cortarán las ramas pequeñas que tengan de 1.5cm a 3 cm de diámetro. Se deberá realizar bien el corte.
- Se eliminará la madera muerta, y los ramos parasitados con “monilia” o “fusicoccum”.
- Se seguirá practicando la poda de formación para mantener la forma general del árbol
- Se intentará mantener el mayor número posible de ramilletes de mayo y ramos mixtos por ser los más fructíferos.

4.3.3. PODA DE RENOVACIÓN

La poda de renovación se practica sobre árboles muy viejos o sobre árboles que presentan fructificación alejada del centro.

En el primer caso, son árboles con muchas ramas muertas. Al llegar a este estado, la producción disminuye, por lo que se procede a la poda de rejuvenecimiento que consiste en la supresión con sierra de las ramas madres para provocar la aparición de nuevos brotes vigorosos. Pero este rejuvenecimiento sólo es pasajero y desde el punto de vista económico resulta más rentable invertir en una nueva plantación.

En los árboles con fructificación alejada del centro, las ramas fructíferas son cada vez más numerosas y más débiles. Normalmente, con la poda de producción anual se soluciona este problema, aunque hay variedades más propensas a ello, con estas variedades hay que recurrir a la poda de reforma. Se cortan los ramos principales o secundarios según el árbol y al tercer o cuarto año se reanuda la fructificación normal.

4.3.4. GESTIÓN DE LOS RESTOS DE PODA

La gestión de los restos de poda adquiere, en la actualidad, una vital importancia, ya que parte de las ayudas ligadas a la producción de frutos secos van encaminadas al manejo responsable de estos restos.

Una vez concluida la poda en la plantación de almendros, debe procederse a la retirada o triturado de los restos de poda en el menor tiempo posible, ya que puede generar un caldo de cultivo favorable para el desarrollo de plagas o, simplemente, impedir el tránsito de maquinaria y trabajadores en las parcelas.

A la hora de eliminar o gestionar los restos de poda existen varias opciones:

- Quema, tradicionalmente muy utilizada. Pierde espacio frente a otras alternativas más interesantes, ya que esta opción provoca emisiones de monóxido de carbono a la atmósfera, pérdida de materia orgánica dentro de los sistemas agrarios y riesgos de incendio.

- Con la trituración, los restos de poda se gestionan como subproductos, al devolverlos al suelo como materia orgánica. Estos restos no son caldo de cultivo para plagas y/o enfermedades. Además, el mantillo de los restos de poda es eficaz frente a la erosión por frenar las escorrentías y facilitar la infiltración. La trituración es una operación con un bajo coste.

- El compostaje es una alternativa poco desarrollada. El objetivo es la obtención de un producto estable y con propiedades agronómicas beneficiosas.

- La transformación energética de biomasa, a partir de los restos de poda. Se trata de una fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles que contribuye, de forma favorable, en el medio ambiente.

El método de gestión de los restos de poda será mediante su triturado. De esta manera no se exporta este material de la parcela y es una futura materia orgánica muy beneficiosa para la plantación.

5. RECOLECCIÓN

5.1. INTRODUCCIÓN

El momento de la recolección o cosecha es uno de los más importantes, ya que se recoge el trabajo de todo el año, y de él se obtiene el rendimiento económico que repercute en la viabilidad económica de la explotación.

Existen dos tipos de recolección, la manual y la mecánica. Esta última puede ser mediante paraguas vibrador o cosechadora.

5.2. RECOLECCIÓN MANUAL

La forma de recoger la cosecha es golpeando ligeramente los árboles con varas de madera, cuyo extremo está recubierto de goma o caucho para evitar heridas a las ramas. En el suelo se disponen unas redes que abarcan la superficie de la copa del árbol. Una vez caída la almendra es amontonada haciendo llegar los vértices de la malla hacia el centro.



Imagen 6. Recogida manual.

Posteriormente se depositan las almendras en un remolque para llevarlas hasta el almacén donde está la máquina de descascar. Esta será la última operación antes de tener el producto listo para comercializarlo.

En la actualidad la recogida manual se realiza en almendros marginales o en plantaciones donde no puede acceder la maquinaria. También se lleva a cabo en almendros muy jóvenes, para no dañarlos, o en años que hay muy poca producción y no es rentable una recogida con maquinaria.

5.3. RECOLECCIÓN CON COSECHADORA

En los últimos tiempos han aparecido en el mercado máquinas autopropulsadas que son conducidas por un operario y son capaces de realizar una gran cantidad de trabajo por jornada.

El operario hace pasar la máquina por encima de los almendros, ajustando la vibración y el pelado, consiguiendo de esta manera una buena calidad del fruto.

El fruto se desprende del árbol y cae por unas bandejas inclinadas por las cuales se desliza hasta las bandas de transporte que son las encargadas de llevar el fruto a la peladora. Esta es la encargada de separar tanto hojas como la corteza de la almendra.

La máquina descarga las almendras en el remolque una vez terminada la fila, ya que tiene unas tolvas de almacenamiento considerables.



Imagen 7. Recolección con cosechadora.

Estas máquinas pueden llegar a cosechar entre 4 y 6 almendros por minuto, dependiendo de la facilidad con que se desprenden los frutos.

Las plantaciones con sistemas de formación en vaso no son tan adecuadas como las que tienen el sistema de palmeta, ya que algunas variedades tienen ejemplares con mucho vigor, lo que dificulta su tránsito a través de la cosechadora.

5.4. RECOLECCIÓN CON PARAGUAS VIBRADOR

La recolección mediante paraguas vibrador consiste en una plataforma móvil provista principalmente de una pinza, la cual hay que dirigir hacia el tronco del árbol que quedará atrapado por la misma.

Los extremos de la pinza van protegidos con caucho para no ocasionar posibles daños al almendro en el momento de la vibración.

Una vez que el almendro está aprisionado se procede a la apertura del paraguas. Este paraguas está dividido en dos mitades que han de unirse hasta formar un paraguas completo invertido. En el centro de éste se encontrará el almendro.



Imagen 8. Paraguas vibrador.

Cuando el paraguas está totalmente desplegado, comienza la vibración que se transmite desde la pinza hasta el tronco del árbol y de esta forma, se fuerza la caída de la almendra siendo recogida en el fondo del paraguas para su inmediato pelado y almacenaje en la tolva. La cosecha se dirige hacia la peladora mediante un tornillo sinfín ascendente.

La potencia de la misma deberá ser ajustada a la variedad que se vaya a recolectar, en el caso de la variedad “Vairo” no habrá problemas ya que cae con facilidad.

5.5. ELECCIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN

La recolección se llevará a cabo mediante un paraguas vibrador acoplado a la parte delantera del tractor.

El vibrador será de tenaza, con un sistema de simple rotación. Es un sistema de vibración orbital con un solo sentido de giro. Este tipo de vibrador tiene como particularidad importante que permite efectuar la vibración de los árboles sin necesidad de esperar a la paralización de la savia e incluso sin cortar el riego por goteo.

El paraguas será de lona alta para facilitar el deslizamiento de la almendra. La tolva de recepción tiene una peladora con un sistema doble izquierda y derecha. El equipo también consta de un sistema de elevación para la descarga al remolque y un sistema de descarga de la tolva mediante una trampilla hidráulica.

5.6. FECHA DE RECOLECCIÓN

La fecha de recolección de una misma variedad puede cambiar de un año a otro, siendo necesario observar una serie de detalles para escoger el momento oportuno.

La dehiscencia de la corteza del fruto es una señal que nos alerta sobre el estado de madurez del mismo. Se intenta buscar un equilibrio entre la maduración, y la posible caída de frutos al suelo, con la pérdida que esta circunstancia ocasiona.

Se realizará una prueba previa de vibrado, y se adoptará como momento óptimo de cosecha aquel en el que solamente queden en el árbol entre un 1% y un 5% de las almendras.

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº VIII Plantación.

En la zona del Somontano de Barbastro, el momento apropiado de cosecha suele ser en la segunda quincena de agosto.

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

ANEJO IX: FERTILIZACIÓN

ÍNDICE ANEJO IX

FERTILIZACIÓN

1. INTRODUCCION.....	1
2. NITRÓGENO.....	1
2.1. INTRODUCCIÓN.....	1
2.2. EXTRACCIONES DE NITRÓGENO.....	2
2.2.1. EXTRACCIONES POR CRECIMIENTO DEL ÁRBOL.....	2
2.2.2. EXTRACCIONES DEL FRUTO.....	3
2.2.3. EXTRACCIONES DE LAS HOJAS.....	3
2.2.4. EXTRACCIONES DE LA COBERTURA VEGETAL.....	4
2.2.5. APORTACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA PRESENTE.....	4
2.2.6. APORTACIÓN MEDIANTE EL AGUA DE RIEGO.....	5
2.2.7. NECESIDADES DE NITRÓGENO.....	6
3. FÓSFORO.....	6
3.1. INTRODUCCIÓN.....	6
3.2. NECESIDADES DE FÓSFORO.....	7
4. POTASIO.....	7
4.1. INTRODUCCIÓN.....	7
4.2. NECESIDADES DE POTASIO.....	8
5. MICRONUTRIENTES.....	8
5.1. INTRODUCCIÓN.....	8
5.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MICRONUTRIENTES.....	9
6. FERTIRRIGACIÓN.....	11
6.1. INTRODUCCIÓN.....	11
6.2. VENTAJAS DE LA FERTIRRIGACIÓN.....	12
6.3. INCONVENIENTES DE LA FERTIRRIGACIÓN.....	13
6.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS.....	14
6.5. PRODUCTOS DE FERTIRRIGACIÓN EN EL MERCADO.....	15
6.5.1. CARACTERÍSTICAS PRODUCTOS COMERCIALES.....	18
7. PROGRAMA DE FERTIRRIGACIÓN.....	20

7.1. INTRODUCCIÓN.....	20
7.2. NECESIDADES NETAS.....	20
8. ENMIENDAS.....	22
8.1. ORGÁNICA.....	22

FERTILIZACIÓN

1. INTRODUCCION

La fertilización tiene como objetivo satisfacer las necesidades nutritivas de las plantas. Todas las plantas necesitan los mismos elementos nutritivos, pero existen diferencias sustanciales en la cantidad requerida.

Las necesidades nutritivas de un almendro dependen de la edad y producción del mismo, así como de la fertilidad del suelo donde se ha llevado a cabo la plantación.

La aplicación de fertilizantes se debe de realizar de una manera responsable y equilibrada, ya que el exceso puede ser igual de negativo que la escasez.

A continuación se van a detallar las necesidades y aportaciones que hay que realizar en la plantación de los principales elementos: nitrógeno, fósforo y potasio.

2. NITRÓGENO

2.1. INTRODUCCIÓN

El nitrógeno es un elemento esencial que las plantas absorben en grandes cantidades, en particular aquellas especies capaces de producir grandes cosechas.

El almendro es capaz de acumular grandes cantidades de nitrógeno en los frutos.

Las altas producciones obtenidas en las plantaciones de almendro en regadío, donde aplicando las modernas técnicas de cultivo se llegan a conseguir producciones de entre 1500-2000 kg/ha de pepita, da lugar a unas elevadas exportaciones de nitrógeno.

2.2. EXTRACCIONES DE NITRÓGENO

Las extracciones de elementos nutritivos del suelo incluyen las producidas por los árboles, las de la cobertura del suelo y las pérdidas. Se procurará que las pérdidas sean mínimas para evitar la contaminación de las aguas por lixiviación o arrastre de los nitratos.

Las necesidades de los árboles se calculan en función de las exportaciones anuales para el crecimiento y la producción de frutos.

Las características diferenciales de los sistemas, además de la disponibilidad de agua en el suelo, son el crecimiento vegetativo y las producciones obtenidas.

Las extracciones de nitrógeno se producen por varios motivos: crecimiento del árbol, crecimiento del fruto y de las hojas.

2.2.1. EXTRACCIONES POR CRECIMIENTO DEL ÁRBOL

La absorción y acumulación de nitrógeno en las estructuras permanentes (ramas, tronco y raíz) se calculan en función del crecimiento anual de los árboles, según la siguiente tabla:

VIGOR DEL ÁRBOL	ACUMULACIÓN ANUAL DE N (kg/ha)
Bajo	8-12
Medio	17-22
Alto	27-32

Tabla1. Acumulación anual de nitrógeno (200 árboles/ha)

En nuestra plantación se disponen 204 árboles/ha, por lo que se adopta el valor de 22 kg/ha ya que el vigor de la variedad “Vairo” es medio-alto.

2.2.2. EXTRACCIONES DEL FRUTO

Las extracciones de nitrógeno (kg/ha) por parte de la almendra cáscara se estiman en 20 kg N por tonelada esperada (Grasselly et al., 1997).

En nuestra plantación esperaremos una producción media de 1500 kg/ha de almendra pepita, que haciendo la conversión del 29% de rendimiento al descascarado, se estima una producción de unos 5200 kg/ha de almendra cáscara.

Por lo tanto las extracciones serán: $20 \text{ kg N/t} \times 5,2 \text{ t/ha} = 104 \text{ kg N/ha}$

2.2.3. EXTRACCIONES DE LAS HOJAS

La extracción de nitrógeno por las hojas supone el 17,3% del total del nitrógeno exportado por el árbol. Para el cálculo de las exportaciones netas de las hojas se presupone que un 29% del nitrógeno exportado por las mismas retorna al suelo en forma de residuo.

VIGOR DE LOS ÁRBOLES	EXPORTACIÓN ANUAL DE N	RESIDUO DE N	EXTRACCIÓN NETA DE N
BAJO	12-20	9,28	6,72
MEDIO	32-39	10,29	25,21
ALTO	65-76	20,44	50,06

Tabla 2. Extracciones netas de N.

El vigor del almendro es medio-alto, por lo que adoptamos una extracción neta por parte de las hojas de 25,21 kg N, con el árbol adulto. En los tres primeros años adoptaremos un vigor bajo con una extracción de 6,72 kg N.

2.2.4. EXTRACCIONES DE LA COBERTURA VEGETAL

La restitución de las necesidades de la hierba de cobertura del suelo sólo es útil:

- los dos primeros años de su instalación.
- 50 U.F./ha de nitrógeno son suficientes.

A partir del 2º año, se considera que la pradera retroalimenta su consumo.

La reorganización del nitrógeno y del fósforo mineral, así como la fijación del fósforo y potasio, son muy difíciles de cuantificar.

2.2.5. APORTACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA PRESENTE

Los aportes de nitrógeno por el suelo provienen de la mineralización de la materia orgánica. Esta se compone de humus, materias orgánicas libres no humificadas y de la masa microbiana viviente. Esta masa orgánica es a la vez productora y consumidora de nitrógeno mineral. Según su composición, volumen y condiciones de temperatura y humedad del suelo, puede ceder importantes cantidades de nitrógeno.

La mineralización se produce desde que la temperatura del suelo alcanza 6-7 °C y la humedad esté próxima a la capacidad de campo. Los periodos más favorables son la primavera, el otoño y en verano los días que siguen a un riego o una lluvia.

En la siguiente tabla se reflejan las cantidades de nitrógeno mineralizado por hectárea y año en nuestras condiciones edafo-climáticas, según el nivel de materia orgánica del suelo y su textura

MAT.ORGANICA DEL SUELO (%)	NITROGENO MINERALIZADO DEL SUELO (kg/ha y año)		
	ARENOSO	FRANCO	ARCILLOSO
0,5	10-15	7-12	5-10
1,0	20-30	15-25	10-20
1,5	30-40	22-37	15-30
2,0	40-0	30-50	20-40
2,5	-	37-62	25-30

Tabla 3.Nitrogeno mineralizado del suelo (kg/ha y año)

Se puede deducir que la liberalización de nitrógeno por las materias orgánicas presentes en el suelo o aportadas es muy importante y nunca desdeñable.

En nuestro caso, el suelo tenía un 0,5 % de materia orgánica y se trata de un suelo Franco-Arenoso, por lo que le pertenecen, según la tabla, una cantidad de nitrógeno mineralizado de 10 kg N/ha y año.

2.2.6. APORTACIÓN MEDIANTE EL AGUA DE RIEGO

Las aguas que utilizamos para regar contienen importantes cantidades de nitrógeno. Así pues, el nitrógeno aportado dependerá del volumen de riego utilizado y de la concentración de nitratos en el agua de riego.

Volumen de riego (m ³ /ha)	Cantidad de nitrógeno (N) aportado (kg/ha)								
	Concentración del agua de riego en nitratos (mg/l)								
	5	10	20	30	40	50	60	70	100
2000	2,3	4,5	9,0	13,5	18,0	22,6	27,0	31,6	45,2
3000	3,4	6,8	13,5	20,3	27,0	33,9	40,5	47,4	67,7
4000	4,5	9,0	18,0	27,0	36,0	45,2	54,0	63,2	90,3
5000	5,6	11,3	22,5	33,5	45,0	56,5	67,5	79,0	112,9
6000	6,8	13,5	27,0	40,5	54,0	67,7	81,0	94,8	135,5

Tabla 4.Cantidad de nitrógeno que aporta el agua de riego en función del contenido en nitratos, y los volúmenes de agua aplicados.

La concentración de nitratos en el agua de riego de nuestra parcela es solamente de 1 mg/l y las necesidades de agua anuales ascienden a 4430,5 m³/ha, para los árboles adultos.

Entonces le corresponde solamente 1 kg N/ha y año procedente del agua de riego.

2.2.7. NECESIDADES DE NITRÓGENO

La cantidad total de nitrógeno (N) que cada año debemos aportar a una parcela de almendros mediante el abonado se determina: restando del total de exportaciones efectuadas por los árboles y la hierba de cobertura de la parcela, la suma de aportaciones suministradas por el suelo y el agua de riego:

$$\text{Necesidades de abonado} = \text{Extracciones} - \text{Aportaciones}$$

	EXTRACCIONES			APORTACIONES		NECESIDADES NETAS DE N
	CRECIMIENTO	PRODUCCIÓN	HOJAS	RIEGO	SUELO	
Año 1	22	23	6,72	1	10	40,72
Año 2	22	46	6,72	1	10	63,72
Año 3	22	55	6,72	1	10	72,72
Año 4	22	92	25,21	1	10	128,21
Año 5	22	111	25,21	1	10	147,21
Año 6 +	22	115	25,21	1	10	151,21

Tabla 5. Necesidades de nitrógeno por ha.

3. FÓSFORO

3.1. INTRODUCCIÓN

El fósforo interviene en procesos como la fotosíntesis y la división celular. Su presencia es importante en la formación de raíces, flores y la evolución de los frutos jóvenes.

El aporte de fósforo debe compensar las extracciones, y su aporte debe de ser fraccionado.

El fósforo es poco móvil y está altamente retenido en el suelo. Su aplicación debe de ser localizada dejándolo cerca de las raíces absorbentes. La absorción será mayor en suelos con pH neutro ya que en pH alto, como nuestro caso es fijado por el catión Ca^{2+} .

No se extraen grandes cantidades de fósforo anualmente y son raras las situaciones carenciales de este elemento.

3.2. NECESIDADES DE FÓSFORO

Se estima que se extraen 2 kg de Fósforo cada 1000 Kg. de cosecha más 6 kg en madera, por lo que:

	Producción esperada(kg/ha)	Kg/ha de P_2O_5
Año 1	0	6,0
Año 2	500	8,5
Año 3	1000	11,0
Año 4	2500	18,5
Año 5	3500	23,5
Año 6 y +	5000	31,0

Tabla 6. Necesidades de fósforo (kg/ha).

4. POTASIO

4.1. INTRODUCCIÓN

El potasio es de los tres macronutrientes (N, P, K) el que más directamente influye sobre la calidad de la almendra.

Además interviene en la regulación del mecanismo hídrico de la planta (disminuye la transpiración de la planta).

Favorece la lignificación de la madera, aumentando así la resistencia del almendro a enfermedades y heladas.

También influye directamente sobre el rendimiento del almendro en cuanto que estimula la actividad fotosintética de las hojas.

Bajos niveles de K en el suelo, limitan seriamente la producción de almendra. La deficiencia en potasio produce fallos en yemas de fruto.

El abonado potásico confiere un aumento de peso de la almendra, mejor sabor y una mayor resistencia a condiciones ambientales adversas.

4.2. NECESIDADES DE POTASIO

Se estima que se extraen 14 kg de potasio cada 1000 kg de cosecha más 26 kg en madera, por lo que:

	Producción esperada(kg/ha)	Kg/ha de K ₂ O
Año 1	0	26
Año 2	500	33
Año 3	1000	40
Año 4	2500	61
Año 5	3500	75
Año 6 y +	5000	96

Tabla 7. Necesidades de potasio (kg/ha).

5. MICRONUTRIENTES

5.1. INTRODUCCIÓN

Los micronutrientes son componentes presentes en el árbol pero que están en menor cantidad que el nitrógeno, fósforo y potasio, pero sin dejar de ser igual de importantes.

Su carencia puede provocar anomalías y síntomas que son de difícil diagnóstico sin un análisis de laboratorio, llegando a confundirlos con alguna enfermedad con efectos muy parecidos.

5.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MICRONUTRIENTES

- Magnesio: está retenido en el suelo por el complejo arcillo-húmico, con menos fuerza que el potasio. Son raras las carencias en magnesio ya que los suelos tienen un contenido adecuado de sales magnésicas. En nuestro caso con el pH alto no tendremos problemas.

- Azufre: es un elemento indispensable en el crecimiento del almendro es difícil encontrar estados carenciales, ya que el suelo suele estar bien dotado de este elemento. Además muchos de los fertilizantes y fitosanitarios los contienen.

También se aporta por la lluvia y gases de la industria o la automoción. Es muy móvil en el perfil del cultivo.

- Calcio: tanto en hojas como en partes lignificadas, entre las que se encuentran las cáscaras, contienen grandes cantidades de calcio. El calcio forma parte de la constitución de las membranas celulares.

Los suelos de la España oriental contienen grandes cantidades de caliza activa, en algunos casos constituye pues un problema por exceso y no por defecto.

Solamente puede haber problemas carenciales de calcio en suelos muy ácidos.

- Hierro: el hierro en el suelo puede encontrarse en forma ferrosa (asimilada fácilmente por la planta) o en forma férrica (poco soluble).

En las plantas es un elemento esencial para la formación del pigmento clorofílico, se asimila en forma ferrosa (Fe^{2+}) y en forma orgánica.

El contenido de este elemento en los tejidos vegetales varía entre 20 y 250 miligramos por kg de materia seca.

El hierro toma parte en los procesos respiratorios de la planta y contribuye a la formación de las proteínas.

Los síntomas de su carencia se detectan en las hojas por perder su color verde (clorosis férrica). Primero amarillean las hojas entre los nervios conservando éstas su color verde, siendo las jóvenes las más afectadas.

Los frutales consumen hierro en mucha cantidad, siendo uno de los elementos más importantes para un perfecto desarrollo de los frutos.

Existen diferentes condiciones que provocan una deficiencia de hierro como puede ser la existencia de un pH elevado en el suelo, o que el suelo sea excesivamente calizo o excesivamente rico en fósforo.

- Zinc: forma parte de diversas enzimas y auxinas de crecimiento. Por ellos su falta causa mermas de crecimiento en los entre nudos y hojas pequeñas agrupadas en roseta.

También interfiere en el metabolismo de los glúcidos. Forma parte de la clorofila. Pueden aparecer carencias en suelos muy abonados con fósforo (por antagonismo con este elemento) y en suelos con pH muy alto donde el ion zinc es poco móvil. Por el contrario en suelos muy ácidos puede aparecer toxicidad. El Zinc está presente en muchos fungicidas.

- Cobre: forma parte de diversas enzimas de oxidación.

El comportamiento de este ion es parecido al del zinc, por lo tanto es poco móvil y menos absorbible contra mayor es el pH. Igualmente existe un antagonismo con el fósforo.

Multitud de fungicidas de aplicación común contienen cantidades importantes de cobre.

- Manganeso: forma parte de algunas enzimas y juega un papel importante en la fotosíntesis.

El ion manganeso es bastante asimilable pero a medida que el pH es mayor, este ion se oxida y forma iones trivalentes o tetravalentes que son inasimilables.

Las carencias aparecen más frecuentemente en suelos muy ácidos donde el manganeso ha podido ser lixiviado y en suelos alcalinos o muy calizos.

- Cloro: el almendro tiene unas necesidades muy pequeñas de este elemento. No obstante es un elemento esencial.

El cloro lo suele aportar el agua de lluvia y los suelos están bien dotados de este elemento. El ion cloro es muy móvil. No obstante suele ser más normales los excesos por presencia de cloruros que los déficits.

- Boro: interviene en el transporte de azúcares y en la formación de membranas.

Es un elemento poco móvil dentro del árbol, por lo que la sintomatología aparece frecuentemente localizada.

Su carencia aparece más frecuentemente en los suelos o muy ácidos o muy básicos. Tanto la sequía prolongada como la humedad extrema favorecen las carencias.

- Molibdeno: su importancia se le da al hecho de que este elemento es indispensable para el metabolismo del nitrógeno. Al contrario que en casi todos los demás oligoelementos se asimila mejor en suelos con pH alto, de forma que en suelos básicos no habrá problemas carenciales para este elemento.

6. FERTIRRIGACIÓN

6.1. INTRODUCCIÓN

La fertirrigación es una técnica basada en la aplicación de los fertilizantes disueltos en el agua de riego, de gran importancia en cultivos regados mediante sistemas de riego localizado.

Su principal objetivo es aprovechar el flujo de agua del sistema de riego para transportar los elementos nutritivos que necesita la planta hasta el lugar donde se desarrollan preferentemente las raíces, con lo cual se optimiza el uso del agua y de los nutrientes.

Uno de los efectos de los riegos localizados de alta frecuencia es que las raíces se concentran en un volumen de suelo más limitado que en el caso de riegos no localizados, lo que obliga a aplicar los abonos también de forma localizada y frecuentemente, ya que si se abonase de forma tradicional, parte de los abonos caerían fuera del volumen de suelo explorado por las raíces y se desaprovecharían.

Además, la alta densidad y actividad radicular del bulbo húmedo agotaría rápidamente las reservas del suelo, por lo que éstas deberían reponerse con frecuencia, sobre todo los elementos más fácilmente lavables.

En principio, la aplicación localizada y frecuente de los abonos podría realizarse sin necesidad de añadirlos al agua de riego, pero ello conllevaría un encarecimiento de la operación, sobre todo de la mano de obra. En cambio, la aplicación de abonos mediante fertirrigación tiene un coste operacional muy reducido, aunque necesita una cierta inversión en instalaciones y requiere el empleo de fertilizantes más caros que los convencionales.

6.2. VENTAJAS DE LA FERTIRRIGACIÓN

La fertirrigación nos confiere una serie de ventajas, las cuales se detallan a continuación:

- Ahorro de fertilizantes debido a la localización en las proximidades de las raíces, menores pérdidas por lavado y volatilización, mayor pureza de los abonos.
- Mejor asimilación: el elevado contenido de humedad en que se mantiene permanentemente el suelo favorece la disolución y asimilación de los elementos fertilizantes.
- Mejor distribución: no solo por su homogeneidad sino también el perfil del suelo. Esto supone una gran ventaja para la absorción del P y K, en los abonos tradicionales se acumulan en las capas superficiales, mientras que en

los riegos localizados de alta frecuencia pueden alcanzar profundidades de 50 cm para el P y 60 cm para el K aplicando determinadas técnicas de manejo del riego.

- Adecuación del abonado a las necesidades del momento: en este sentido las posibilidades de la fertirrigación son enormes y en la actualidad no se aprovechan por el desconocimiento que se tiene de las exigencias de los cultivos en sus distintas fases.

- Rapidez de actuación ante síntomas carenciales y facilidad de aplicar no solo macroelementos (N, P, K), sino también elementos secundarios (S, Ca, y Mg) y microelementos (Fe, B, Mn, Cu, Zn, y Mo).

- Mayor ahorro en la distribución de los abonos.

- Posibilidad de utilizar las instalaciones para aplicar otros productos tales como herbicidas, fungicidas, insecticidas, etc.

6.3. INCONVENIENTES DE LA FERTIRRIGACIÓN

La fertirrigación tiene una serie de inconvenientes que suelen ser por un mal funcionamiento o un manejo incorrecto:

- Obturaciones por precipitados causados por incompatibilidad de los distintos fertilizantes entre sí o con el agua de riego, o debidas a una disolución insuficiente.

- Aumento excesivo de la salinidad del agua de riego.

- La pureza de los fertilizantes han supuesto el inconveniente de que faltan algunos elementos que aparecían como impurezas en los abonos tradicionales, por ello, la aplicación de elementos secundarios y microelementos es más importante que en los abonos convencionales.

6.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS

Los productos utilizados en la fertirrigación tienen una serie de características que se detallan a continuación:

- Solubilidad: los productos usados en fertirrigación deben tener un grado de solubilidad suficiente para evitar obturaciones causadas por partículas sin disolver. Antes de su aplicación hay que preparar una disolución concentrada (disolución madre), por lo que es necesario conocer su grado de solubilidad para saber la cantidad máxima que se puede añadir a una determinada cantidad de agua.

La solubilidad varía con la temperatura de la disolución, por lo que deberá conocerse las características y condiciones de trabajo de los productos en estado puro y disuelto en agua.

- Acidez: el pH de los productos puros, varía al mezclarlos y disolverlos, condicionando el pH final de la solución que se aplicará al suelo. De esta forma debemos saber de qué manera varía y en función de qué parámetros lo hace. Interesa mantener reacción ácida (pH entre 2 y 4) para facilitar la solubilización de los compuestos de calcio y evitar precipitaciones calcáreas en las conducciones.

- Salinidad: la concentración salina de la disolución del suelo influye en el esfuerzo de succión que realiza la planta para absorber el agua. Si el agua es de buena calidad, se pueden utilizar sin problema concentraciones altas en el abonado.

- Pureza: los productos deben tener un alto grado de pureza para evitar sedimentos o precipitados que obstruyan la instalación de riego, lo cual puede reducir tanto la eficacia del riego como de la fertilización, afectando a la producción de forma negativa.

- Toxicidad: se debe de evitar la incorporación de elementos tóxicos o no deseables como el cloro, el sodio o un exceso de magnesio, ya que añadidos a los existentes en el agua de riego pueden llegar a dosis perjudiciales.

- Compatibilidad de las mezclas: los productos utilizados en la preparación de las soluciones deben ser compatibles entre ellos y con el agua de riego. Por tanto, será necesario conocer sus compatibilidades e interacciones para evitar reacciones químicas que originen productos sólidos insolubles.

En general, deben evitarse las mezclas de productos que contienen sulfatos o fosfatos con los que contienen nitrato cálcico, cloruro potásico, etc. También hay que tener en cuenta el antagonismo entre el potasio y el magnesio, que no podrán aplicarse juntos.

Por último, los productos deben ser de manejo no peligroso y no ser corrosivos para los materiales de la instalación.

6.5. PRODUCTOS DE FERTIRRIGACIÓN EN EL MERCADO

A continuación se detallan los principales productos utilizados en fertirrigación:

- Urea: es un producto orgánico que tiene un contenido en nitrógeno del 46 %, todo en forma uréica. Su solubilidad es muy alta (1033 gramos por litro a 20º C).

De la misma forma que el nitrato amónico, reduce bastante la temperatura de la solución, pero no saliniza el agua, por lo que resulta muy apropiado en el caso de aguas o suelos salinos. Tampoco acidifica el agua o suelo. Para la preparación de la solución madre, se utiliza la misma relación que en el producto anterior, una parte de abono, dos de agua. La falta de retención de este producto por parte del suelo, puede provocar pérdidas por lixiviación o lavado si no se controla bien su aplicación.

- Nitrato amónico: solamente consideraremos el nitrato amónico de mayor graduación y libre de productos insolubles (33.5 – 35 %). Es uno de los productos con mayor solubilidad (1920 gramos por litro a 20º C). Las disoluciones madre se preparan con una parte de abono y dos de agua. Al preparar dichas disoluciones, este producto reduce la temperatura y el pH del agua. Su contenido en nitrógeno se encuentra en forma nítrica y en forma amoniacal (al 50 %). Es uno de los más recomendados para la fertirrigación.

- Nitrato Potásico: es un producto totalmente soluble, pero el grado de solubilidad de este nitrato es mucho más bajo que los observados hasta ahora en otros productos (316 gramos por litro a 20º C). Es un producto excelente para la fertirrigación por aportar nitrógeno (13 %) y potasio (46 % de K₂O) con el efecto de ambos productos.

- Sulfato Potásico: su grado de solubilidad es bastante bajo (110 gramos por litro a 20º C). Contiene un 50 % de K₂O y un 17 % de azufre, sin embargo se requiere utilizar el producto cristalino con la pureza necesaria. Es más salino que el nitrato potásico. La solución madre se realiza con una relación 1 a 10.

- Fosfato Monoamónico: su solubilidad es media-baja (661 gramos por litro a 20º C). Su riqueza en nutrientes es variada, un 12% de nitrógeno y un 60% de P₂O₅.

Es un producto con bajo efecto salinizante y con reacción ácida. Es una de los productos más utilizados. La solución madre se prepara en proporción 1-4 o 1-5. La solución requiere una gran agitación.

- Solución nitrogenada del 20 % de nitrógeno: disolución de nitrato amónico con características análogas a él. Se usa en fertirrigación por sus características, siendo éstas bastante apropiadas. Tiene pH ligeramente ácido, que puede acidificarse con la adición de ácido nítrico en riegos localizados, si el agua usada para ello lo requiere.

- Solución nitrogenada del 32 % de nitrógeno: se prepara con nitrato amónico y urea al 50 % aproximadamente. Su densidad es de 1.32 Kg. / litro. Su reacción es neutra o quizá ligeramente alcalina. Se inyecta en la red de riego directamente o diluido. Provoca baja salinidad. El nitrógeno se compone de tres formas diferentes: 25 % de nitrógeno amoniacal, 25 % de nitrógeno nítrico y 50 % de nitrógeno ureico. Esta mezcla presenta grandes ventajas en fertirrigación, pero es problemática por el elevado contenido de nitrógeno en forma uréica, cuya transformación a forma nítrica es algo lenta. En suelos arenosos puede aumentar pérdidas por lavado. Tiene pH prácticamente neutro.

- Nitrato de Magnesio líquido: es similar al anteriormente descrito, con la misma riqueza aproximada en nitrógeno, pero con un contenido en magnesio del 6 %. Este producto se usa para aportar magnesio al suelo.

- Ácido nítrico: contiene un contenido en nitrógeno del 12 % y se suele usar más como corrector del pH de las soluciones madre durante su preparación, que como fertilizante propiamente dicho. Se usa por tanto para evitar posibles problemas de insolubilización en la aplicación del fertilizante. Es usado también para la limpieza de tuberías de cal. La utilización de este producto conlleva un alto riesgo por ser muy corrosivo, por lo que se pondrá especial cuidado en su uso.

- Ácido fosfórico: su uso se está dirigiendo a la aportación del fósforo necesario especialmente en los riegos localizados. Para este fin, se debe depurar el producto mediante decantación y filtrado para la eliminación de impurezas existentes. La riqueza en P₂O₅ se encuentra entre el 45 – 55 %, dependiendo del grado de su disolución. El producto más concentrado con un 54 %, contiene una riqueza de ácido fosfórico del 75 %. Su acción por tanto es muy acidificante, por lo que sirve muy bien para reducir el pH del suelo o de las soluciones. Para evitar el riesgo de corrosión, solamente es necesario diluirlo lo suficiente.

- Solución de potasa: es una solución diluida de cloruro potásico, con un contenido en K₂O del 10 % y con un pH muy ácido.

- Complejos líquidos: son abonos que contienen dos o tres de los elementos nutritivos principales: nitrógeno, fósforo y potasio. Son por tanto soluciones completas listas para su uso, sin necesidad de preparar soluciones madre.

Se debe adoptar en cada caso, la fórmula adecuada de equilibrio, aunque tienen una limitación en el contenido total de nutrientes del 30 %, no pudiendo superarse este porcentaje.

Pueden utilizarse directamente añadiéndolas al agua de riego como se hace con las soluciones madre. Se preparan con los componentes simples descritos anteriormente como la urea, sales potásicas, fosfatos, etc. Se escogerá un producto u otro dependiendo de las características del agua al que se va a aplicar, principalmente se debe tener muy en cuenta su pH.

6.5.1. CARACTERÍSTICAS PRODUCTOS COMERCIALES

A la hora de aplicar fertilizantes mediante fertirrigación hay que asegurarse de que no se obturen los sistemas de riego con precipitados o impurezas.

Los productos nitrogenados no presentan problemas en este sentido, con la excepción del amoníaco y sus soluciones, que aumentan el pH de la solución y, con ello, el riesgo de que se produzcan precipitados de sales que obturarían los goteros.

El uso de productos fosfatados puede provocar problemas de obturación, sobre todo en aguas muy calizas, lo cual se puede evitar reduciendo el pH de la solución. Para ello, se puede emplear fosfato monoamónico, que tiene reacción ácida, o bien se añade ácido nítrico a la mezcla.

El empleo de sales potásicas solubles no presenta problemas importantes de precipitación ni de obturación.

Por otro lado, en aquellos casos en que las características del agua de riego y del suelo supongan que existe riesgo de salinización, se deberá tener en cuenta el contenido en sales de los fertilizantes que se van a utilizar. En nuestro caso, los análisis de suelo y de agua de riego muestran que sus características no suponen riesgo de salinidad.

Productos	Riquezas nutrientes (%)				Solubilidad (gr/l)	Densidad (kg/l)	Sal.	Acidez
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Otros				
Nitrato	33,5	-	-	-	2190	-	104	59 A
Urea	46	-	-	-	1033	-	75,4	85 A
Sol. Nitrog.20	20	-	-	-	-	1,25	57,3	-
Sol. Nitrog.32	32	-	-	-	-	1,32	70,1	58 A
Ácido nítrico	13	-	-	-	-	1,36	-	26 A
Nitrato de magnesio	7	-	-	6 Mg	-	-	42,6	-
Ácido fosfórico 55	-	40	-	-	-	1,40	-	38 A
Ácido fosfórico 75	-	54	-	-	-	1,48	-	38 A
Sulfato potásico	-	-	50	18 S	120	-	46,1	Neutro
Solución de potasa	-	-	10	3 S	-	1,1	18,8	
Nitrato potásico	13	-	46	-	335	-	73,6	26 B
Fosfato monoam.	12	6	-	-	400	-	34,	65 A

Tabla 8: Características de los principales productos usados en fertirrigación.
(Domínguez Vivancos, A., Tratado de fertilización)

A continuación se muestra una tabla con las posibles incompatibilidades de los productos usados en fertirrigación más habituales.

La letra “C” se refiere a productos compatibles, la letra “I” se refiere a que son productos incompatibles y por tanto se debe de evitar su mezcla.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Nitrato amónico	--	C	C	X	I	C	X	X	C	C
2	Sulfato amónico	C	--	C	X	I	C	I	I	C	C
3	Sulfato de magnesio	C	C	--	X	I	C	C	--	C	C
4	Urea	X	X	X	--	X	X	X	X	C	C
5	Nitrato cálcico	I	I	I	X	--	C	I	I	I	C
6	Nitrato potásico	C	C	C	X	C	--	C	C	C	C
7	Fosfato monoamónico	X	I	C	X	I	C	--	C	C	C
8	Acido fosfórico	X	I	--	X	I	C	C	--	C	C
9	Sulfato de potasio	C	C	C	C	I	C	C	C	--	C
10	Cloruro potásico	C	C	C	C	C	C	C	C	C	--

Tabla 9: Tabla de compatibilidad. (M.Pastor. Cultivo del olivo con riego localizado, 2005)

7. PROGRAMA DE FERTIRRIGACIÓN

7.1. INTRODUCCIÓN

El almendro, al ser una planta leñosa, no presenta una respuesta inmediata a la fertilización, sino a medio y largo plazo. En consecuencia, no se debe esperar una respuesta anual a la misma, pero debe realizarse regularmente para garantizar una producción media más elevada y uniforme.

El empleo de la fertirrigación asegura una respuesta mucho más rápida al abonado que con la fertilización convencional. Las necesidades se calculan sobre la base de la fertilización tradicional. Se debe tener en cuenta que la aplicación de abonos se realiza sólo en el bulbo húmedo, por lo que su aprovechamiento por la planta es casi total.

7.3. NECESIDADES NETAS

Las necesidades fertilizantes han sido calculadas en el inicio de este anejo. En la siguiente tabla se muestra un resumen de estas necesidades a lo largo de la vida del almendro.

Año	Necesidades netas (kg/ha)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	40,72	6,0	26
2	63,72	8,5	33
3	72,72	11,0	40
4	128,21	18,5	61
5	147,21	23,5	75
6 y +	151,21	31,0	96

Tabla 10: necesidades netas fertilización.

- Año 1: para aportar 26 kg/ha de K₂O es necesario aplicar 56 kg de nitrato potásico con una riqueza del 46%. Estos 56 kg de nitrato potásico aportan 7,3 kg de nitrógeno, por lo que se debe de completar hasta los 40,72 kg necesarios con 100,6 kg de nitrato amónico del 33,5 %. El fósforo se aporta mediante la aplicación de 11,1 litros de ácido fosfórico del 54%.

- Año 2: para aportar 33 kg/ha de K₂O es necesario aplicar 71,7 kg de nitrato potásico con una riqueza del 46%. Estos 71,7 kg de nitrato potásico aportan 9,3 kg de nitrógeno, por lo que se debe de completar hasta los 63,72 kg necesarios con 162,4 kg de nitrato amónico del 33,5 %. El fósforo se aporta mediante la aplicación de 15,7 litros de ácido fosfórico del 54%.

- Año 3: para aportar 40 kg/ha de K₂O es necesario aplicar 86,9 kg de nitrato potásico con una riqueza del 46%. Estos 86,9 kg de nitrato potásico aportan 11,3 kg de nitrógeno, por lo que se debe de completar hasta los 72,72 kg necesarios con 183,3 kg de nitrato amónico del 33,5 %. El fósforo se aporta mediante la aplicación de 20,4 litros de ácido fosfórico del 54%.

- Año 4: para aportar 61 kg/ha de K₂O es necesario aplicar 132,6 kg de nitrato potásico con una riqueza del 46%. Estos 132,6 kg de nitrato potásico aportan 17,2 kg de nitrógeno, por lo que se debe de completar hasta los 128,21 kg necesarios con 331,37 kg de nitrato amónico del 33,5 %. El fósforo se aporta mediante la aplicación de 34,2 litros de ácido fosfórico del 54%.

• Año 5: para aportar 75 kg/ha de K₂O es necesario aplicar 163 kg de nitrato potásico con una riqueza del 46%. Estos 163 kg de nitrato potásico aportan 21,2 kg de nitrógeno, por lo que se debe de completar hasta los 147,21 kg necesarios con 376,1 kg de nitrato amónico del 33,5 %. El fósforo se aporta mediante la aplicación de 43,5 litros de ácido fosfórico del 54%.

• Año 6 y sucesivos: para aportar 96 kg/ha de K₂O es necesario aplicar 208,7 kg de nitrato potásico con una riqueza del 46%. Estos 208,7 kg de nitrato potásico aportan 27,1 kg de nitrógeno, por lo que se debe de completar hasta los 151,21 kg necesarios con 370,5 kg de nitrato amónico del 33,5 %. El fósforo se aporta mediante la aplicación de 57,4 litros de ácido fosfórico del 54%.

Año	Nitrato potásico 13-0-46	Nitrato amónico 33,5-0-0	Ácido fosfórico 0-54-0
1	56	100,6	11,1
2	71,7	162,4	15,7
3	86,9	183,3	20,4
4	132,6	331,37	34,2
5	163,0	376,1	43,5
6 y +	208,7	370,5	57,4

Tabla 11. Resumen anual de aplicación de abonos en kg/ha

8. ENMIENDAS

8.1. ORGÁNICA

En el anejo perteneciente al Análisis edafológico se comprobó que el suelo tiene un contenido en materia orgánica era 0,56 %, por lo que se trata de una cifra muy baja.

Antes de realizar la plantación se realizará un aporte de estiércol de vacuno maduro y bien descompuesto. La cantidad a aplicar será 40 t/ha, que es

una cantidad adecuada para aumentar el contenido de materia orgánica del suelo y aproximarse al 2%. Por cada 30 t/ha que se aplcan, aumenta un 1% el contenido de materia orgánica del suelo (García-Serrano,P, y Ruano,S, 2010).

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

ANEJO X: DISEÑO AGRONÓMICO

ÍNDICE ANEJO X

DISEÑO AGRONÓMICO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. BALANCE HIDRICO.....	2
2.1. ESTADO DEL AGUA EN EL SUELO.....	2
2.2. AGUA DISPONIBLE.....	3
2.3. AGUA FÁCILMENTE DISPONIBLE.....	5
3. NECESIDADES NETAS DE RIEGO.....	7
3.1. INTRODUCCIÓN.....	7
3.2. CORRECCION DE LAS NECESIDADES NETAS.....	8
3.2.1. COEFICIENTE CORRECTOR POR LOCALIZACION (K1)...	9
3.2.2. COEF. CORRECTOR POR VAR. CLIMÁTICA (K2).....	10
3.2.3. COEFICIENTE CORRECTOR POR ADVECCIÓN (K3).....	10
4. NECESIDADES DE RIEGO.....	12
4.1. NECESIDADES DE LAVADO.....	12
4.2. PÉRDIDAS POR PERCOLACIÓN PROFUNDA.....	13
4.3. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD.....	14
4.4. NECESIDADES TOTALES DE RIEGO.....	14
5. SUPERFICIE MOJADA POR UN EMISOR.....	16
6. PORCENTAJE DE SUPERFICIE MOJADA.....	17
7. NÚMERO DE EMISORES POR PLANTA.....	18
8. SEPARACIÓN ENTRE EMISORES.....	19
9. PROFUNDIDAD DEL BULBO HÚMEDO.....	21
10. DOSIS, DURACIÓN E INTERVALO DEL RIEGO.....	21
11. ELECCIÓN DE EMISORES.....	23

DISEÑO AGRONÓMICO

1. INTRODUCCION

En el presente anejo se realiza el diseño agronómico de la instalación de riego localizado de la plantación de almendros que nos ocupa.

La consecución de este diseño no se podría obtener sin antes conocer una serie de factores como son:

- La textura, densidad, profundidad y tipo de suelo.
- La precipitación efectiva y la evapotranspiración del cultivo.
- El marco de plantación, diámetro de copa y profundidad de las raíces.
- El pH y conductividad del agua de riego.

Con los datos anteriores y utilizando las fórmulas adecuadas se obtienen las necesidades netas de agua para el mes crítico.

El diseño agronómico se realiza para las necesidades de julio, de esta manera el cálculo de las tuberías y laterales de riego se dimensionan para cubrir el periodo de riego más exigente.

Tras el cálculo de las necesidades netas, se determinará:

- Superficie o área mojada por cada emisor.
- Porcentaje de suelo mojado.
- Número de emisores por planta.
- Separación entre emisores.
- Dosis de riego.
- Duración del riego.
- Intervalo entre riegos.

2. BALANCE HIDRICO

2.1. ESTADO DEL AGUA EN EL SUELO

En el suelo se pueden diferenciar distintos estados de agua dependiendo de la utilización que hacen las plantas:

► **Saturación:** el suelo permanece saturado al llenarse todos los poros disponibles de agua debido a lluvias o riegos abundantes, o si el suelo es poco profundo. Si el suelo tiene posibilidad de drenar, el agua que sobra se va hacia el subsuelo.

Si el estado de saturación dura mucho tiempo, las plantas sufren asfixia radicular, debido a que no hay aire en los poros.

► **Capacidad de campo (CC):** es el estado en que el suelo no pierde más agua por gravedad, estando sus poros pequeños ocupados por agua y los grandes por aire. La capacidad de campo depende de la textura del suelo.

► **Punto de marchitez permanente (PMP):** las plantas absorben agua y se produce evaporación por parte del suelo, llegando un punto a partir del cual las plantas no puede absorber el agua necesaria. Entonces se produce un marchitamiento irreversible de las plantas. Al igual que la capacidad de campo, depende de la textura del suelo.

Para calcular la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP) se utilizan las fórmulas de Peele y Briggs:

$$CC = 0,48 \cdot \% \text{ arcilla} + 0,162 \cdot \% \text{ limo} + 0,023 \cdot \% \text{ arena} + 2,62$$

$$PMP = 0,302 \cdot \% \text{ arcilla} + 0,102 \cdot \% \text{ limo} + 0,0147 \cdot \% \text{ arena}$$

Sustituyendo en estas fórmulas la composición del suelo expresada en humedad gravimétrica:

$$\% \text{ arcilla} = 20,4$$

$$\% \text{ limo} = 11,5$$

$$\% \text{ arena} = 68,1$$

las fórmulas quedan de la siguiente manera:

$$CC = 0,48 \cdot 20,4 + 0,162 \cdot 11,5 + 0,023 \cdot 68,1 + 2,62 = \mathbf{15,84 \%}$$

$$PMP = 0,302 \cdot 20,4 + 0,102 \cdot 11,5 + 0,0147 \cdot 68,1 = \mathbf{8,33 \%}$$

2.2. AGUA DISPONIBLE

El agua disponible es la porción que pueden absorber las raíces con cierta rapidez con la intención de compensar las pérdidas que sufre la planta debido a la transpiración.

$$\text{Agua disponible} = CC - PMP$$

El agua no disponible está retenida en el suelo con mucha fuerza por lo que la planta no puede hacer uso de ella con la rapidez necesaria para compensar la transpiración y no sufrir marchitamiento. Es el agua que queda en el suelo por debajo del punto de marchitez permanente.

El agua sobrante es el agua que es liberada del suelo debido a la gravedad, por lo que no se puede aprovechar.

En la siguiente imagen se pueden apreciar la distribución del agua en el suelo.



Imagen 1. Distribución del agua en el suelo

El agua disponible que contiene una hectárea del suelo objeto del proyecto se calcula a continuación, tras conocer los siguientes datos:

- ▶ Capacidad de campo (CC) = 15,84%
- ▶ Punto de marchitez permanente (PMP) = 8,33%
- ▶ Densidad aparente del suelo = 1,50 tm/m³
- ▶ Profundidad del suelo = 1 m

Debido a que no se dispone del valor de la densidad aparente del suelo, se puede obtener una aproximación dependiendo de la textura, en este caso franco-arenosa. El valor se obtiene mediante en una tabla del USDA (www.mn.nrcs.usda.gov).

La profundidad del suelo real no se conoce con exactitud, pero se hizo una cata con la barrena de toma de muestras hasta un metro de profundidad y no apareció ninguna capa impermeable ni roca madre, por lo que se adopta una profundidad de 1 m.

El peso de una hectárea (ha) de suelo:

$$10000 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ m} \cdot 1,50 \text{ tm/m}^3 = 15000 \text{ tm.}$$

El agua disponible será:

$$CC - PMP = 15,84 - 8,33 = 7,51\%$$

Volumen de agua disponible en una hectárea de suelo:

$$15000 \text{ tm} \cdot 0,0751 = 1126,5 \text{ tm} = \mathbf{1126,5 \text{ m}^3}$$

2.3. AGUA FÁCILMENTE DISPONIBLE

Es la parte del agua disponible que los cultivos aprovechan fácilmente sin que disminuya el rendimiento máximo.

Si el agua del suelo se mantiene cerca de la capacidad de campo, el almendro podrá utilizar el agua sin tener que realizar grandes esfuerzos.

Agua fácilmente disponible = reserva disponible x fracción de agotamiento

Fracción de agotamiento (f): depende del cultivo, del suelo y del nivel de transpiración. Se expresa en mm de altura de agua o en m³/ha. Es un valor que esta tabulado. Para el almendro se adopta una fracción de agotamiento (f) de 0,4 (FAO).

Para el cálculo de la reserva de agua fácilmente disponible en el suelo de la parcela objeto del proyecto se disponen de los siguientes datos:

- ▶ $CC = 15,84\% = 0,1584$ cm de altura de agua por cm de profundidad
- ▶ $PMP = 8,33\% = 0,0833$ cm de altura de agua por cm de profundidad
- ▶ Profundidad del suelo = 1 m
- ▶ Fracción de agotamiento del agua disponible $f = 0,4$

Agua disponible:

$$CC - PMP = 0,1584 - 0,0833 = 0,0751 \text{ cm de agua por cm de suelo}$$

En una profundidad de 1 m existe una reserva de agua disponible de:

$$0,0751 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} = 7,51 \text{ cm}$$

De esta agua, será fácilmente disponible:

$$7,51 \text{ cm} \times 0,4 = 3,00 \text{ cm} = 30 \text{ mm de altura de agua}$$

Teniendo en cuenta que:

$$1 \text{ mm de altura de agua} = 1 \text{ litro/m}^2 = 10000 \text{ litros/ha} = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$$

La reserva de agua fácilmente disponible por hectárea será:

$$30 \text{ mm} = 30 \text{ litros/m}^2 = 300000 \text{ litros/ha} = \mathbf{300 \text{ m}^3/\text{ha}}$$

En la siguiente tabla se representa el balance hídrico sencillo mes a mes. Es muy útil para conocer el mes que se inician los riegos y la cantidad teórica que hay que restituir para que el almendro disponga en el suelo la cantidad de agua fácilmente disponible (AFD).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pe	4,6	0,0	6,7	20,2	14,8	6,0	0,3	0,0	16,1	11,7	8,3	5,5
ETc	0,0	0,0	31,0	66,3	107,2	154,2	191,2	175,8	88,5	33,7	13,2	0,0
Pe-ETc	4,6	0,0	-24,3	-46,1	-92,4	-148,2	-190,9	-175,8	-72,4	-22,0	-4,9	5,5
AFD	30,0	30,0	5,7	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
DEF	0,0	0,0	-24,3	-46,1	-92,4	-148,2	-190,9	-175,8	-72,4	-22,0	-4,9	0,0
EXC	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5

Tabla 1. Balance hídrico

En este balance se tiene en cuenta la precipitación efectiva, dato que posteriormente no se considera para el cálculo de las necesidades netas de agua.

Tras los cálculos efectuados anteriormente se conoce que el agua fácilmente disponible es de 300 m³/ha, lo que equivale a 30 mm. Esta cantidad se considera de inicio en el mes de diciembre ya que en noviembre se riega y el

suelo queda a capacidad de campo. Este riego es habitual en plantaciones de almendro ya que favorece la aparición de nuevos brotes para el año siguiente, además de resultar efectivo en el control de las sales del bulbo húmedo, ya que se produce su lixiviación.

El mes de diciembre y enero tienen un exceso de agua, ya que el cultivo no tiene evapotranspiración pero si precipitación efectiva, y el suelo ya está a capacidad de campo.

El mes de marzo se comenzará a regar, aunque la diferencia entre precipitación efectiva y evapotranspiración del cultivo sea menor que la reserva de agua fácilmente disponible, ya que interesa que ésta permanezca lo más cercana posible a su máximo.

Durante los meses de marzo a noviembre es necesario regar.

3. NECESIDADES NETAS DE RIEGO

3.1. INTRODUCCIÓN

En el riego localizado de alta frecuencia, el cálculo de las necesidades netas de agua es de suma importancia, ya que el papel del suelo como reservorio de agua es muy limitado.

A efectos de diseño interesa el valor punta, ya que condiciona el diseño de la instalación de riego.

Es necesario aplicar unos coeficientes correctores para lograr valores más reales.

Las necesidades netas se calculan con la siguiente ecuación:

$$N_n = ET_c - P_e - G_w - \Delta w \quad \text{donde:}$$

- N_n = necesidades netas
- ET_c = Evapotranspiración de cultivo
- P_e = precipitación efectiva
- G_w = aporte capilar
- Δw = variación de almacenamiento de agua

En el diseño, el agua aportada por la precipitación efectiva no se considera ya que es muy improbable que llueva en el intervalo entre dos riegos, debido a que en los riegos localizados de alta frecuencia se suele regar todo los días.

No se consideran ni el aporte capilar, ya que la capa freática no está suficientemente cerca, ni las variaciones de almacenamiento, ya que se repone con alta frecuencia el agua extraída.

La ecuación anterior queda de la siguiente manera:

$$N_n = ET_c$$

3.2. CORRECCION DE LAS NECESIDADES NETAS

El agua que se aplica mediante el riego localizado de alta frecuencia solamente moja una parte de la superficie del suelo. Esta circunstancia provoca una evaporación menor comparada con la que se produce en otros tipos de riego en los que se moja toda la superficie del suelo, como es el caso del riego por aspersión. Por contra, la transpiración suele ser mayor, ya que la temperatura de los tallos y hojas aumenta debido a que el suelo no mojado se calienta más que el suelo húmedo.

Los riegos localizados de alta frecuencia intentan mantener el nivel de humedad del suelo cerca de capacidad de campo para que el árbol pueda absorber el agua con mayor facilidad y mantener niveles óptimos de transpiración.

Las necesidades netas deben corregirse mediante la aplicación de unos coeficientes que se detallan a continuación:

$$N_n = ET_c \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

- K_1 = Coeficiente corrector por localización
- K_2 = Coeficiente corrector por variación climática
- K_3 = Coeficiente corrector por advección

3.2.1. COEFICIENTE CORRECTOR POR LOCALIZACION (K_1)

Se han descrito varios procedimientos que corrigen las necesidades netas por el efecto de la localización, pero el más práctico es el que se basa en la fracción de área sombreada o superficie ocupada por cada árbol con relación a la superficie del marco de plantación elegido.

La fracción de área sombreada (FAS) se calcula mediante la siguiente expresión:

- Marco de plantación 7 x 7 m
- Diámetro de copa 4,50 m
- Radio de copa 2,25 m

$$FAS = \frac{\text{área sombreada por árbol}}{\text{superficie marco de plantación}}$$

$$FAS = \frac{\pi \cdot 2,25^2}{7 \cdot 7} = 0,32$$

El valor del coeficiente corrector de localización depende de la fracción de área sombreada, y se calcula mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{ALJIBURY et al.} \rightarrow K_1 = 1,34 \cdot \text{FAS} = 0,43$$

$$\text{DECROIX} \rightarrow K_1 = 0,1 + \text{FAS} = 0,42$$

$$\text{HOARE et al.} \rightarrow K_1 = \text{FAS} + 0,5 \cdot (1-\text{FAS}) = 0,66$$

$$\text{KELLER} \rightarrow K_1 = \text{FAS} + 0,15 (1-\text{FAS}) = 0,42$$

Si se eliminan los dos valores extremos (Hoare et al. y Keller), la media entre los dos restantes (Aljibury et al. y Decroix) resulta:

$$K_1 = 0,42$$

3.2.2. COEFICIENTE CORRECTOR POR VARIACIÓN CLIMÁTICA (K_2)

Los valores obtenidos de la evapotranspiración de cultivo corresponden a unos datos climáticos medios de un determinado período. Esto supone que en la mitad de los años las necesidades calculadas serán insuficientes.

En riego localizado se puede aplicar con gran exactitud la cantidad de agua necesaria, siendo necesario aumentar estas necesidades hídricas un 15 o 20%. Esto se traduce en un valor de K_2 entre 1,15-1,20. Se adopta el siguiente valor:

$$K_2 = 1,20$$

3.2.3. COEFICIENTE CORRECTOR POR ADVECCIÓN (K_3)

La corrección por advección tiene en cuenta el movimiento del aire que llega al cultivo, la superficie regada y en qué circunstancias se encuentran las parcelas vecinas.

La transformación de riego de una zona introduce cambios en el microclima aumentando la humedad relativa y disminuyendo las temperaturas medias.

El aire caliente y seco de los secanos cercanos tiene un efecto sobre los cultivos de regadío aumentando su evapotranspiración y el efecto contrario cuando el aire llega cargado de humedad. Estos efectos son conocidos como “efecto de ropa tendida” y “efecto oasis”.

La corrección por advección a aplicar depende del tamaño de la zona de riego.

El valor del coeficiente corrector por advección se obtiene de un gráfico que se muestra a continuación.

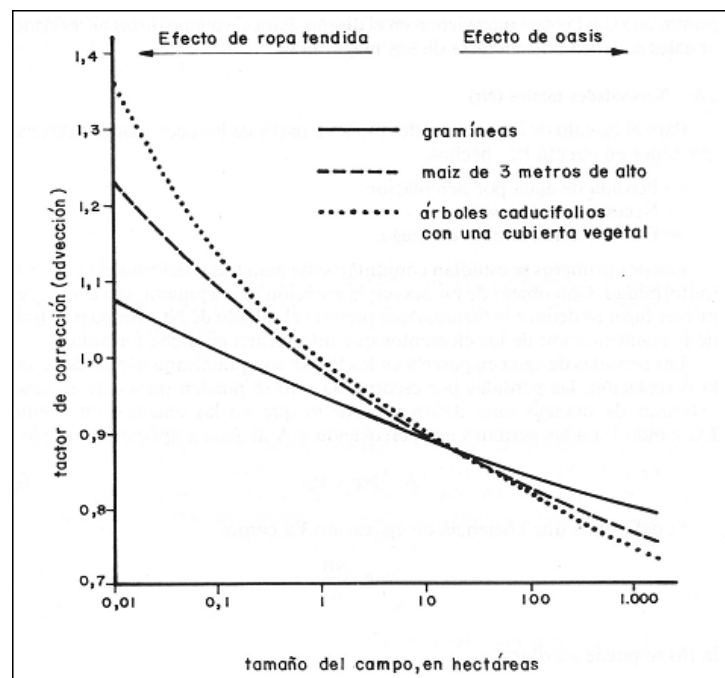


Gráfico 1. Factor de corrección por advección

Se deben de conocer los siguientes valores:

- Tamaño de la parcela = 20 ha.
- Árbol caducifolio con cubierta vegetal (se elige la curva con línea de puntos)

Se obtiene un valor de $K_3 = 0,9$

Por lo tanto, aplicando los coeficientes K_1 , K_2 , K_3 y $ET_c = 6,17$ mm/día del mes de Julio (mes con evapotranspiración de cultivo máxima diaria) queda:

$$N_n = ET_c \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

$$N_n = 6,17 \cdot 0,42 \cdot 1,20 \cdot 0,9$$

$$\mathbf{N_n = 2,80 \text{ mm}}$$

que por planta y día supone: $2,80 \text{ l/m}^2 \times 7 \text{ m} \times 7 \text{ m} = 137,2$ litros/planta y día

4. NECESIDADES DE RIEGO

Las necesidades totales de riego siempre son mayores que las necesidades netas. Esto es debido a que es necesario aportar cantidad extra para compensar las pérdidas por:

- Percolación profunda.
- Necesidades de lavado (salinidad).
- Falta de uniformidad del riego.

4.1. NECESIDADES DE LAVADO

En el análisis de suelos se puede apreciar que no existen problemas de salinidad, aunque a efectos de cálculo se debe obtener el exceso de agua necesario para que aleje las sales existentes del bulbo húmedo.

La fracción de lavado en riegos de alta frecuencia es:

$$RL = \frac{CE_r}{2 \cdot CE_{esmax}} \quad \text{donde:}$$

- CE_r es la conductividad eléctrica del agua de riego)
- CE_{esmax} es la conductividad eléctrica máxima en el extracto de saturación del suelo)
- RL = Fracción de lavado

Conocidos los siguientes valores:

- $CE_r = 0,299$ dS/m (dato obtenido en el análisis de agua de riego)
- $CE_{esmax} = 7$ dS/m (dato obtenido en tabla 2.1 Teodoro Montalvo, 2005)

se obtiene:

$$RL = \frac{0,299}{2 \cdot 7} \quad \quad \quad \mathbf{RL = 0,021}$$

4.2. PÉRDIDAS POR PERCOLACIÓN PROFUNDA

Las pérdidas por percolación profunda se producen en todos los tipos de riego, aunque en el localizado se puede llegar a controlar bastante bien.

El agua aplicada en exceso no podrá ser aprovechada por el árbol ya que queda por debajo del alcance de las raíces.

La profundidad radicular está entre 75 y 150 cm, la textura es media y el clima árido, por lo que la relación de percolación (R_p), según la siguiente tabla será: **$R_p = 1$**

<i>Profundidad de las raíces (m)</i>	<i>Textura del suelo</i>			
	<i>Muy arenosa</i>	<i>Arenosa</i>	<i>Media</i>	<i>Fina</i>
< 0,75	0,90	0,90	0,95	1
0,75 – 1,50	0,90	0,95	1	1
> 1,50	0,95	1	1	1

En clima húmedo estos valores se reducen en un 10%.

Tabla 2. Valores de la relación de percolación (Rp).

4.3. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

Los proyectos hidráulicos pueden permitir un coeficiente de uniformidad (CU) mínimo, que en este caso será **CU = 0,90** (valor obtenido en tabla de valores recomendados para CU en clima árido, pendiente mayor al 2% y emisores espaciados menos de 2,5 m en cultivos permanentes) (Teodoro Montalvo, 2005).

4.4. NECESIDADES TOTALES DE RIEGO

Por lo que las necesidades de riego totales (N_t) se calculan mediante la siguiente expresión:

$$N_t = \frac{N_n}{E_a} = \frac{N_n}{R_p \cdot (1 - RL) \cdot CU}$$

donde:

- N_t = necesidades totales
- N_n = necesidades netas
- E_a = eficiencia de aplicación
- R_p = relación de percolación
- RL = necesidades de lavado
- CU = coeficiente de uniformidad

Los valores de R_p y $(1-RL)$ no se toman simultáneamente. Se adopta el de menor eficiencia, según la siguiente condición:

- Si $R_p < 1-RL \rightarrow N_t = \frac{N_n}{R_p \cdot CU}$ no se cumple
- Si $R_p > 1-RL \rightarrow N_t = \frac{N_n}{(1-RL) \cdot CU}$ se cumple $1 > 1-0,021$

por tanto se emplea la segunda ecuación:

$$N_t = \frac{2,80}{(1 - 0,021) \cdot 0,9}$$

$$N_t = 3,18 \text{ mm}$$

Las necesidades totales se pueden expresar en cantidad de agua por árbol y día. Para conseguir este parámetro hay que multiplicar las necesidades totales por el marco de plantación:

$$N_t = 3,18 \text{ mm/día} = 3,18 \text{ l/m}^2 \text{ día}$$

$$3,18 \text{ l/m}^2 \text{ día} \cdot 7 \text{ m} \cdot 7 \text{ m} = \mathbf{155,82 \text{ litros/árbol y día}}$$

Las necesidades reales (N_r) expresadas en m^3/ha y mes se calculan:

$$3,18 \text{ l/m}^2 \text{ día} \cdot 31 \text{ días/mes} \cdot 10000 \text{ m}^2/\text{ha} \cdot 1 \text{ m}^3/1000 \text{ l}$$

$$N_r = \mathbf{985,8 \text{ m}^3/\text{ha y mes}}$$

Las necesidades totales también se pueden expresar en forma de caudal continuo:

$$3,18 \text{ l/m}^2 \text{ día} \cdot 10000 \text{ m}^2/\text{ha} \cdot 1 \text{ día}/24\text{h} \cdot 1 \text{ hora}/3600 \text{ seg} = \mathbf{0,37 \text{ l/seg ha}}$$

En la siguiente tabla se muestra un resumen por meses de las necesidades netas (Nn), necesidades totales (Nt) y necesidades reales (Nr) a aplicar por hectárea, así como el caudal continuo necesario.

Las necesidades de riego anual por hectárea serán **4430,5 m³**.

	ETc mm/día	Nn mm/día	Nt mm/día	Nt l/árbol y día	Nreal m³/ha y mes	Caudal continuo l/sg y ha
Marzo	1,00	0,45	0,51	24,99	158,1	0,06
Abril	2,21	1,00	1,13	55,37	339,0	0,13
Mayo	3,46	1,57	1,78	87,22	551,8	0,21
Junio	5,14	2,33	2,64	129,36	792,0	0,30
Julio	6,17	2,80	3,18	155,82	985,8	0,37
Agosto	5,67	2,57	2,92	143,08	905,2	0,34
Septiembre	2,95	1,34	1,52	74,48	456,0	0,17
Octubre	1,09	0,49	0,56	27,44	173,6	0,06
Noviembre	0,44	0,20	0,23	11,27	69,0	0,03
					4430,5	

Tabla 3. Tabla resumen por meses de las necesidades.

5. SUPERFICIE MOJADA POR UN EMISOR

Se define superficie mojada por un emisor como el área que resulta de proyectar el bulbo húmedo, que produce ese emisor, en el suelo.

Se utiliza la superficie mojada debido a la dificultad que existe para medir el volumen de suelo a humedecer. Para su determinación, lo más correcto es disponer de pruebas de campo, pero este no es el caso, por lo que recurriremos a fórmulas.

La superficie mojada por un emisor depende de varios factores: textura y estratificación del suelo, caudal del emisor y tiempo del riego.

El diámetro mojado por un emisor, en un suelo considerado de textura media se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$d = 0,7 + 0,11 \cdot q \quad \text{donde:}$$

- d = diámetro de la superficie mojada, en metros
- q = caudal del emisor, en litros/hora

Se fija como caudal del emisor $q = 4 \text{ l/h}$, siendo el más habitual en plantaciones de frutales y almendro, obteniendo:

$$\begin{aligned} d &= 0,7 + 0,11 \cdot 4 = 1,14 \text{ metros} \\ r &= 1,14/2 = 0,57 \text{ m (radio del área mojada)} \end{aligned}$$

Tras obtener el radio, se puede calcular la superficie o área mojada por emisor (A_e), mediante la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{Área mojada por emisor} &= \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 0,57^2 \\ \mathbf{A_e} &= \mathbf{1,02 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

6. PORCENTAJE DE SUPERFICIE MOJADA

Los riegos localizados solamente mojan una parte del suelo, por lo que se debe de calcular el porcentaje mínimo de superficie mojada para que se produzca un correcto desarrollo de las raíces del almendro.

Este porcentaje (P) se define en la siguiente expresión:

$$P = 100 \times \frac{\text{superficie mojada por planta}}{\text{superficie ocupada por planta}}$$

El porcentaje de superficie mojada por planta debe de estar comprendido, para plantaciones con marco amplio, entre 25 y 30%. En este proyecto adoptamos un valor medio: $P = 28\%$.

Los valores de P elevados dan una mayor seguridad al sistema pero el coste de la instalación aumenta debido al aumento del número de emisores y al diámetro de las tuberías necesarias.

Por lo tanto al sustituir en la ecuación anterior:

- $P = 28$
- Superficie ocupada por planta = $7 \times 7 = 49 \text{ m}^2$

se obtiene:

$$\text{Superficie mojada por planta} = \frac{28 \times 49}{100} = \mathbf{13,72 \text{ m}^2}$$

7. NÚMERO DE EMISORES POR PLANTA

Para la determinación del número de emisores por planta se utiliza la siguiente expresión:

$$e = \frac{S_p \times P}{100 \times A_e}$$

donde:

- e = número de emisores por planta
- S_p = superficie ocupada por planta en $m^2 = 7 \times 7 = 49 m^2$
- A_e = Área mojada por emisor en $m^2 = 1,02 m^2$
- P = porcentaje de superficie mojada = 28%

sustituyendo los valores anteriores:

$$e = \frac{49 \times 28}{100 \times 1,02}$$

$$e = 13,45 \approx \mathbf{14 \text{ emisores por planta}}$$

8. SEPARACIÓN ENTRE EMISORES

En plantaciones jóvenes, las raíces pueden tener dificultades para atravesar el suelo situado entre el bulbo húmedo y las propias raíces.

Esta circunstancia hace necesario que se solapen los bulbos en un porcentaje mínimo que suele estar entre el 15 y el 30%. En este caso se adopta un 20%.

La separación entre emisores resulta de la siguiente ecuación:

$$S_e = r \times \left(2 - \frac{a}{100}\right)$$

donde:

- S_e = separación entre emisores, en metros
- r = radio del bulbo húmedo en metros = 0,57 m
- a = es el porcentaje de solape = 20%

sustituyendo los valores anteriores:

$$Se = 0,57 \times \left(2 - \frac{20}{100} \right)$$

$$Se = 1,026 \text{ m} \approx \mathbf{1 \text{ m}}$$

Según los cálculos realizados, se necesitan 14 emisores por planta y con una separación de 1 metro para que se cumpla el 28% de superficie mojada.

Este planteamiento es técnicamente imposible ya que entre planta y planta hay 7 metros de distancia.

Se toma la decisión de disponer de doble tubería de portagoteros por fila de almendros, con una separación de 1 metro entre las dos tuberías y 1 metro entre emisores del mismo lateral.

Es necesario recalcular el porcentaje de superficie mojada para comprobar si está entre el 25 y el 30% recomendado para plantaciones de árboles con marco amplio.

$$e = \frac{S_p \times P}{100 \times A_e}$$

En este caso la incógnita será P:

$$14 = \frac{49 \times P}{100 \times 1,02}$$

$$P = 29,14\%$$

Con este resultado se confirma que cumple con el mínimo de superficie mojada.

9. PROFUNDIDAD DEL BULBO HÚMEDO

La profundidad del bulbo húmedo debe de estar comprendida entre el 90 y el 120% de la profundidad efectiva de la raíz.

A la menor profundidad del bulbo, corresponde mayor número de emisores y mayor eficiencia desde el punto de vista agronómico, pero la instalación se encarece. A bulbos húmedos más profundos puede ser favorable para que actúe como fracción de lavado, salvo que la calidad del agua aconseje aplicar una cantidad mayor de agua.

Se adopta una profundidad de las raíces de 1 metro, ya que debido a la profundidad del suelo, que es de 1 metro, es muy difícil que las raíces prosperen.

$$0,9 \cdot pr < p < 1,2 \cdot pr \quad \text{donde:}$$

- pr = profundidad de las raíces en metros = 1 metro
- p = profundidad del bulbo húmedo en metros

$$0,9 \cdot 1 < p < 1,2 \cdot 1$$

Por lo que la profundidad del bulbo húmedo (p) estará comprendida entre los 0,9 metros y los 1,2 metros.

10. DOSIS, DURACIÓN E INTERVALO DEL RIEGO

Es necesario conocer la dosis de agua necesaria que se debe de aplicar en cada riego, que viene dada por las siguientes expresiones:

$$D_t = n \cdot q \cdot t \quad D_t = N_t \cdot I$$

donde:

- D_t = dosis total, en litros
- n = número de emisores por planta
- q = caudal de cada emisor, en litros/hora
- t = tiempo que dura cada riego, en horas
- N_t = necesidades totales, en litros/día y árbol
- I = intervalo entre riegos, en días

Igualando las dos ecuaciones anteriores, se obtiene:

$$n \cdot q \cdot t = N_t \cdot I$$

En esta ecuación hay dos incógnitas, el intervalo entre riegos (I) y la duración del riego (t), por lo que se debe fijar una de ellas para poder calcular la restante.

Al tratarse de un suelo franco arenoso, los bulbos húmedos que se producen son estrechos y alargados, por lo que será necesario aplicar riegos cada poco tiempo y con un número elevado de emisores. Los riegos deben ser como mínimo diarios.

Se adopta, para el intervalo entre riegos (I), el valor de 1 día. Además se conocen otros datos obtenidos anteriormente:

- $n = 14$ emisores por planta
- $q = 4$ litros/hora
- $N_t = 155,82$ litros/día y árbol para el mes más exigente (julio)

Sustituyendo en la siguiente ecuación, resulta:

$$t = \frac{N_t \cdot I}{n \cdot q}$$

$$t = \frac{155,82 \cdot 1}{14 \cdot 4} = 2,78 \text{ horas}$$

11. ELECCIÓN DE EMISORES

En los riegos localizados de alta frecuencia se utilizan una serie de emisores, conocidos comúnmente como goteros, que utilizan como soporte las tuberías laterales y que emiten el agua gota a gota, produciéndose la infiltración del agua en el mismo punto de contacto de esta con el suelo.

Los emisores que se utilizan en frutales y más en concreto en almendro son de bajo caudal, que como máximo emiten 16 litros/hora.

Se comparan tres tipos de emisores para poder escoger el que mejor se adapte a nuestras necesidades:

- De remolino o “vortex”: son emisores que tienen una cámara circular donde se produce un remolino, en cuyo centro está el punto de emisión. El diámetro del conducto es mayor que otros emisores, por lo que el riesgo de obstrucción es menor. El exponente de descarga, que expresa la sensibilidad de un emisor a los cambios de presión, oscila entre 0,45 y 0,55, por lo que les afecta poco las variaciones de presión. Al variar la temperatura no sufre oscilaciones de caudal.

- Autocompensante: estos emisores adaptan el tamaño del conducto dependiendo de la presión de entrada. Suelen tener una membrana flexible que se deforma bajo el efecto de la presión, regulando el caudal. La característica de la autocompensación tiene lugar entre unas determinadas presiones que debe indicar el fabricante. El exponente de descarga varía entre 0 y 0,3. Están indicados para terrenos con cambios continuos de desnivel. Tienen varios inconvenientes: la membrana flexible envejece con el tiempo y pierde su capacidad de autocompensación, y es sensible a las obstrucciones.

- Laberinto: el agua discurre por un laberinto, aumentando la turbulencia del flujo de agua. El exponente de descarga oscila entre 0,45 y 0,55. Le afectan

poco los cambios de presión y temperatura, y son poco sensibles a las obstrucciones.

El modelo elegido es un gotero PC autocompensante de la firma comercial Netafim. Dispone de alta resistencia a la obturación y una correcta distribución de agua y fertilizantes. Posee una serie de características que se detallan a continuación:

- Caudal nominal (q) = 4 litros/hora
- Coeficiente de variación (C.V.) = 3%
- Constante K = 4,0
- Exponente de descarga (x) = 0 dentro de las presiones de trabajo
- Rango de presiones de trabajo de 0,5 a 4 bar.

La ecuación característica de un emisor es:

$$q = k \cdot h^x \quad \text{donde:}$$

- q = caudal del emisor, en litros/hora
- k = coeficiente específico de cada emisor, que representa el caudal que suministra a una presión de 1 m.c.a.
- x = exponente de descarga característico de cada emisor
- h = presión a la entrada del emisor, en m.c.a.

$$q = 4,0 \cdot h^0$$

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

ANEJO XI: DISEÑO HIDRAULICO

ÍNDICE ANEJO XI

DISEÑO HIDRAULICO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. DISEÑO DE LAS SUBUNIDADES DE RIEGO.....	1
2.1. INTRODUCCIÓN.....	1
3. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 1.....	2
3.1. VARIACIÓN DE PRESIÓN.....	2
3.2. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES.....	4
3.3. PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES.....	7
3.4. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA.....	9
3.5. PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA.....	12
4. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 2	12
4.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES.....	12
4.2. PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES	15
4.3. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA.....	16
4.4. PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA.....	17
5. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 3	17
5.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES.....	17
5.2. PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES.....	20
5.3. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA.....	21
5.4. PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA.....	22
6. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 4	23
6.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES.....	23
6.2. PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES	25
6.3. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA	27
6.4. PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA.....	27
7. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 5	28
7.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES.....	28
7.2. PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES	30
7.3. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA.....	31

7.4. PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA.....	32
8. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 6.....	33
8.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES.....	34
8.2. PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES	35
8.3. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA.....	36
8.4. PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA.....	37
9. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 7.....	37
9.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES.....	37
9.2. PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES	39
9.3. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA.....	41
9.4. PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA.....	42
10. CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN.....	42
11. RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS.....	45
12. EXCAVACIÓN DE ZANJAS.....	46
12.1. DIMENSIONADO DE LAS ZANJAS.....	46
12.2. ZANJA DE LA TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN.....	47
12.3. ZANJAS DE LAS TUBERÍAS TERCIARIAS.....	47

DISEÑO HIDRÁULICO

1. INTRODUCCIÓN

En el diseño hidráulico se define el dimensionado, disposición y funcionamiento de la red de riego localizado de alta frecuencia, así como todos los componentes necesarios para que se produzca de manera correcta.

Para realizar el diseño hidráulico, es necesario conocer una serie de datos calculados anteriormente en el diseño agronómico: emisor y su ecuación, número y disposición de los emisores, tiempo de riego.

También es esencial disponer de la topografía de la parcela, ya que se utiliza para calcular las pendientes de los laterales y tuberías.

2. DISEÑO DE LAS SUBUNIDADES DE RIEGO

2.1. INTRODUCCIÓN

La subunidad de riego es el área controlada por un regulador de presión, cuya función es disminuir los posibles excesos de presión de la tubería para que los emisores no se vean afectados.

Cada subunidad de riego está formada por una tubería terciaria y una serie de laterales porta emisores, que son los que hacen llegar el agua al árbol en última instancia.

La plantación se divide en siete subunidades de riego, cuyas dimensiones dependen de la forma irregular de las parcelas, así como de la topografía de las mismas.

En este proyecto la cantidad de subunidades de riego será igual al de unidades de riego, ya que cada subunidad se regará por separado.

Las subunidades de riego estarán formadas por una tubería terciaria, encargada de suministrar el caudal y presión suficiente a los laterales, y una serie de laterales porta emisores.

Por cada línea de almendros se dispondrá de dos laterales separados entre ellos por 1 metro de distancia, con el fin de cumplir los requisitos obtenidos en el diseño agronómico.

A efectos de cálculo, se considera la hipótesis de que los dos laterales están situados sobre la línea de los árboles, ya que la diferencia de pérdidas de carga en el medio metro que se adelanta un lateral las compensa el otro lateral que se retrasa.

En los siguientes puntos del Anejo se presenta el diseño de cada una de las siete subunidades de riego que componen la instalación.

En cada subunidad de riego se han calculado los diámetros mínimos necesarios y las presiones al origen de los laterales y la tubería terciaria, teniendo en cuenta en todo momento una optimización de costes de la instalación.

3. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 1

3.1. VARIACIÓN DE PRESIÓN

En cada subunidad de riego, puede existir una variación máxima de caudal entre los goteros que emiten el mínimo y el máximo del 10 %, o lo que es lo mismo, una variación máxima del 20 % de la presión nominal del emisor.

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = 0,2 \cdot \frac{P_n}{\gamma}$$

donde:

- $\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD}$: variación de presión máxima admisible en la subunidad de riego
- P_n : presión nominal del emisor

Sustituyendo la presión nominal del emisor se obtiene:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = 0,2 \cdot \frac{4}{\gamma}$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{UD} = 0,8 \text{ mca}$$

Las pérdidas admisibles en la subunidad de riego se deben repartir entre la tubería terciaria y los laterales de riego.

Se sigue un criterio económico por el que el coste de la instalación será el mínimo posible si se cumple que:

- el 55 % de las pérdidas admisibles en la subunidad se producen en los laterales de riego (LR).

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{LR} = 0,55 \cdot 0,8 \text{ mca}$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{LR} = 0,44 \text{ mca}$$

- el 45 % de las pérdidas admisibles en la subunidad se producen en la tubería terciaria (TT).

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = 0,45 \cdot 0,8 \text{ mca}$$

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = 0,36 \text{ mca}$$

3.2. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES

Los laterales de riego tienen una pérdida de carga admisible de:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{LR} = 0,44 \text{ mca}$$

por lo que:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{LR} = (a \cdot hr)_{LR}$$

$$0,44 = (a \cdot hr)_{LR}$$

donde:

- a : pérdidas de carga singulares (se consideran un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo).
- hr : pérdidas de carga por rozamiento continuo en el lateral, en mca.

Por lo que la pérdida de carga admisible por rozamiento continuo será:

$$(hr)_{LR} = \frac{0,44}{1,2}$$

$$(hr)_{LR} = 0,37 \text{ mca}$$

y se relaciona con la pérdida de carga de una tubería con servicio en extremo mediante la siguiente expresión:

$$hr = F \cdot hre$$

donde:

- F : factor de Christiansen.
- hre : pérdida de carga admisible de una tubería con servicio en extremo.

El factor de Christiansen se define mediante la siguiente expresión:

$$F = \frac{1}{1 + \beta}$$

donde:

- $\beta = 1,75$ (valor para tuberías de polietileno)

$$F = \frac{1}{1 + 1,75}$$

$$F = 0,364$$

Por lo que:

$$hre = \frac{hr}{F}$$

$$hre = \frac{0,37}{0,364}$$

$$hre = 1,02 \text{ mca}$$

Para calcular el diámetro de los laterales, que son de polietileno, se utiliza la fórmula de Cruciani:

$$hre = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot L$$

En la siguiente tabla se detallan las características de cada lateral, así como el diámetro mínimo necesario. Los cálculos se han realizado utilizando una hoja de cálculo diseñada para tal efecto.

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XI Diseño Hidráulico

Nº	L (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ	PDTE	Nº emis	Q(L/h)	D (mm)
1	18,5	352,95	353,70	0,75	0,0405	19	76	8,13
2	60,5	352,19	353,46	1,27	0,0210	61	244	16,03
3	60,5	351,43	352,80	1,37	0,0226	61	244	16,03
4	60,5	350,61	351,95	1,34	0,0221	61	244	16,03
5	60,5	349,77	351,01	1,24	0,0205	61	244	16,03
6	60,5	349,13	350,06	0,93	0,0154	61	244	16,03
7	60,5	348,51	349,39	0,88	0,0145	61	244	16,03
8	60,5	347,88	348,73	0,85	0,0140	61	244	16,03
9	60,5	347,25	348,08	0,83	0,0137	61	244	16,03
10	60,5	346,62	347,44	0,82	0,0136	61	244	16,03
11	60,5	345,99	346,79	0,80	0,0132	61	244	16,03
12	60,5	345,37	346,14	0,77	0,0127	61	244	16,03
13	60,5	344,76	345,49	0,73	0,0121	61	244	16,03
14	60,5	344,19	344,88	0,69	0,0114	61	244	16,03
15	60,5	343,63	344,31	0,68	0,0112	61	244	16,03
16	60,5	343,07	343,75	0,68	0,0112	61	244	16,03
17	60,5	342,52	343,18	0,66	0,0109	61	244	16,03
18	60,5	342,04	342,61	0,57	0,0094	61	244	16,03
19	60,5	341,56	342,03	0,47	0,0078	61	244	16,03
20	60,5	341,08	341,47	0,39	0,0064	61	244	16,03
21	60,5	340,60	340,89	0,29	0,0048	61	244	16,03
22	39,5	352,95	350,66	-2,29	-0,0580	40	160	12,54
23	46,5	352,19	349,80	-2,39	-0,0514	47	188	13,78
24	46,5	351,43	349,22	-2,21	-0,0475	47	188	13,78
25	46,5	350,61	348,64	-1,97	-0,0424	47	188	13,78
26	46,5	349,77	348,07	-1,70	-0,0366	47	188	13,78
27	46,5	349,13	347,49	-1,64	-0,0353	47	188	13,78
28	46,5	348,51	346,90	-1,61	-0,0346	47	188	13,78
29	46,5	347,88	346,33	-1,55	-0,0333	47	188	13,78
30	53,5	347,25	345,83	-1,42	-0,0265	54	216	14,93
31	53,5	346,62	345,42	-1,20	-0,0224	54	216	14,93
32	53,5	345,99	345,02	-0,97	-0,0181	54	216	14,93
33	53,5	345,37	344,59	-0,78	-0,0146	54	216	14,93
34	60,5	344,76	344,06	-0,70	-0,0116	61	244	16,03
35	67,5	344,19	343,53	-0,66	-0,0098	68	272	17,07
36	67,5	343,63	343,08	-0,55	-0,0081	68	272	17,07
37	74,5	343,07	342,72	-0,35	-0,0047	75	300	18,07
38	81,5	342,52	342,24	-0,28	-0,0034	82	328	19,03
39	81,5	342,04	341,90	-0,14	-0,0017	82	328	19,03
40	88,5	341,56	341,35	-0,21	-0,0024	89	356	19,96
41	88,5	341,08	341,07	-0,01	-0,0001	89	356	19,96
42	95,5	340,60	340,74	0,14	0,0015	96	384	20,86

Tras el cálculo del diámetro interior de cada uno de los laterales de riego, se llega a la siguiente conclusión:

- El mayor diámetro interior es necesario para el lateral número 42, el cual precisa como mínimo 20,86 mm, por lo que es necesario instalar tuberías de polietileno PE 50A Ø25 PN4 (diámetro interior 22,40 mm).

- Se adopta para todos los laterales de riego de la subunidad número 1 la tubería de polietileno **PE 50A Ø25 PN4** (diámetro interior 22,40 mm).

3.3. PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES

La presión necesaria en el origen de cada lateral de la subunidad de riego se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$P_0 = P_m + 0,73h \pm \frac{\Delta Z}{2}$$

donde:

- P_0 = presión al origen del lateral, en mca
- P_m = pérdida de trabajo del gotero, en mca
- h = pérdida de carga del lateral, en mca
- ΔZ = desnivel entre el inicio y el final del lateral, en m
- Si el lateral es ascendente (+ ΔZ) y si es descendente (- ΔZ)

A continuación se calcula la presión al origen de cada lateral, conocidos los siguientes datos:

- $P_m = 4$ mca
- $h = 1,02$ mca
- ΔZ = signo + ó – dependiendo de cada lateral

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XI Diseño Hidráulico

Nº	Po	Pm	h	ΔZ
1	5,12	4	1,02	0,75
2	5,38	4	1,02	1,27
3	5,43	4	1,02	1,37
4	5,41	4	1,02	1,34
5	5,36	4	1,02	1,24
6	5,21	4	1,02	0,93
7	5,18	4	1,02	0,88
8	5,17	4	1,02	0,85
9	5,16	4	1,02	0,83
10	5,15	4	1,02	0,82
11	5,14	4	1,02	0,80
12	5,13	4	1,02	0,77
13	5,11	4	1,02	0,73
14	5,09	4	1,02	0,69
15	5,08	4	1,02	0,68
16	5,08	4	1,02	0,68
17	5,07	4	1,02	0,66
18	5,03	4	1,02	0,57
19	4,98	4	1,02	0,47
20	4,94	4	1,02	0,39
21	4,89	4	1,02	0,29
22	3,60	4	1,02	-2,29
23	3,55	4	1,02	-2,39
24	3,64	4	1,02	-2,21
25	3,76	4	1,02	-1,97
26	3,89	4	1,02	-1,70
27	3,92	4	1,02	-1,64
28	3,94	4	1,02	-1,61
29	3,97	4	1,02	-1,55
30	4,03	4	1,02	-1,42
31	4,14	4	1,02	-1,20
32	4,26	4	1,02	-0,97
33	4,35	4	1,02	-0,78
34	4,39	4	1,02	-0,70
35	4,41	4	1,02	-0,66
36	4,47	4	1,02	-0,55
37	4,57	4	1,02	-0,35
38	4,60	4	1,02	-0,28
39	4,67	4	1,02	-0,14
40	4,64	4	1,02	-0,21
41	4,74	4	1,02	-0,01
42	4,81	4	1,02	0,14

Tras el cálculo de la presión necesaria al origen de cada lateral, se observa que el **lateral número 3** es el más exigente con $P_0 = 5,43 \text{ mca}$.

3.4. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La subunidad de riego número 1 dispone de una tubería terciaria con las siguientes características:

TERCIARIA	LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)	Q (l/s)
1	141,70	352,95	340,60	-12,35	-0,087	20272	5,63

La tubería terciaria tiene una pérdida de carga admisible de:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = 0,36 \text{ mca}$$

y existe una variación de altura:

$$(\Delta Z)_{TT} = 12,35 \text{ m}$$

por lo que:

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma}\right)_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - (\Delta Z)_{TT}$$

$$0,36 = (a \cdot hr)_{TT} - 12,35$$

$$(a \cdot hr)_{TT} = 0,36 + 12,35 = 12,71 \text{ mca}$$

donde:

- a : pérdidas de carga singulares (se consideran un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo).

- hr : pérdidas de carga por rozamiento continuo en la terciaria, en mca.

Por lo que la pérdida de carga admisible por rozamiento continuo en la tubería terciaria será:

$$(hr)_{TT} = \frac{12,71}{1,2}$$

$$(hr)_{TT} = 10,59 \text{ mca}$$

y se relaciona con la pérdida de carga de una tubería con servicio en extremo mediante la siguiente expresión:

$$hr = F \cdot hre$$

donde:

- F : factor de Christiansen
- hre : pérdida de carga admisible de una tubería con servicio en extremo

El factor de Christiansen se define mediante la siguiente expresión:

$$F = \frac{1}{1 + \beta}$$

donde:

- $\beta = 1,75$ (valor para tuberías de polietileno)

$$F = \frac{1}{1 + 1,75}$$

$$F = 0,364$$

Por lo que:

$$hre = \frac{hr}{F}$$

$$hre = \frac{10,59}{0,364}$$

$$hre = 29,09 \text{ mca}$$

Para calcular el diámetro de la tubería terciaria, que es de polietileno, se utiliza la fórmula de Cruciani:

$$hre = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot L$$

donde:

- Q: caudal al inicio de la tubería terciaria, en l/h
- D: diámetro interior de la tubería terciaria, en mm
- L: longitud de la tubería terciaria, en m

Estos tres datos son conocidos, por lo que:

$$29,09 = 0,592 \cdot \frac{20272^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot 141,70$$

$$D = 48,26 \text{ mm}$$

Se escoge una tubería de polietileno **PE 50A Ø63 PN6 ATM** con diámetro interior de 55,40 mm.

Al seleccionar un diámetro mayor, las pérdidas de carga reales serán:

$$hre = 0,592 \cdot \frac{20272^{1,75}}{55,40^{4,75}} \cdot 141,70$$

$$hre = 15,10 \text{ mca}$$

3.5. PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA

La presión al origen de la tubería terciaria o portalaterales, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$P'_0 = P_0 + 0,73h' \pm \frac{\Delta Z}{2}$$

- P'_0 = presión al origen de la terciaria, en mca
- P_0 = presión en el origen del lateral más exigente, en mca
- h' = pérdida de carga en la terciaria, en mca
- ΔZ = desnivel entre el inicio y el final de la terciaria, en m
- Si la terciaria es ascendente (+ ΔZ) y si es descendente (- ΔZ)

$$P'_0 = 5,43 + 0,73 \cdot 15,10 - \frac{12,35}{2}$$

$$P'_0 = 10,28 \text{ mca}$$

4. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 2

En esta Subunidad de riego y en las restantes, se sigue el mismo procedimiento que el utilizado en la Subunidad nº1, por lo que se especifican solamente las cuentas relativas a la selección de los diámetros.

4.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES

En la siguiente tabla se detallan las características de cada lateral, así como el diámetro mínimo necesario. Los cálculos se han realizado utilizando una hoja de cálculo diseñada para tal efecto.

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XI Diseño Hidráulico

Nº	L (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ	PDTE	Nº EMIS	Q (l/h)	D (mm)
1	31,7	366,40	365,88	-0,52	-0,0164	32	128	11,03
2	34,6	366,12	365,24	-0,88	-0,0254	35	140	11,61
3	38,1	365,96	364,60	-1,36	-0,0357	38	152	12,22
4	41,6	365,87	363,95	-1,92	-0,0462	42	168	12,91
5	45,1	365,79	363,30	-2,49	-0,0552	45	180	13,47
6	46,5	365,50	362,66	-2,84	-0,0611	47	188	13,78
7	46,5	365,13	362,02	-3,11	-0,0669	47	188	13,78
8	46,5	354,76	361,37	6,61	0,1422	47	188	13,78
9	46,5	364,41	360,73	-3,68	-0,0791	47	188	13,78
10	46,5	363,94	360,07	-3,87	-0,0832	47	188	13,78
11	46,5	363,40	359,53	-3,87	-0,0832	47	188	13,78
12	46,5	362,65	359,00	-3,65	-0,0785	47	188	13,78
13	46,5	361,99	358,48	-3,51	-0,0755	47	188	13,78
14	46,5	361,31	357,73	-3,58	-0,0770	47	188	13,78
15	46,5	360,52	356,07	-4,45	-0,0957	47	188	13,78
16	46,5	359,86	355,61	-4,25	-0,0914	47	188	13,78
17	46,5	359,20	355,12	-4,08	-0,0877	47	188	13,78
18	46,5	358,52	354,74	-3,78	-0,0813	47	188	13,78
19	46,5	357,79	354,44	-3,35	-0,0720	47	188	13,78
20	46,5	356,16	354,14	-2,02	-0,0434	47	188	13,78
21	46,5	354,96	353,84	-1,12	-0,0241	47	188	13,78
22	46,5	354,21	353,51	-0,70	-0,0151	47	188	13,78
23	46,5	353,46	352,76	-0,70	-0,0151	47	188	13,78
24	46,5	352,87	352,01	-0,86	-0,0185	47	188	13,78
25	46,5	352,32	351,26	-1,06	-0,0228	47	188	13,78
26	46,5	351,78	350,68	-1,10	-0,0237	47	188	13,78
27	46,5	351,23	350,14	-1,09	-0,0234	47	188	13,78
28	46,5	350,69	349,68	-1,01	-0,0217	47	188	13,78
29	46,5	350,15	349,24	-0,91	-0,0196	47	188	13,78
30	46,5	349,68	348,80	-0,88	-0,0189	47	188	13,78
31	46,5	349,25	348,37	-0,88	-0,0189	47	188	13,78
32	46,5	348,81	347,92	-0,89	-0,0191	47	188	13,78
33	46,5	348,37	347,49	-0,88	-0,0189	47	188	13,78
34	46,5	347,93	347,05	-0,88	-0,0189	47	188	13,78
35	46,5	347,27	346,56	-0,71	-0,0153	47	188	13,78
36	46,5	346,63	346,15	-0,48	-0,0103	47	188	13,78
37	46,5	345,99	345,78	-0,21	-0,0045	47	188	13,78
38	46,5	345,34	345,39	0,05	0,0011	47	188	13,78
39	46,5	344,72	344,99	0,27	0,0058	47	188	13,78
40	46,5	344,17	344,58	0,41	0,0088	47	188	13,78
41	46,5	343,60	344,17	0,57	0,0123	47	188	13,78
42	46,5	343,04	343,76	0,72	0,0155	47	188	13,78
43	46,5	342,47	343,35	0,88	0,0189	47	188	13,78

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XI Diseño Hidráulico

44	46,5	342,08	342,94	0,86	0,0185	47	188	13,78
45	46,5	341,75	342,55	0,80	0,0172	47	188	13,78
46	11,5	361,99	362,97	0,98	0,0852	12	48	6,21
47	25,5	361,31	363,37	2,06	0,0808	26	104	9,76
48	32,5	360,52	363,06	2,54	0,0782	33	132	11,22
49	25,5	359,86	362,08	2,22	0,0871	26	104	9,76
50	25,5	359,20	361,42	2,22	0,0871	26	104	9,76
51	18,5	358,52	360,20	1,68	0,0908	19	76	8,17
52	11,5	357,79	358,87	1,08	0,0939	12	48	6,21
53	11,5	356,16	357,14	0,98	0,0852	12	48	6,21
54	4,5	354,96	355,11	0,15	0,0333	5	20	3,69
55	4,5	354,21	354,28	0,07	0,0156	5	20	3,69
56	4,5	353,46	353,53	0,07	0,0156	5	20	3,69
57	18,5	352,87	353,40	0,53	0,0286	19	76	8,13
58	46,5	352,32	354,03	1,71	0,0368	47	188	13,78
59	46,5	351,78	353,36	1,58	0,0340	47	188	13,78
60	46,5	351,23	352,70	1,47	0,0316	47	188	13,78
61	46,5	350,69	352,03	1,34	0,0288	47	188	13,78
62	46,5	350,15	351,12	0,97	0,0209	47	188	13,78
63	46,5	349,68	350,17	0,49	0,0105	47	188	13,78
64	46,5	349,25	349,47	0,22	0,0047	47	188	13,78
65	46,5	348,81	348,82	0,01	0,0002	47	188	13,78
66	46,5	348,37	348,16	-0,21	-0,0045	47	188	13,78
67	46,5	347,93	347,52	-0,41	-0,0088	47	188	13,78
68	46,5	347,27	346,82	-0,45	-0,0097	47	188	13,78
69	46,5	346,63	346,18	-0,45	-0,0097	47	188	13,78
70	46,5	345,99	345,56	-0,43	-0,0092	47	188	13,78
71	46,5	345,34	344,94	-0,40	-0,0086	47	188	13,78
72	46,5	344,72	344,37	-0,35	-0,0075	47	188	13,78
73	46,5	344,17	343,80	-0,37	-0,0080	47	188	13,78
74	46,5	343,60	343,23	-0,37	-0,0080	47	188	13,78
75	46,5	343,04	342,66	-0,38	-0,0082	47	188	13,78
76	46,5	342,47	342,09	-0,38	-0,0082	47	188	13,78
77	46,5	342,08	341,52	-0,56	-0,0120	47	188	13,78
78	46,5	341,75	340,95	-0,80	-0,0172	47	188	13,78

Tras el cálculo del diámetro interior de cada uno de los laterales de riego, se llega a la siguiente conclusión:

• El mayor diámetro interior necesario es 13,78 mm, por lo que se instalará una tubería de polietileno PE 50A Ø16 PN4 (diámetro interior 14,00 mm) en todos los laterales de la subunidad nº 2.

4.2. PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES

A continuación se calcula la presión necesaria al origen de cada lateral, utilizando el mismo procedimiento que en el punto 3.3.

Nº	Po	Pm	h	ΔZ	Nº	Po	Pm	h	ΔZ
1	4,48	4	1,02	-0,52	34	4,30	4	1,02	-0,88
2	4,30	4	1,02	-0,88	35	4,39	4	1,02	-0,71
3	4,06	4	1,02	-1,36	36	4,50	4	1,02	-0,48
4	3,78	4	1,02	-1,92	37	4,64	4	1,02	-0,21
5	3,50	4	1,02	-2,49	38	4,77	4	1,02	0,05
6	3,32	4	1,02	-2,84	39	4,88	4	1,02	0,27
7	3,19	4	1,02	-3,11	40	4,95	4	1,02	0,41
8	3,05	4	1,02	-3,39	41	5,03	4	1,02	0,57
9	2,90	4	1,02	-3,68	42	5,10	4	1,02	0,72
10	2,81	4	1,02	-3,87	43	5,18	4	1,02	0,88
11	2,81	4	1,02	-3,87	44	5,17	4	1,02	0,86
12	2,92	4	1,02	-3,65	45	5,14	4	1,02	0,80
13	2,99	4	1,02	-3,51	46	5,23	4	1,02	0,98
14	2,95	4	1,02	-3,58	47	5,77	4	1,02	2,06
15	2,52	4	1,02	-4,45	48	6,01	4	1,02	2,54
16	2,62	4	1,02	-4,25	49	5,85	4	1,02	2,22
17	2,70	4	1,02	-4,08	50	5,85	4	1,02	2,22
18	2,85	4	1,02	-3,78	51	5,58	4	1,02	1,68
19	3,07	4	1,02	-3,35	52	5,28	4	1,02	1,08
20	3,73	4	1,02	-2,02	53	5,23	4	1,02	0,98
21	4,18	4	1,02	-1,12	54	4,82	4	1,02	0,15
22	4,39	4	1,02	-0,70	55	4,78	4	1,02	0,07
23	4,39	4	1,02	-0,70	56	4,78	4	1,02	0,07
24	4,31	4	1,02	-0,86	57	5,01	4	1,02	0,53
25	4,21	4	1,02	-1,06	58	5,60	4	1,02	1,71
26	4,19	4	1,02	-1,10	59	5,53	4	1,02	1,58
27	4,20	4	1,02	-1,09	60	5,48	4	1,02	1,47
28	4,24	4	1,02	-1,01	61	5,41	4	1,02	1,34
29	4,29	4	1,02	-0,91	62	5,23	4	1,02	0,97
30	4,30	4	1,02	-0,88	63	4,99	4	1,02	0,49
31	4,30	4	1,02	-0,88	64	4,85	4	1,02	0,22
32	4,30	4	1,02	-0,89	65	4,75	4	1,02	0,01
33	4,30	4	1,02	-0,88	66	4,64	4	1,02	-0,21

Nº	Po	Pm	h	ΔZ
67	4,54	4	1,02	-0,41
68	4,52	4	1,02	-0,45
69	4,52	4	1,02	-0,45
70	4,53	4	1,02	-0,43
71	4,54	4	1,02	-0,4
72	4,57	4	1,02	-0,35
73	4,56	4	1,02	-0,37
74	4,56	4	1,02	-0,37
75	4,55	4	1,02	-0,38
76	4,55	4	1,02	-0,38
77	4,46	4	1,02	-0,56
78	4,34	4	1,02	-0,8

Tras el cálculo de la presión necesaria al origen de cada lateral, se observa que el **lateral número 48** es el más exigente con $P_0 = 6,01 \text{ mca}$.

4.3. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La subunidad de riego número 2 dispone de una tubería terciaria con las siguientes características:

TERCIARIA	LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)	Q (l/s)
2	310,50	366,40	341,75	--24,65	-0,079	26072	7,24

Se lleva a cabo el mismo procedimiento que en el punto 3.4. y se obtiene una pérdida de carga admisible en la tubería terciaria de servicio en extremo:

$$hre = 57,25 \text{ mca}$$

$$57,25 = 0,592 \cdot \frac{26072^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot 310,50$$

$$D = 54,16 \text{ mm}$$

Se escoge una tubería de polietileno **PE 50A Ø75 PN6 ATM** con diámetro interior de 66,00 mm.

Al seleccionar un diámetro mayor, las pérdidas de carga reales serán:

$$hre = 0,592 \cdot \frac{26072^{1,75}}{66,00^{4,75}} \cdot 310,50$$

$$hre = 22,38 \text{ mca}$$

4.4. PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA

Se utiliza el mismo procedimiento que en el punto 3.5. y se obtiene el siguiente resultado:

$$P'_0 = 6,01 + 0,73 \cdot 22,38 - \frac{24,65}{2}$$

$$P'_0 = 10,02 \text{ mca}$$

5. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 3

5.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES

En la siguiente tabla se detallan las características de cada lateral, así como el diámetro mínimo necesario. Los cálculos se han realizado utilizando una hoja de cálculo diseñada para tal efecto.

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XI Diseño Hidráulico

Nº	L (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ	PDTE	Nº EMIS	Q(l/h)	D (mm)
1	44	365,09	364,55	-0,54	-0,0123	44	176	13,29
2	44	364,30	363,73	-0,57	-0,0130	44	176	13,29
3	44	363,65	362,84	-0,81	-0,0184	44	176	13,29
4	44	362,99	361,96	-1,03	-0,0234	44	176	13,29
5	44	362,33	361,22	-1,11	-0,0252	44	176	13,29
6	44	361,67	360,56	-1,11	-0,0252	44	176	13,29
7	44	361,02	359,91	-1,11	-0,0252	44	176	13,29
8	44	360,36	359,24	-1,12	-0,0255	44	176	13,29
9	44	359,70	358,60	-1,10	-0,0250	44	176	13,29
10	44	359,05	358,17	-0,88	-0,0200	44	176	13,29
11	44	358,39	357,75	-0,64	-0,0145	44	176	13,29
12	44	357,74	357,33	-0,41	-0,0093	44	176	13,29
13	44	357,08	356,91	-0,17	-0,0039	44	176	13,29
14	44	356,42	356,48	0,06	0,0014	44	176	13,29
15	44	355,89	356,06	0,17	0,0039	44	176	13,29
16	44	355,43	355,64	0,21	0,0048	44	176	13,29
17	44	354,95	355,20	0,25	0,0057	44	176	13,29
18	44	354,48	354,72	0,24	0,0055	44	176	13,29
19	44	354,01	354,25	0,24	0,0055	44	176	13,29
20	44	353,53	353,77	0,24	0,0055	44	176	13,29
21	44	353,06	353,30	0,24	0,0055	44	176	13,29
22	44	352,58	352,82	0,24	0,0055	44	176	13,29
23	44	352,11	352,33	0,22	0,0050	44	176	13,29
24	44	351,63	351,85	0,22	0,0050	44	176	13,29
25	44	351,16	351,37	0,21	0,0048	44	176	13,29
26	44	350,68	350,88	0,20	0,0045	44	176	13,29
27	44	350,19	350,40	0,21	0,0048	44	176	13,29
28	44	349,75	349,93	0,18	0,0041	44	176	13,29
29	44	349,34	349,51	0,17	0,0039	44	176	13,29
30	44	348,92	349,10	0,18	0,0041	44	176	13,29
31	44	348,51	348,69	0,18	0,0041	44	176	13,29
32	44	348,10	348,27	0,17	0,0039	44	176	13,29
33	44	347,68	347,86	0,18	0,0041	44	176	13,29
34	44	347,28	347,45	0,17	0,0039	44	176	13,29
35	44	346,89	347,04	0,15	0,0034	44	176	13,29
36	44	346,50	346,61	0,11	0,0025	44	176	13,29
37	44	346,10	346,15	0,05	0,0011	44	176	13,29
38	44	345,71	345,69	-0,02	-0,0005	44	176	13,29
39	44	345,32	345,23	-0,09	-0,0020	44	176	13,29
40	44	344,92	344,86	-0,06	-0,0014	44	176	13,29
41	44	344,51	344,51	0,00	0,0000	44	176	13,29
42	44	344,09	344,16	0,07	0,0016	44	176	13,29
43	44	343,69	343,80	0,11	0,0025	44	176	13,29
44	44	343,40	343,45	0,05	0,0011	44	176	13,29

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XI Diseño Hidráulico

45	36	343,11	343,11	0,00	0,0000	36	144	11,83
46	15	342,81	343,03	0,22	0,0147	15	60	7,13
47	42	364,30	365,86	1,56	0,0371	42	168	12,94
48	42	363,65	365,22	1,57	0,0374	42	168	12,94
49	42	362,99	364,57	1,58	0,0376	42	168	12,94
50	42	362,33	363,93	1,60	0,0381	42	168	12,94
51	42	361,67	363,29	1,62	0,0386	42	168	12,94
52	42	361,02	362,62	1,60	0,0381	42	168	12,94
53	42	360,36	361,93	1,57	0,0374	42	168	12,94
54	42	359,70	361,23	1,53	0,0364	42	168	12,94
55	42	359,05	360,54	1,49	0,0355	42	168	12,94
56	42	358,39	359,93	1,54	0,0367	42	168	12,94
57	42	357,74	359,32	1,58	0,0376	42	168	12,94
58	42	357,08	358,80	1,72	0,0410	42	168	12,94
59	42	356,42	358,28	1,86	0,0443	42	168	12,94
60	42	355,89	357,76	1,87	0,0445	42	168	12,94
61	42	355,43	355,93	0,50	0,0119	42	168	12,94
62	42	354,95	355,49	0,54	0,0129	42	168	12,94
63	42	354,48	355,00	0,52	0,0124	42	168	12,94
64	42	354,01	354,51	0,50	0,0119	42	168	12,94
65	42	353,53	354,02	0,49	0,0117	42	168	12,94
66	42	353,06	353,69	0,63	0,0150	42	168	12,94
67	42	352,58	353,40	0,82	0,0195	42	168	12,94
68	42	352,11	353,09	0,98	0,0233	42	168	12,94
69	42	351,63	352,68	1,05	0,0250	42	168	12,94
70	42	351,16	351,94	0,78	0,0186	42	168	12,94
71	42	350,68	351,19	0,51	0,0121	42	168	12,94
72	42	350,19	350,57	0,38	0,0090	42	168	12,94
73	42	349,75	350,03	0,28	0,0067	42	168	12,94
74	42	349,34	349,59	0,25	0,0060	42	168	12,94
75	42	348,92	349,14	0,22	0,0052	42	168	12,94
76	42	348,51	348,71	0,20	0,0048	42	168	12,94
77	42	348,10	348,27	0,17	0,0040	42	168	12,94
78	42	347,68	347,83	0,15	0,0036	42	168	12,94
79	42	347,28	347,40	0,12	0,0029	42	168	12,94
80	42	346,89	346,96	0,07	0,0017	42	168	12,94
81	42	346,50	346,56	0,06	0,0014	42	168	12,94
82	42	346,10	346,17	0,07	0,0017	42	168	12,94
83	42	345,71	345,77	0,06	0,0014	42	168	12,94
84	42	345,32	345,38	0,06	0,0014	42	168	12,94
85	42	344,92	344,98	0,06	0,0014	42	168	12,94
86	42	344,51	344,57	0,06	0,0014	42	168	12,94
87	42	344,09	344,16	0,07	0,0017	42	168	12,94
88	42	343,69	343,74	0,05	0,0012	42	168	12,94
89	42	343,40	343,33	-0,07	-0,0017	42	168	12,94

90	42	343,11	342,93	-0,18	-0,0043	42	168	12,94
91	42	342,81	342,52	-0,29	-0,0069	42	168	12,94

Tras el cálculo del diámetro interior de cada uno de los laterales de riego, se llega a la siguiente conclusión:

- El mayor diámetro interior necesario es 13,29 mm, por lo que se instalará una tubería de polietileno PE 50A Ø16 PN4 (diámetro interior 14,00 mm) en todos los laterales de la subunidad nº 3.

5.2. PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES

A continuación se calcula la presión necesaria al origen de cada lateral, utilizando el mismo procedimiento que en el punto 3.3.

Nº	Po	Pm	h	ΔZ	Nº	Po	Pm	h	ΔZ
1	4,47	4	1,02	-0,54	24	4,85	4	1,02	0,22
2	4,46	4	1,02	-0,57	25	4,85	4	1,02	0,21
3	4,34	4	1,02	-0,81	26	4,84	4	1,02	0,20
4	4,23	4	1,02	-1,03	27	4,85	4	1,02	0,21
5	4,19	4	1,02	-1,11	28	4,83	4	1,02	0,18
6	4,19	4	1,02	-1,11	29	4,83	4	1,02	0,17
7	4,19	4	1,02	-1,11	30	4,83	4	1,02	0,18
8	4,18	4	1,02	-1,12	31	4,83	4	1,02	0,18
9	4,19	4	1,02	-1,10	32	4,83	4	1,02	0,17
10	4,30	4	1,02	-0,88	33	4,83	4	1,02	0,18
11	4,42	4	1,02	-0,64	34	4,83	4	1,02	0,17
12	4,54	4	1,02	-0,41	35	4,82	4	1,02	0,15
13	4,66	4	1,02	-0,17	36	4,80	4	1,02	0,11
14	4,77	4	1,02	0,06	37	4,77	4	1,02	0,05
15	4,83	4	1,02	0,17	38	4,73	4	1,02	-0,02
16	4,85	4	1,02	0,21	39	4,70	4	1,02	-0,09
17	4,87	4	1,02	0,25	40	4,71	4	1,02	-0,06
18	4,86	4	1,02	0,24	41	4,74	4	1,02	0,00
19	4,86	4	1,02	0,24	42	4,78	4	1,02	0,07
20	4,86	4	1,02	0,24	43	4,80	4	1,02	0,11
21	4,86	4	1,02	0,24	44	4,77	4	1,02	0,05
22	4,86	4	1,02	0,24	45	4,74	4	1,02	0,00
23	4,85	4	1,02	0,22	46	4,85	4	1,02	0,22

Nº	Po	Pm	h	ΔZ
47	5,52	4	1,02	1,56
48	5,53	4	1,02	1,57
49	5,53	4	1,02	1,58
50	5,54	4	1,02	1,60
51	5,55	4	1,02	1,62
52	5,54	4	1,02	1,60
53	5,53	4	1,02	1,57
54	5,51	4	1,02	1,53
55	5,49	4	1,02	1,49
56	5,51	4	1,02	1,54
57	5,53	4	1,02	1,58
58	5,60	4	1,02	1,72
59	5,67	4	1,02	1,86
60	5,68	4	1,02	1,87
61	4,99	4	1,02	0,50
62	5,01	4	1,02	0,54
63	5,00	4	1,02	0,52
64	4,99	4	1,02	0,50
65	4,99	4	1,02	0,49
66	5,06	4	1,02	0,63
67	5,15	4	1,02	0,82
68	5,23	4	1,02	0,98
69	5,27	4	1,02	1,05

Nº	Po	Pm	h	ΔZ
70	5,13	4	1,02	0,78
71	5,00	4	1,02	0,51
72	4,93	4	1,02	0,38
73	4,88	4	1,02	0,28
74	4,87	4	1,02	0,25
75	4,85	4	1,02	0,22
76	4,84	4	1,02	0,20
77	4,83	4	1,02	0,17
78	4,82	4	1,02	0,15
79	4,80	4	1,02	0,12
80	4,78	4	1,02	0,07
81	4,77	4	1,02	0,06
82	4,78	4	1,02	0,07
83	4,77	4	1,02	0,06
84	4,77	4	1,02	0,06
85	4,77	4	1,02	0,06
86	4,77	4	1,02	0,06
87	4,78	4	1,02	0,07
88	4,77	4	1,02	0,05
89	4,71	4	1,02	-0,07
90	4,65	4	1,02	-0,18
91	4,60	4	1,02	-0,29

Tras el cálculo de la presión necesaria al origen de cada lateral, se observa que el **lateral número 60** es el más exigente con $P_0 = 5,68 \text{ mca.}$

5.3. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La subunidad de riego número 3 dispone de una tubería terciaria con las siguientes características:

TERCIARIA	LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)	Q (l/s)
3	318,50	365,09	342,81	--22,28	-0,069	31016	8,61

Se lleva a cabo el mismo procedimiento que en el punto 3.4. y se obtiene una pérdida de carga admisible en la tubería terciaria de servicio en extremo:

$$hre = 51,84 \text{ mca}$$

$$51,84 = 0,592 \cdot \frac{31016^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot 318,50$$

$$D = 59,27 \text{ mm}$$

Se escoge una tubería de polietileno **PE 50A Ø75 PN6 ATM** con diámetro interior de 66,00 mm.

Al seleccionar un diámetro mayor, las pérdidas de carga reales serán:

$$hre = 0,592 \cdot \frac{31016^{1,75}}{66,00^{4,75}} \cdot 318,50$$

$$hre = 31,11 \text{ mca}$$

5.4. PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA

Se utiliza el mismo procedimiento que en el punto 3.5. y se obtiene el siguiente resultado:

$$P'_0 = 5,68 + 0,73 \cdot 31,11 - \frac{22,28}{2}$$

$$P'_0 = 17,25 \text{ mca}$$

6. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 4

6.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES

En la siguiente tabla se detallan las características de cada lateral, así como el diámetro mínimo necesario. Los cálculos se han realizado utilizando una hoja de cálculo diseñada para tal efecto.

Nº	L (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ	PDTE	Nº EMIS	Q (l/h)	D (mm)
1	44	366,20	365,71	-0,49	-0,0111	44	176	13,29
2	44	365,61	365,17	-0,44	-0,0100	44	176	13,29
3	44	364,90	364,66	-0,24	-0,0055	44	176	13,29
4	44	364,14	364,08	-0,06	-0,0014	44	176	13,29
5	44	363,37	363,50	0,13	0,0030	44	176	13,29
6	44	362,59	362,93	0,34	0,0077	44	176	13,29
7	44	361,86	362,35	0,49	0,0111	44	176	13,29
8	44	361,31	361,80	0,49	0,0111	44	176	13,29
9	44	360,76	361,25	0,49	0,0111	44	176	13,29
10	44	360,21	360,71	0,50	0,0114	44	176	13,29
11	44	359,74	360,15	0,41	0,0093	44	176	13,29
12	44	359,31	359,70	0,39	0,0089	44	176	13,29
13	44	358,88	359,26	0,38	0,0086	44	176	13,29
14	44	358,45	358,78	0,33	0,0075	44	176	13,29
15	44	358,03	358,30	0,27	0,0061	44	176	13,29
16	44	357,60	357,82	0,22	0,0050	44	176	13,29
17	44	357,17	357,34	0,17	0,0039	44	176	13,29
18	44	356,74	356,85	0,11	0,0025	44	176	13,29
19	44	356,31	356,37	0,06	0,0014	44	176	13,29
20	44	355,88	355,89	0,01	0,0002	44	176	13,29
21	44	355,41	355,41	0,00	0,0000	44	176	13,29
22	44	354,93	354,94	0,01	0,0002	44	176	13,29
23	44	354,45	354,45	0,00	0,0000	44	176	13,29
24	44	353,97	353,97	0,00	0,0000	44	176	13,29
25	44	353,49	353,49	0,00	0,0000	44	176	13,29
26	44	353,01	352,97	-0,04	-0,0009	44	176	13,29
27	44	352,53	352,44	-0,09	-0,0020	44	176	13,29
28	44	352,04	351,91	-0,13	-0,0030	44	176	13,29
29	44	351,56	351,39	-0,17	-0,0039	44	176	13,29
30	44	351,08	350,86	-0,22	-0,0050	44	176	13,29
31	44	350,60	350,33	-0,27	-0,0061	44	176	13,29

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XI Diseño Hidráulico

32	44	350,09	349,80	-0,29	-0,0066	44	176	13,29
33	44	349,60	349,28	-0,32	-0,0073	44	176	13,29
34	44	349,16	348,75	-0,41	-0,0093	44	176	13,29
35	37	348,69	348,31	-0,38	-0,0103	37	148	12,02
36	30	348,23	347,95	-0,28	-0,0093	30	120	10,65
37	30	347,76	347,51	-0,25	-0,0083	30	120	10,65
38	23	347,30	347,15	-0,15	-0,0065	23	92	9,13
39	23	346,83	346,71	-0,12	-0,0052	23	92	9,13
40	16	346,37	346,29	-0,08	-0,0050	16	64	7,40
41	16	345,90	345,86	-0,04	-0,0025	16	64	7,40
42	9	345,52	345,51	-0,01	-0,0011	9	36	5,30
43	2	345,16	345,16	0,00	0,0000	2	8	2,22
44	2	344,80	344,80	0,00	0,0000	2	8	2,22
45	7	365,61	365,72	0,11	0,0157	7	28	4,58
46	14	364,90	365,18	0,28	0,0200	14	56	6,85
47	28	364,14	364,78	0,64	0,0229	28	112	10,23
48	42	363,37	364,43	1,06	0,0252	42	168	12,94
49	42	362,59	363,63	1,04	0,0248	42	168	12,94
50	42	361,86	362,78	0,92	0,0219	42	168	12,94
51	42	361,31	361,91	0,60	0,0143	42	168	12,94
52	42	360,76	361,09	0,33	0,0079	42	168	12,94
53	42	360,21	360,44	0,23	0,0055	42	168	12,94
54	42	359,74	359,78	0,04	0,0010	42	168	12,94
55	42	359,31	359,13	-0,18	-0,0043	42	168	12,94
56	42	358,88	358,62	-0,26	-0,0062	42	168	12,94
57	42	358,45	358,20	-0,25	-0,0060	42	168	12,94
58	42	358,03	357,77	-0,26	-0,0062	42	168	12,94
59	42	357,60	357,35	-0,25	-0,0060	42	168	12,94
60	42	357,17	356,92	-0,25	-0,0060	42	168	12,94
61	42	356,74	356,50	-0,24	-0,0057	42	168	12,94
62	42	356,31	356,08	-0,23	-0,0055	42	168	12,94
63	42	355,88	355,66	-0,22	-0,0052	42	168	12,94
64	42	355,41	355,22	-0,19	-0,0045	42	168	12,94
65	42	354,93	354,75	-0,18	-0,0043	42	168	12,94
66	42	354,45	354,28	-0,17	-0,0040	42	168	12,94
67	42	353,97	353,80	-0,17	-0,0040	42	168	12,94
68	42	353,49	353,32	-0,17	-0,0040	42	168	12,94
69	42	353,01	352,84	-0,17	-0,0040	42	168	12,94
70	42	352,53	352,35	-0,18	-0,0043	42	168	12,94
71	42	352,04	351,87	-0,17	-0,0040	42	168	12,94
72	42	351,56	351,39	-0,17	-0,0040	42	168	12,94
73	42	351,08	350,91	-0,17	-0,0040	42	168	12,94
74	42	350,60	350,42	-0,18	-0,0043	42	168	12,94
75	42	350,09	349,95	-0,14	-0,0033	42	168	12,94
76	42	349,60	349,53	-0,07	-0,0017	42	168	12,94

77	42	349,16	349,12	-0,04	-0,0010	42	168	12,94
78	42	348,69	348,71	0,02	0,0005	42	168	12,94
79	42	348,23	348,30	0,07	0,0017	42	168	12,94
80	42	347,76	347,88	0,12	0,0029	42	168	12,94
81	42	347,30	347,47	0,17	0,0040	42	168	12,94
82	42	346,83	347,05	0,22	0,0052	42	168	12,94
83	42	346,37	346,59	0,22	0,0052	42	168	12,94
84	42	345,90	346,13	0,23	0,0055	42	168	12,94
85	42	345,52	345,66	0,14	0,0033	42	168	12,94
86	42	345,16	345,22	0,06	0,0014	42	168	12,94
87	42	344,80	344,86	0,06	0,0014	42	168	12,94
88	42	344,44	344,50	0,06	0,0014	42	168	12,94

Tras el cálculo del diámetro interior de cada uno de los laterales de riego, se llega a la siguiente conclusión:

- El mayor diámetro interior necesario es 13,29 mm, por lo que se instalará una tubería de polietileno PE 50A Ø16 PN4 (diámetro interior 14,00 mm) en todos los laterales de la subunidad nº 4.

6.2. PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES

A continuación se calcula la presión necesaria al origen de cada lateral, utilizando el mismo procedimiento que en el punto 3.3.

Nº	Po	Pm	h	ΔZ
1	4,50	4	1,02	-0,49
2	4,52	4	1,02	-0,44
3	4,62	4	1,02	-0,24
4	4,71	4	1,02	-0,06
5	4,81	4	1,02	0,13
6	4,91	4	1,02	0,34
7	4,99	4	1,02	0,49
8	4,99	4	1,02	0,49
9	4,99	4	1,02	0,49
10	4,99	4	1,02	0,50
11	4,95	4	1,02	0,41

Nº	Po	Pm	h	ΔZ
12	4,94	4	1,02	0,39
13	4,93	4	1,02	0,38
14	4,91	4	1,02	0,33
15	4,88	4	1,02	0,27
16	4,85	4	1,02	0,22
17	4,83	4	1,02	0,17
18	4,80	4	1,02	0,11
19	4,77	4	1,02	0,06
20	4,75	4	1,02	0,01
21	4,74	4	1,02	0,00
22	4,75	4	1,02	0,01

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XI Diseño Hidráulico

Nº	Po	Pm	h	ΔZ
23	4,74	4	1,02	0,00
24	4,74	4	1,02	0,00
25	4,74	4	1,02	0,00
26	4,72	4	1,02	-0,04
27	4,70	4	1,02	-0,09
28	4,68	4	1,02	-0,13
29	4,66	4	1,02	-0,17
30	4,63	4	1,02	-0,22
31	4,61	4	1,02	-0,27
32	4,60	4	1,02	-0,29
33	4,58	4	1,02	-0,32
34	4,54	4	1,02	-0,41
35	4,55	4	1,02	-0,38
36	4,60	4	1,02	-0,28
37	4,62	4	1,02	-0,25
38	4,67	4	1,02	-0,15
39	4,68	4	1,02	-0,12
40	4,70	4	1,02	-0,08
41	4,72	4	1,02	-0,04
42	4,74	4	1,02	-0,01
43	4,74	4	1,02	0,00
44	4,74	4	1,02	0,00
45	3,03	4	1,02	0,11
46	3,12	4	1,02	0,28
47	3,30	4	1,02	0,64
48	3,51	4	1,02	1,06
49	3,50	4	1,02	1,04
50	3,44	4	1,02	0,92
51	3,28	4	1,02	0,60
52	3,14	4	1,02	0,33
53	3,09	4	1,02	0,23
54	3,00	4	1,02	0,04
55	2,89	4	1,02	-0,18

Nº	Po	Pm	h	ΔZ
56	2,85	4	1,02	-0,26
57	2,85	4	1,02	-0,25
58	2,85	4	1,02	-0,26
59	2,85	4	1,02	-0,25
60	2,85	4	1,02	-0,25
61	2,86	4	1,02	-0,24
62	2,86	4	1,02	-0,23
63	2,87	4	1,02	-0,22
64	2,88	4	1,02	-0,19
65	2,89	4	1,02	-0,18
66	2,89	4	1,02	-0,17
67	2,89	4	1,02	-0,17
68	2,89	4	1,02	-0,17
69	2,89	4	1,02	-0,17
70	2,89	4	1,02	-0,18
71	2,89	4	1,02	-0,17
72	2,89	4	1,02	-0,17
73	2,89	4	1,02	-0,17
74	2,89	4	1,02	-0,18
75	2,91	4	1,02	-0,14
76	2,94	4	1,02	-0,07
77	2,96	4	1,02	-0,04
78	2,99	4	1,02	0,02
79	3,01	4	1,02	0,07
80	3,04	4	1,02	0,12
81	3,06	4	1,02	0,17
82	3,09	4	1,02	0,22
83	3,09	4	1,02	0,22
84	3,09	4	1,02	0,23
85	3,05	4	1,02	0,14
86	3,01	4	1,02	0,06
87	3,01	4	1,02	0,06
88	3,01	4	1,02	0,06

Tras el cálculo de la presión necesaria al origen de cada lateral, se observa que los laterales numerados con el 7, 8, 9 y 10 son los más exigentes con $P_0 = 4,99$ mca.

6.3. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La subunidad de riego número 4 dispone de una tubería terciaria con las siguientes características:

TERCIARIA	LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)	Q (l/s)
4	308,40	366,20	344,40	-21,8	-0,071	27640	7,68

Se lleva a cabo el mismo procedimiento que en el punto 3.4. y se obtiene una pérdida de carga admisible en la tubería terciaria de servicio en extremo:

$$hre = 50,74 \text{ mca}$$

$$50,74 = 0,592 \cdot \frac{27640^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot 308,40$$

$$D = 56,68 \text{ mm}$$

Se escoge una tubería de polietileno **PE 50A Ø75 PN6 ATM** con diámetro interior de 66,00 mm.

Al seleccionar un diámetro mayor, las pérdidas de carga reales serán:

$$hre = 0,592 \cdot \frac{27640^{1,75}}{66,00^{4,75}} \cdot 308,40$$

$$hre = 24,62 \text{ mca}$$

6.4. PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA

Se utiliza el mismo procedimiento que en el punto 3.5. y se obtiene el siguiente resultado:

$$P'_0 = 4,99 + 0,73 \cdot 24,62 - \frac{21,8}{2}$$

$$P'_0 = 12,06 \text{ mca}$$

7. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 5

7.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES

En la siguiente tabla se detallan las características de cada lateral, así como el diámetro mínimo necesario. Los cálculos se han realizado utilizando una hoja de cálculo diseñada para tal efecto.

Nº	L (mm)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ	PDTE	Nº EMIS	Q (l/h)	D (mm)
1	51	369,01	370,53	1,52	0,0298	51	204	14,48
2	51	367,53	369,27	1,74	0,0341	51	204	14,48
3	51	366,01	367,70	1,69	0,0331	51	204	14,48
4	51	364,79	366,15	1,36	0,0267	51	204	14,48
5	51	364,19	364,83	0,64	0,0125	51	204	14,48
6	51	363,59	364,21	0,62	0,0122	51	204	14,48
7	51	362,99	363,59	0,60	0,0118	51	204	14,48
8	51	362,39	362,96	0,57	0,0112	51	204	14,48
9	51	361,79	362,33	0,54	0,0106	51	204	14,48
10	51	361,18	361,71	0,53	0,0104	51	204	14,48
11	51	360,57	361,08	0,51	0,0100	51	204	14,48
12	51	359,96	360,46	0,50	0,0098	51	204	14,48
13	51	359,47	359,85	0,38	0,0075	51	204	14,48
14	51	358,97	359,27	0,30	0,0059	51	204	14,48
15	51	358,43	358,70	0,27	0,0053	51	204	14,48
16	51	357,87	358,12	0,25	0,0049	51	204	14,48
17	51	357,32	357,55	0,23	0,0045	51	204	14,48
18	51	356,75	356,98	0,23	0,0045	51	204	14,48
19	51	356,19	356,40	0,21	0,0041	51	204	14,48
20	51	355,63	355,83	0,20	0,0039	51	204	14,48
21	51	355,06	355,33	0,27	0,0053	51	204	14,48
22	51	354,52	355,09	0,57	0,0112	51	204	14,48
23	51	353,97	354,86	0,89	0,0175	51	204	14,48
24	51	353,43	354,65	1,22	0,0239	51	204	14,48

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XI Diseño Hidráulico

25	51	352,89	354,43	1,54	0,0302	51	204	14,48
26	51	352,34	354,21	1,87	0,0367	51	204	14,48
27	51	351,80	353,99	2,19	0,0429	51	204	14,48
28	51	351,26	353,95	2,69	0,0527	51	204	14,48
29	51	350,72	354,16	3,44	0,0675	51	204	14,48
30	51	350,40	354,37	3,97	0,0778	51	204	14,48
31	51	350,55	354,45	3,90	0,0765	51	204	14,48
32	51	350,70	354,40	3,70	0,0725	51	204	14,48
33	49	369,01	365,39	-3,62	-0,0739	49	196	14,15
34	49	367,53	364,96	-2,57	-0,0524	49	196	14,15
35	49	366,01	364,39	-1,62	-0,0331	49	196	14,15
36	49	364,79	363,81	-0,98	-0,0200	49	196	14,15
37	49	364,19	363,24	-0,95	-0,0194	49	196	14,15
38	49	363,59	362,66	-0,93	-0,0190	49	196	14,15
39	49	362,99	362,08	-0,91	-0,0186	49	196	14,15
40	49	362,39	361,51	-0,88	-0,0180	49	196	14,15
41	49	361,79	360,92	-0,87	-0,0178	49	196	14,15
42	49	361,18	360,34	-0,84	-0,0171	49	196	14,15
43	49	360,57	359,77	-0,80	-0,0163	49	196	14,15
44	49	359,96	359,28	-0,68	-0,0139	49	196	14,15
45	49	359,47	358,79	-0,68	-0,0139	49	196	14,15
46	49	358,97	358,30	-0,67	-0,0137	49	196	14,15
47	49	358,43	357,81	-0,62	-0,0127	49	196	14,15
48	49	357,87	357,33	-0,54	-0,0110	49	196	14,15
49	49	357,32	356,86	-0,46	-0,0094	49	196	14,15
50	49	356,75	356,37	-0,38	-0,0078	49	196	14,15
51	49	356,19	355,90	-0,29	-0,0059	49	196	14,15
52	49	355,63	355,42	-0,21	-0,0043	49	196	14,15
53	49	355,06	354,94	-0,12	-0,0024	49	196	14,15
54	49	354,52	354,45	-0,07	-0,0014	49	196	14,15
55	49	353,97	353,95	-0,02	-0,0004	49	196	14,15
56	49	353,43	353,42	-0,01	-0,0002	49	196	14,15
57	49	352,89	352,89	0,00	0,0000	49	196	14,15
58	49	352,34	352,36	0,02	0,0004	49	196	14,15
59	49	351,80	351,83	0,03	0,0006	49	196	14,15
60	49	351,26	351,32	0,06	0,0012	49	196	14,15
61	49	350,72	350,81	0,09	0,0018	49	196	14,15
62	49	350,40	350,3	-0,10	-0,0020	49	196	14,15
63	49	350,55	349,8	-0,75	-0,0153	49	196	14,15
64	49	350,70	349,29	-1,41	-0,0288	49	196	14,15

Tras el cálculo del diámetro interior de cada uno de los laterales de riego, se llega a la siguiente conclusión:

- El mayor diámetro interior necesario es 14,48 mm, por lo que se instalará una tubería de polietileno PE 50A Ø20 PN4 (diámetro interior 17,80 mm) en todos los laterales de la subunidad nº 5.

7.2. PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES

A continuación se calcula la presión necesaria al origen de cada lateral, utilizando el mismo procedimiento que en el punto 3.3.

Nº	Po	Pm	h	ΔZ	Nº	Po	Pm	h	ΔZ
1	5,50	4	1,02	1,52	27	5,84	4	1,02	2,19
2	5,61	4	1,02	1,74	28	6,09	4	1,02	2,69
3	5,59	4	1,02	1,69	29	6,46	4	1,02	3,44
4	5,42	4	1,02	1,36	30	6,73	4	1,02	3,97
5	5,06	4	1,02	0,64	31	6,69	4	1,02	3,90
6	5,05	4	1,02	0,62	32	6,59	4	1,02	3,70
7	5,04	4	1,02	0,60	33	2,93	4	1,02	-3,62
8	5,03	4	1,02	0,57	34	3,46	4	1,02	-2,57
9	5,01	4	1,02	0,54	35	3,93	4	1,02	-1,62
10	5,01	4	1,02	0,53	36	4,25	4	1,02	-0,98
11	5,00	4	1,02	0,51	37	4,27	4	1,02	-0,95
12	4,99	4	1,02	0,50	38	4,28	4	1,02	-0,93
13	4,93	4	1,02	0,38	39	4,29	4	1,02	-0,91
14	4,89	4	1,02	0,30	40	4,30	4	1,02	-0,88
15	4,88	4	1,02	0,27	41	4,31	4	1,02	-0,87
16	4,87	4	1,02	0,25	42	4,32	4	1,02	-0,84
17	4,86	4	1,02	0,23	43	4,34	4	1,02	-0,80
18	4,86	4	1,02	0,23	44	4,40	4	1,02	-0,68
19	4,85	4	1,02	0,21	45	4,40	4	1,02	-0,68
20	4,84	4	1,02	0,20	46	4,41	4	1,02	-0,67
21	4,88	4	1,02	0,27	47	4,43	4	1,02	-0,62
22	5,03	4	1,02	0,57	48	4,47	4	1,02	-0,54
23	5,19	4	1,02	0,89	49	4,51	4	1,02	-0,46
24	5,35	4	1,02	1,22	50	4,55	4	1,02	-0,38
25	5,51	4	1,02	1,54	51	4,60	4	1,02	-0,29
26	5,68	4	1,02	1,87	52	4,64	4	1,02	-0,21

Nº	Po	Pm	h	ΔZ
53	4,68	4	1,02	-0,12
54	4,71	4	1,02	-0,07
55	4,73	4	1,02	-0,02
56	4,74	4	1,02	-0,01
57	4,74	4	1,02	0,00
58	4,75	4	1,02	0,02

Nº	Po	Pm	h	ΔZ
59	4,76	4	1,02	0,03
60	4,77	4	1,02	0,06
61	4,79	4	1,02	0,09
62	4,69	4	1,02	-0,10
63	4,37	4	1,02	-0,75
64	4,04	4	1,02	-1,41

Tras el cálculo de la presión necesaria al origen de cada lateral, se observa el lateral número 30 es el más exigente con $P_0 = 6,73 \text{ mca}$.

7.3. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La subunidad de riego número 5 dispone de una tubería terciaria con las siguientes características:

TERCIARIA	LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)	Q (l/s)
5	219,10	369,01	350,70	-18,31	-0,084	25600	7,11

Se lleva a cabo el mismo procedimiento que en el punto 3.4. y se obtiene una pérdida de carga admisible en la tubería terciaria de servicio en extremo:

$$hre = 42,75 \text{ mca}$$

$$42,75 = 0,592 \cdot \frac{25600^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot 219,10$$

$$D = 53,16 \text{ mm}$$

Se escoge una tubería de polietileno **PE 50A Ø75 PN6 ATM** con diámetro interior de 66,00 mm.

Al seleccionar un diámetro mayor, las pérdidas de carga reales serán:

$$hre = 0,592 \cdot \frac{25600^{1,75}}{66,00^{4,75}} \cdot 219,10$$

$$hre = 15,30 \text{ mca}$$

7.4. PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA

Se utiliza el mismo procedimiento que en el punto 3.5. y se obtiene el siguiente resultado:

$$P'_0 = 6,73 + 0,73 \cdot 15,30 - \frac{18,31}{2}$$

$$P'_0 = 8,74 \text{ mca}$$

8. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 6

8.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES

En la siguiente tabla se detallan las características de cada lateral, así como el diámetro mínimo necesario. Los cálculos se han realizado utilizando una hoja de cálculo diseñada para tal efecto.

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XI Diseño Hidráulico

Nº	L (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ	PDTE	Nº EMIS	Q (l/h)	D (mm)
1	51	369,99	370,26	0,27	0,0053	51	204	14,48
2	51	368,85	369,22	0,37	0,0073	51	204	14,48
3	51	367,71	368,13	0,42	0,0082	51	204	14,48
4	51	366,56	366,75	0,19	0,0037	51	204	14,48
5	51	365,42	365,24	-0,18	-0,0035	51	204	14,48
6	51	364,56	364,82	0,26	0,0051	51	204	14,48
7	51	363,94	364,61	0,67	0,0131	51	204	14,48
8	51	363,32	364,39	1,07	0,0210	51	204	14,48
9	51	362,71	364,17	1,46	0,0286	51	204	14,48
10	51	362,09	363,96	1,87	0,0367	51	204	14,48
11	51	361,46	363,75	2,29	0,0449	51	204	14,48
12	51	360,84	363,53	2,69	0,0527	51	204	14,48
13	51	360,31	363,32	3,01	0,0590	51	204	14,48
14	51	359,96	363,10	3,14	0,0616	51	204	14,48
15	51	359,73	362,89	3,16	0,0620	51	204	14,48
16	51	359,49	362,68	3,19	0,0625	51	204	14,48
17	51	359,26	362,34	3,08	0,0604	51	204	14,48
18	51	359,02	361,89	2,87	0,0563	51	204	14,48
19	51	358,78	360,85	2,07	0,0406	51	204	14,48
20	51	358,55	360,30	1,75	0,0343	51	204	14,48
21	51	358,31	360,25	1,94	0,0380	51	204	14,48
22	51	358,08	360,20	2,12	0,0416	51	204	14,48
23	51	357,84	360,15	2,31	0,0453	51	204	14,48
24	51	357,60	360,18	2,58	0,0506	51	204	14,48
25	51	357,37	360,20	2,83	0,0555	51	204	14,48
26	51	357,21	360,09	2,88	0,0565	51	204	14,48
27	51	357,21	359,96	2,75	0,0539	51	204	14,48
28	51	357,20	359,85	2,65	0,0520	51	204	14,48
29	51	357,20	359,74	2,54	0,0498	51	204	14,48
30	51	357,20	359,64	2,44	0,0478	51	204	14,48
31	51	357,19	359,53	2,34	0,0459	51	204	14,48
32	51	357,10	359,42	2,32	0,0455	51	204	14,48
33	51	356,99	359,31	2,32	0,0455	51	204	14,48
34	51	356,88	359,08	2,20	0,0431	51	204	14,48
35	51	356,61	358,80	2,19	0,0429	51	204	14,48
36	51	356,33	358,50	2,17	0,0425	51	204	14,48
37	49	369,99	370,47	0,48	0,0098	49	196	14,15
38	49	368,85	369,26	0,41	0,0084	49	196	14,15
39	49	367,71	367,78	0,07	0,0014	49	196	14,15
40	49	366,56	366,21	-0,35	-0,0071	49	196	14,15
41	49	365,42	364,86	-0,56	-0,0114	49	196	14,15
42	49	364,56	364,24	-0,32	-0,0065	49	196	14,15
43	49	363,94	363,62	-0,32	-0,0065	49	196	14,15
44	49	363,32	362,99	-0,33	-0,0067	49	196	14,15

45	49	362,71	362,37	-0,34	-0,0069	49	196	14,15
46	49	362,09	361,73	-0,36	-0,0073	49	196	14,15
47	49	361,46	361,12	-0,34	-0,0069	49	196	14,15
48	49	360,84	360,49	-0,35	-0,0071	49	196	14,15
49	49	360,31	359,88	-0,43	-0,0088	49	196	14,15
50	49	359,96	359,30	-0,66	-0,0135	49	196	14,15
51	49	359,73	358,73	-1,00	-0,0204	49	196	14,15
52	49	359,49	358,16	-1,33	-0,0271	49	196	14,15
53	49	359,26	357,58	-1,68	-0,0343	49	196	14,15
54	49	359,02	357,01	-2,01	-0,0410	49	196	14,15
55	49	358,78	356,44	-2,34	-0,0478	49	196	14,15
56	49	358,55	355,86	-2,69	-0,0549	49	196	14,15
57	49	358,31	355,60	-2,71	-0,0553	49	196	14,15
58	49	358,08	355,37	-2,71	-0,0553	49	196	14,15
59	49	357,84	355,13	-2,71	-0,0553	49	196	14,15
60	49	357,60	354,91	-2,69	-0,0549	49	196	14,15
61	49	357,37	354,69	-2,68	-0,0547	49	196	14,15
62	49	357,21	354,47	-2,74	-0,0559	49	196	14,15
63	49	357,21	354,25	-2,96	-0,0604	49	196	14,15
64	49	357,20	354,35	-2,85	-0,0582	49	196	14,15
65	49	357,20	354,55	-2,65	-0,0541	49	196	14,15
66	49	357,20	354,62	-2,58	-0,0527	49	196	14,15
67	49	357,19	354,65	-2,54	-0,0518	49	196	14,15
68	49	357,10	354,65	-2,45	-0,0500	49	196	14,15
69	49	356,99	354,58	-2,41	-0,0492	49	196	14,15
70	21	356,88	355,85	-1,03	-0,0490	21	84	8,66
71	14	356,61	355,92	-0,69	-0,0493	14	56	6,85

Tras el cálculo del diámetro interior de cada uno de los laterales de riego, se llega a la siguiente conclusión:

- El mayor diámetro interior necesario es 14,48 mm, por lo que se instalará una tubería de polietileno PE 50A Ø20 PN4 (diámetro interior 17,80 mm) en todos los laterales de la subunidad nº 6.

8.2. PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES

A continuación se calcula la presión necesaria al origen de cada lateral, utilizando el mismo procedimiento que en el punto 3.3.

Nº	Po	Pm	h	ΔZ	Nº	Po	Pm	h	ΔZ
1	4,88	4	1,02	0,27	37	4,98	4	1,02	0,48
2	4,93	4	1,02	0,37	38	4,95	4	1,02	0,41
3	4,95	4	1,02	0,42	39	4,78	4	1,02	0,07
4	4,84	4	1,02	0,19	40	4,57	4	1,02	-0,35
5	4,65	4	1,02	-0,18	41	4,46	4	1,02	-0,56
6	4,87	4	1,02	0,26	42	4,58	4	1,02	-0,32
7	5,08	4	1,02	0,67	43	4,58	4	1,02	-0,32
8	5,28	4	1,02	1,07	44	4,58	4	1,02	-0,33
9	5,47	4	1,02	1,46	45	4,57	4	1,02	-0,34
10	5,68	4	1,02	1,87	46	4,56	4	1,02	-0,36
11	5,89	4	1,02	2,29	47	4,57	4	1,02	-0,34
12	6,09	4	1,02	2,69	48	4,57	4	1,02	-0,35
13	6,25	4	1,02	3,01	49	4,53	4	1,02	-0,43
14	6,31	4	1,02	3,14	50	4,41	4	1,02	-0,66
15	6,32	4	1,02	3,16	51	4,24	4	1,02	-1,00
16	6,34	4	1,02	3,19	52	4,08	4	1,02	-1,33
17	6,28	4	1,02	3,08	53	3,90	4	1,02	-1,68
18	6,18	4	1,02	2,87	54	3,74	4	1,02	-2,01
19	5,78	4	1,02	2,07	55	3,57	4	1,02	-2,34
20	5,62	4	1,02	1,75	56	3,40	4	1,02	-2,69
21	5,71	4	1,02	1,94	57	3,39	4	1,02	-2,71
22	5,80	4	1,02	2,12	58	3,39	4	1,02	-2,71
23	5,90	4	1,02	2,31	59	3,39	4	1,02	-2,71
24	6,03	4	1,02	2,58	60	3,40	4	1,02	-2,69
25	6,16	4	1,02	2,83	61	3,40	4	1,02	-2,68
26	6,18	4	1,02	2,88	62	3,37	4	1,02	-2,74
27	6,12	4	1,02	2,75	63	3,26	4	1,02	-2,96
28	6,07	4	1,02	2,65	64	3,32	4	1,02	-2,85
29	6,01	4	1,02	2,54	65	3,42	4	1,02	-2,65
30	5,96	4	1,02	2,44	66	3,45	4	1,02	-2,58
31	5,91	4	1,02	2,34	67	3,47	4	1,02	-2,54
32	5,90	4	1,02	2,32	68	3,52	4	1,02	-2,45
33	5,90	4	1,02	2,32	69	3,54	4	1,02	-2,41
34	5,84	4	1,02	2,20	70	4,23	4	1,02	-1,03
35	5,84	4	1,02	2,19	71	4,40	4	1,02	-0,69
36	5,83	4	1,02	2,17					

Tras el cálculo de la presión necesaria al origen de cada lateral, se observa el lateral número 16 es el más exigente con $P_0 = 6,34 \text{ mca.}$

8.3. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La subunidad de riego número 6 dispone de una tubería terciaria con las siguientes características:

TERCIARIA	LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)	Q (l/s)
6	247,10	369,99	356,33	-13,66	-0,055	27904	7,75

Se lleva a cabo el mismo procedimiento que en el punto 3.4. y se obtiene una pérdida de carga admisible en la tubería terciaria de servicio en extremo:

$$hre = 32,09 \text{ mca}$$

$$32,09 = 0,592 \cdot \frac{27904^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot 247,10$$

$$D = 59,78 \text{ mm}$$

Se escoge una tubería de polietileno **PE 50A Ø90 PN6 ATM** con diámetro interior de 79,20 mm.

Al seleccionar un diámetro mayor, las pérdidas de carga reales serán:

$$hre = 0,592 \cdot \frac{27904^{1,75}}{79,20^{4,75}} \cdot 247,10$$

$$hre = 8,44 \text{ mca}$$

8.4. PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERIA TERCIARIA

Se utiliza el mismo procedimiento que en el punto 3.5. y se obtiene el siguiente resultado:

$$P'_0 = 6,34 + 0,73 \cdot 8,44 - \frac{13,66}{2}$$

$$P'_0 = 5,67 \text{ mca}$$

9. SUBUNIDAD DE RIEGO NÚMERO 7

9.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES

En la siguiente tabla se detallan las características de cada lateral, así como el diámetro mínimo necesario. Los cálculos se han realizado utilizando una hoja de cálculo diseñada para tal efecto.

Nº	L (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ	PDTE	Nº EMIS.	Q(l/h)	D(mm)
1	5	367,89	368,12	0,23	0,0460	5	20	3,77
2	11	366,04	366,19	0,15	0,0136	11	44	5,96
3	67	364,94	366,01	1,07	0,0160	67	268	16,95
4	67	364,72	365,63	0,91	0,0136	67	268	16,95
5	60	364,51	365,00	0,49	0,0082	60	240	15,90
6	53	364,29	365,00	0,71	0,0134	53	212	14,80
7	53	364,15	364,94	0,79	0,0149	53	212	14,80
8	53	364,01	364,88	0,87	0,0164	53	212	14,80
9	53	363,88	364,83	0,95	0,0179	53	212	14,80
10	46	363,74	364,74	1,00	0,0217	46	184	13,64
11	46	363,61	364,61	1,00	0,0217	46	184	13,64
12	46	363,47	364,47	1,00	0,0217	46	184	13,64
13	46	363,34	364,40	1,06	0,0230	46	184	13,64
14	46	363,20	364,50	1,30	0,0283	46	184	13,64
15	46	363,07	364,61	1,54	0,0335	46	184	13,64
16	46	363,10	364,72	1,62	0,0352	46	184	13,64

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XI Diseño Hidráulico

17	46	363,21	364,84	1,63	0,0354	46	184	13,64
18	46	363,32	364,98	1,66	0,0361	46	184	13,64
19	46	363,43	365,12	1,69	0,0367	46	184	13,64
20	46	363,54	365,26	1,72	0,0374	46	184	13,64
21	46	363,64	365,41	1,77	0,0385	46	184	13,64
22	46	363,65	365,55	1,90	0,0413	46	184	13,64
23	46	363,65	365,66	2,01	0,0437	46	184	13,64
24	53	363,65	366,06	2,41	0,0455	53	212	14,80
25	53	363,66	366,14	2,48	0,0468	53	212	14,80
26	53	363,69	366,20	2,51	0,0474	53	212	14,80
27	53	363,73	366,23	2,50	0,0472	53	212	14,80
28	53	363,52	366,39	2,87	0,0542	53	212	14,80
29	53	362,59	366,58	3,99	0,0753	53	212	14,80
30	60	362,67	367,02	4,35	0,0725	60	240	15,90
31	60	362,62	366,62	4,00	0,0667	60	240	15,90
32	60	362,56	366,20	3,64	0,0607	60	240	15,90
33	60	362,13	365,82	3,69	0,0615	60	240	15,90
34	60	361,67	365,61	3,94	0,0657	60	240	15,90
35	67	361,20	365,52	4,32	0,0645	67	268	16,95
36	67	360,75	365,07	4,32	0,0645	67	268	16,95
37	67	360,28	364,71	4,43	0,0661	67	268	16,95
38	60	359,88	364,37	4,49	0,0748	60	240	15,90
39	53	359,59	361,93	2,34	0,0442	53	212	14,80
40	46	359,24	360,97	1,73	0,0376	46	184	13,64
41	39	358,86	360,12	1,26	0,0323	39	156	12,39
42	32	358,41	359,12	0,71	0,0222	32	128	11,05
43	25	357,91	358,35	0,44	0,0176	25	100	9,58
44	25	357,42	358,00	0,58	0,0232	25	100	9,58
45	40	371,21	370,32	-0,89	-0,0222	40	160	12,58
46	40	370,11	369,29	-0,82	-0,0205	40	160	12,58
47	40	367,89	368,15	0,26	0,0065	40	160	12,58
48	40	366,04	366,64	0,60	0,0150	40	160	12,58
49	40	364,94	365,18	0,24	0,0060	40	160	12,58
50	40	364,72	364,81	0,09	0,0022	40	160	12,58
51	40	364,51	364,59	0,08	0,0020	40	160	12,58
52	40	364,29	364,38	0,09	0,0022	40	160	12,58
53	40	364,15	364,16	0,01	0,0003	40	160	12,58
54	40	364,01	363,95	-0,06	-0,0015	40	160	12,58
55	40	363,88	363,74	-0,14	-0,0035	40	160	12,58
56	40	363,74	363,52	-0,22	-0,0055	40	160	12,58
57	40	363,61	363,31	-0,30	-0,0075	40	160	12,58
58	40	363,47	363,10	-0,37	-0,0093	40	160	12,58
59	40	363,34	362,88	-0,46	-0,0115	40	160	12,58
60	40	363,20	362,67	-0,53	-0,0132	40	160	12,58
61	40	363,07	362,45	-0,62	-0,0155	40	160	12,58
62	40	363,10	362,24	-0,86	-0,0215	40	160	12,58
63	40	363,21	361,74	-1,47	-0,0367	40	160	12,58
64	40	363,32	360,36	-2,96	-0,0740	40	160	12,58

65	40	363,43	360,31	-3,12	-0,0780	40	160	12,58
66	40	363,54	360,33	-3,21	-0,0803	40	160	12,58
67	40	363,64	360,36	-3,28	-0,0820	40	160	12,58
68	40	363,65	360,90	-2,75	-0,0688	40	160	12,58
69	40	363,65	360,42	-3,23	-0,0807	40	160	12,58
70	40	363,65	360,37	-3,28	-0,0820	40	160	12,58
71	40	363,66	360,24	-3,42	-0,0855	40	160	12,58
72	40	363,69	360,10	-3,59	-0,0897	40	160	12,58
73	40	363,73	359,97	-3,76	-0,0940	40	160	12,58
74	40	363,52	359,86	-3,66	-0,0915	40	160	12,58
75	40	362,59	359,75	-2,84	-0,0710	40	160	12,58
76	40	362,67	359,65	-3,02	-0,0755	40	160	12,58
77	40	362,62	359,54	-3,08	-0,0770	40	160	12,58
78	40	362,56	359,29	-3,27	-0,0817	40	160	12,58
79	40	362,13	359,00	-3,13	-0,0782	40	160	12,58
80	40	361,67	358,70	-2,97	-0,0743	40	160	12,58
81	40	361,20	358,39	-2,81	-0,0703	40	160	12,58
82	40	360,75	358,09	-2,66	-0,0665	40	160	12,58
83	33	360,28	358,07	-2,21	-0,0670	33	132	11,25
84	33	359,88	357,76	-2,12	-0,0642	33	132	11,25
85	33	359,59	357,47	-2,12	-0,0642	33	132	11,25
86	26	359,24	357,63	-1,61	-0,0619	26	104	9,80
87	26	358,86	357,32	-1,54	-0,0592	26	104	9,80
88	12	358,41	357,77	-0,64	-0,0533	12	48	6,26
89	5	357,91	357,80	-0,11	-0,0220	5	20	3,77

Tras el cálculo del diámetro interior de cada uno de los laterales de riego, se llega a la siguiente conclusión:

- El mayor diámetro interior es necesario para los laterales 3, 4, 35, 36 y 37, donde se necesita como mínimo 16,95 mm, por lo que no es suficiente con la tubería de PE 50A Ø16 PN4 (diámetro interior 14,00 mm).

- Se adopta para todos los laterales de riego de la subunidad número 7 la tubería de polietileno PE 50A Ø20 PN4 (diámetro interior 17,8 mm).

9.2. PRESIÓN AL ORIGEN DE LOS LATERALES

A continuación se calcula la presión necesaria al origen de cada lateral, utilizando el mismo procedimiento que en el punto 3.3.

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XI Diseño Hidráulico

Nº	Po	Pm	h	ΔZ
1	4,86	4	1,02	0,23
2	4,82	4	1,02	0,15
3	5,28	4	1,02	1,07
4	5,20	4	1,02	0,91
5	4,99	4	1,02	0,49
6	5,10	4	1,02	0,71
7	5,14	4	1,02	0,79
8	5,18	4	1,02	0,87
9	5,22	4	1,02	0,95
10	5,24	4	1,02	1,00
11	5,24	4	1,02	1,00
12	5,24	4	1,02	1,00
13	5,27	4	1,02	1,06
14	5,39	4	1,02	1,30
15	5,51	4	1,02	1,54
16	5,55	4	1,02	1,62
17	5,56	4	1,02	1,63
18	5,57	4	1,02	1,66
19	5,59	4	1,02	1,69
20	5,60	4	1,02	1,72
21	5,63	4	1,02	1,77
22	5,69	4	1,02	1,90
23	5,75	4	1,02	2,01
24	5,95	4	1,02	2,41
25	5,98	4	1,02	2,48
26	6,00	4	1,02	2,51
27	5,99	4	1,02	2,50
28	6,18	4	1,02	2,87
29	6,74	4	1,02	3,99
30	6,92	4	1,02	4,35
31	6,74	4	1,02	4,00
32	6,56	4	1,02	3,64
33	6,59	4	1,02	3,69
34	6,71	4	1,02	3,94
35	6,90	4	1,02	4,32
36	6,90	4	1,02	4,32
37	6,96	4	1,02	4,43
38	6,99	4	1,02	4,49
39	5,91	4	1,02	2,34
40	5,61	4	1,02	1,73
41	5,37	4	1,02	1,26
42	5,10	4	1,02	0,71
43	4,96	4	1,02	0,44
44	5,03	4	1,02	0,58

Nº	Po	Pm	h	ΔZ
45	4,30	4	1,02	-0,89
46	4,33	4	1,02	-0,82
47	4,87	4	1,02	0,26
48	5,04	4	1,02	0,60
49	4,86	4	1,02	0,24
50	4,79	4	1,02	0,09
51	4,78	4	1,02	0,08
52	4,79	4	1,02	0,09
53	4,75	4	1,02	0,01
54	4,71	4	1,02	-0,06
55	4,67	4	1,02	-0,14
56	4,63	4	1,02	-0,22
57	4,59	4	1,02	-0,30
58	4,56	4	1,02	-0,37
59	4,51	4	1,02	-0,46
60	4,48	4	1,02	-0,53
61	4,43	4	1,02	-0,62
62	4,31	4	1,02	-0,86
63	4,01	4	1,02	-1,47
64	3,26	4	1,02	-2,96
65	3,18	4	1,02	-3,12
66	3,14	4	1,02	-3,21
67	3,10	4	1,02	-3,28
68	3,37	4	1,02	-2,75
69	3,13	4	1,02	-3,23
70	3,10	4	1,02	-3,28
71	3,03	4	1,02	-3,42
72	2,95	4	1,02	-3,59
73	2,86	4	1,02	-3,76
74	2,91	4	1,02	-3,66
75	3,32	4	1,02	-2,84
76	3,23	4	1,02	-3,02
77	3,20	4	1,02	-3,08
78	3,11	4	1,02	-3,27
79	3,18	4	1,02	-3,13
80	3,26	4	1,02	-2,97
81	3,34	4	1,02	-2,81
82	3,41	4	1,02	-2,66
83	3,64	4	1,02	-2,21
84	3,68	4	1,02	-2,12
85	3,68	4	1,02	-2,12
86	3,94	4	1,02	-1,61
87	3,97	4	1,02	-1,54
88	4,42	4	1,02	-0,64
89	4,69	4	1,02	-0,11

Tras el cálculo de la presión necesaria al origen de cada lateral, se observa que el **lateral número 38** es el más exigente con $P_0 = 6,99 \text{ mca}$.

9.3. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La subunidad de riego número 7 dispone de una tubería terciaria con las siguientes características:

TERCIARIA	LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)	Q (l/s)
7	317,10	371,21	357,42	-13,8	-0,0435	30824	8,56

Se lleva a cabo el mismo procedimiento que en el punto 3.4. y se obtiene una pérdida de carga admisible en la tubería terciaria de servicio en extremo:

$$h_{re} = 32,4 \text{ mca}$$

$$32,4 = 0,592 \cdot \frac{30824^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot 317,10$$

$$D = 65,23 \text{ mm}$$

La tubería de polietileno necesaria como mínimo, tras los cálculos realizados, es PE 50A Ø75 PN6 ATM (diámetro interior de 66 mm), pero se trata de una tubería que produce unas pérdidas de carga elevadas ($h_{re} = 30,64 \text{ mca}$), que posteriormente repercuten en una presión mayor al inicio de la tubería terciaria y un mayor diámetro de la tubería de distribución.

Se escoge una tubería de polietileno **PE 50A Ø90 PN6 ATM** con diámetro interior de 79,20 mm.

Al seleccionar un diámetro mayor, las pérdidas de carga reales serán:

$$hre = 0,592 \cdot \frac{30824^{1,75}}{79,20^{4,75}} \cdot 317,10$$

$$hre = 12,89 \text{ mca}$$

9.4. PRESIÓN AL ORIGEN DE LA TUBERÍA TERCIARIA

Se utiliza el mismo procedimiento que en el punto 3.5. y se obtiene el siguiente resultado:

$$P'_0 = 6,99 + 0,73 \cdot 12,89 - \frac{13,8}{2}$$
$$P'_0 = 9,50 \text{ mca}$$

Si se hubiera elegido la tubería de PE 50A Ø75 PN6 ATM, la presión al origen de la tubería terciaria sería de 22,45 mca.

Este valor es superior a los 19,79 mca de pérdida de carga disponible en la tubería de distribución, tal y como se puede ver en el siguiente punto del anejo, por lo que no sería factible.

10. CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN

La tubería de distribución, también llamada secundaria, es la encargada de suministrar el caudal necesario desde el hidrante hasta la derivación de las tuberías terciarias. El material elegido es el PVC, debido a que son necesarios diámetros de tubería elevados.

Según la Comunidad de Regantes nº1 del Canal del Cinca, se garantiza una presión en el hidrante de 40 mca.

Las características de la tubería de distribución o secundaria son:

LONG (m)	COTA IN	COTA FIN	ΔZ (m)	PDTE	Q (l/h)
832,00	351,00	371,21	-20,21	-0,024	30824

Por lo tanto, las pérdidas por diferencia de cota $\Delta Z = 20,21$ m.

Al disponer de una presión de 40 mca en el hidrante, la pérdida de carga disponible será:

$$h_r = 40 - \Delta Z = 40 - 20,21 = 19,79 \text{ mca}$$

La comprobación se desarrolla con los datos de la Subunidad nº 7, ya que es la que tiene una mayor diferencia de cota, la máxima longitud de la tubería de distribución y un caudal necesario muy elevado, siendo el segundo más importante tras el que se utiliza en la Subunidad nº 3.

Se deduce que la pérdida de carga de la tubería de distribución, en toda su longitud, puede ser como máximo:

$$19,79 - P'_0 = 19,79 - 9,50 = 10,29 \text{ mca}$$

Se considera una longitud ficticia de la tubería de distribución (L_f) un 20% mayor que la longitud real:

$$L_f = 1,20 \cdot L$$

$$L_f = 1,20 \cdot 832 = 998,4 \text{ m}$$

Utilizando la fórmula de Veronese para tuberías de PVC, se calcula el diámetro teórico de la tubería de distribución:

$$hr = 0,365 \cdot \frac{Q^{1,8}}{D^{4,8}} \cdot L$$

Conocidos los siguientes datos:

- $hr = 10,29$ mca
- $Q = 30824$ l/h
- $L = 998,4$ m

Se obtiene un diámetro interior teórico $D = 101,41$ mm

La tubería de PVC cuyo diámetro comercial se acerca más es la de **PVCØ110PN6** (diámetro interior 104,60 mm).

Se calcula la pérdida de carga real, ya que el diámetro de la tubería de distribución se conoce:

$$hr = 0,365 \cdot \frac{30824^{1,8}}{104,60^{4,8}} \cdot 998,4$$

$$hr = 8,87 \text{ mca} < 10,29 \text{ mca} \rightarrow \text{cumple}$$

En la siguiente tabla, se muestra de manera resumida, la comprobación de las pérdidas de carga máximas admisibles en la tubería de distribución para cada una de las subunidades de riego, debido a que varían las longitudes, caudal y pérdidas de carga reales.

	hr máx.(mca)	Lf (m)	Q (l/h)	Dint (mm)	D nom (mm)	hr (mca)
Tramo Origen- Sub nº 1	27,27	61,69	20272	39,46	110,00	0,26
Tramo Origen- Sub nº 2	14,58	414,31	26072	73,74	110,00	2,72
Tramo Origen- Sub nº 3	8,66	510,17	31016	91,61	110,00	4,58
Tramo Origen- Sub nº 4	12,92	626,53	27640	84,25	110,00	4,57
Tramo Origen- Sub nº 5	13,25	757,23	25600	84,71	110,00	4,82
Tramo Origen- Sub nº 6	15,34	883,23	27904	87,63	110,00	6,56
Tramo Origen- Sub nº 7	10,29	998,40	30824	101,41	110,00	8,87

Tras los resultados obtenidos, se puede afirmar que el diseño sirve para el resto de las subunidades de riego, ya que la pérdida de carga real (hr) es inferior, en todos los casos, a la pérdida de carga máxima admisible (hr máx.)

El diámetro de la tubería de PVC necesaria para todos los tramos será la de **PVCØ110PN6** (diámetro interior 104,60 mm). En los primeros tramos se podría utilizar un diámetro menor, pero al ser la parte final la más exigente en cuanto al diseño, esta condiciona toda la tubería de distribución.

11. RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los materiales, diámetro y presión nominal de cada una de las tuberías utilizadas en la instalación de riego objeto del proyecto.

	MATERIAL	Ø (mm)	PN (atm)	LONGITUD (m)
Tubería de distribución	PVC	110	6	832
Tuberías terciarias				
Subunidad nº 1	PE	63	6	141,70
Subunidad nº 2	PE	75	6	310,50
Subunidad nº 3	PE	75	6	318,50
Subunidad nº 4	PE	75	6	308,40
Subunidad nº 5	PE	75	6	219,10
Subunidad nº 6	PE	90	6	247,10
Subunidad nº 7	PE	90	6	317,10
Laterales de riego				
Subunidad nº 1	PE	25	4	5026
Subunidad nº 2	PE	16	4	6442
Subunidad nº 3	PE	16	4	7754
Subunidad nº 4	PE	16	4	6910
Subunidad nº 5	PE	20	4	6400
Subunidad nº 6	PE	20	4	6976
Subunidad nº 7	PE	20	4	7706

12. EXCAVACIÓN DE ZANJAS

La tubería de distribución y las tuberías terciarias se entierran en unas zanjas para conseguir de esta manera una instalación de riego fija.

Conocer las dimensiones mínimas de la zanja, tanto en anchura como profundidad, es de vital importancia para realizar los cálculos del volumen de tierra a mover.

12.1. DIMENSIONADO DE LAS ZANJAS

Las dimensiones de las zanjas dependen del diámetro de la tubería que se desea instalar, atendiendo a las siguientes expresiones:

Diámetro exterior de la tubería (mm)	Anchura de la zanja (m)	Profundidad de la zanja (m)
$\varnothing < 200$	$\varnothing \text{ (m)} + 0,6$	$\varnothing \text{ (m)} + 0,9$
$\varnothing > 200$	$\varnothing \text{ (m)} + 0,7$	$\varnothing \text{ (m)} + 0,9$

Una vez abierta la zanja, se deposita en el fondo una cama de arena con el fin de garantizar un apoyo uniforme del tubo. Las dimensiones de esta cama se calculan mediante la siguiente expresión: $10 + \varnothing/10$ en cm, con un mínimo de 10 cm.

El relleno de la zanja, desde la generatriz inferior hasta 30 cm por encima de la superior, se realiza con materiales de diámetro menor de 2 cm.

El resto del relleno de la zanja se realiza con el material procedente de la propia excavación.

12.2. ZANJA DE LA TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN

TUBERÍA	Ø (m)	ANCHURA (m)		LONGITUD (m)	VOLUMEN (m³)
		Ø + 0,6	Ø + 0,9		
PVCØ110PN6	0,11	0,71	1,01	832	596,63

12.3. ZANJAS DE LAS TUBERÍAS TERCIARIAS

TUBERÍA	Ø (m)	ANCHURA (m)		LONGITUD (m)	VOLUMEN (m³)
		Ø + 0,6	Ø + 0,9		
SUB1 PEØ63	0,063	0,663	0,963	141,7	90,47
SUB2 PEØ75	0,075	0,675	0,975	310,5	204,35
SUB3 PEØ75	0,075	0,675	0,975	318,5	209,61
SUB4 PEØ75	0,075	0,675	0,975	308,4	202,97
SUB5 PEØ75	0,075	0,675	0,975	219,1	144,20
SUB6 PEØ90	0,090	0,690	0,990	247,1	168,79
SUB7 PEØ90	0,090	0,690	0,990	317,1	216,61
				TOTAL	1237,00

La excavación total será $596,63 + 1237 = 1833,63 \text{ m}^3$

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

ANEJO XII: CABEZAL DE RIEGO Y ELEMENTOS SINGULARES

ÍNDICE ANEJO XII

CABEZAL DE RIEGO Y ELEMENTOS SINGULARES

1. INTRODUCCION.....	1
2. FILTRO DE ARENA.....	1
2.1. SUPERFICIE FILTRANTE.....	2
2.2. MANTENIMIENTO DEL FILTRO DE ARENA.....	3
2.3. ELECCIÓN DEL FILTRO DE ARENA.....	3
2.4. DISPOSICIÓN DEL FILTRO DE ARENA.....	4
3. FILTRO DE MALLA.....	4
3.1. SUPERFICIE FILTRANTE.....	5
3.2. MANTENIMIENTO DEL FILTRO DE MALLA.....	6
3.3. ELECCIÓN DEL FILTRO DE MALLA.....	7
3.4. DISPOSICIÓN DEL FILTRO DE MALLA.....	8
4. EQUIPO DE FERTILIZACIÓN.....	9
4.1. INTRODUCCIÓN.....	9
4.2. INYECTOR VENTURI.....	10
4.2.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	10
4.3. DEPÓSITO DE FERTILIZANTES.....	11
5. CONTADOR.....	11
6. ELEMENTOS SINGULARES.....	13
6.1. VÁLVULAS HIDRÁULICAS.....	13
6.2. VÁLVULA DE VENTOSA.....	15
6.3. VÁLVULA DE MARIPOSA.....	16
6.4. PIEZAS ESPECIALES.....	17
6.5. DESAGÜES	18
7. PROGRAMADOR.....	18
8. AUTOMATISMOS.....	19
9. CASETA DE RIEGO.....	20
10. PANELES SOLARES.....	21

CABEZAL DE RIEGO Y ELEMENTOS SINGULARES

1. INTRODUCCION

El cabezal de riego es el conjunto de elementos destinados a medir, tratar, filtrar, regular y suministrar el agua a través de la red de distribución de tuberías diseñadas para tal efecto.

Del cabezal depende en gran parte el éxito o fracaso del riego, por lo que debe prestarse una gran importancia a su instalación, ya que desde él se regula el suministro de agua y un gran número de prácticas agrícolas, tales como la fertilización y la aplicación de pesticidas

Los elementos que forman parte del cabezal de riego son los siguientes:

- Filtro de arena
- Filtro de malla
- Equipo de fertilización
- Contador

2. FILTRO DE ARENA

El filtro de arena se utiliza para retener restos orgánicos, algas y pequeñas partículas minerales.

Consiste en un depósito metálico o de poliéster, de forma cilíndrica, en cuyo interior pasa el agua a través de una capa de arena silíceas. El agua entra por la parte superior del depósito y se recoge en la parte inferior a través de unos colectores que desembocan en la tubería de salida. El depósito lleva una boca de carga de arena en la parte superior y otra de descarga en la parte inferior.

La eficacia del filtrado depende del tamaño de la arena, que a su vez determina el tamaño de los poros entre las partículas.

Se utilizan tres tamaños o granulometrías de arena: arena fina, con tamaño comprendido entre 0,4 y 0,8 mm; arena media, cuyo tamaño está comprendido entre 0,8 y 1,5 mm; y arena gruesa, con tamaño comprendido entre 1,5 y 3 mm.

Normalmente se utiliza una arena uniforme con un tamaño igual al diámetro de paso de agua en el gotero. El espesor de la capa de arena será, como mínimo, de 45 cm.

Para calcular el diámetro de un filtro hay que tener en cuenta que el flujo de agua debe ser, como máximo, de 800 litros por minuto y por m² de superficie filtrante.

2.1. SUPERFICIE FILTRANTE

El criterio adoptado, para un tipo de arena media, es que la velocidad media del agua dentro del filtro no supere los 60 m/h, es decir, 60 m³/h por m² de superficie de filtro, aunque si la velocidad es muy inferior a la indicada anteriormente, el filtro estará sobredimensionado.

El caudal máximo se requiere en la subunidad número 3, siendo necesarios 31,02 m³/h.

Superficie filtrante: $S = 31,02 / 60 = 0,52 \text{ m}^2$

Diámetro: $D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = 0,81 \text{ m}$

Por lo tanto, se instalará un filtro de arena de 1 metro de diámetro.

2.2. MANTENIMIENTO DEL FILTRO DE ARENA

Cuando el filtro entra en uso, se van contaminando sucesivamente las capas de arena desde arriba hacia abajo. En el momento en que toda la capa de arena está contaminada se produce una diferencia de presión importante entre las partes superior e inferior del filtro, pudiendo ocurrir que se originen conductos a través de la capa de arena por donde el agua puede llegar a pasar sin filtrar. Se debe limpiar periódicamente, siempre evitando estas situaciones.

Se efectuará la limpieza del filtro cuando la diferencia de presión entre la entrada y la salida del filtro sea de 2 m.c.a. con respecto a las condiciones de limpieza. Por este motivo, se colocará un manómetro antes y otro después del filtro de arena.

2.3. ELECCIÓN DEL FILTRO DE ARENA

El filtro de arena elegido es un STF modelo FAC-950. Este filtro dispone de una superficie filtrante de $0,71 \text{ m}^2$, que es suficiente ya que según los cálculos anteriores se necesita como mínimo $0,52 \text{ m}^2$.

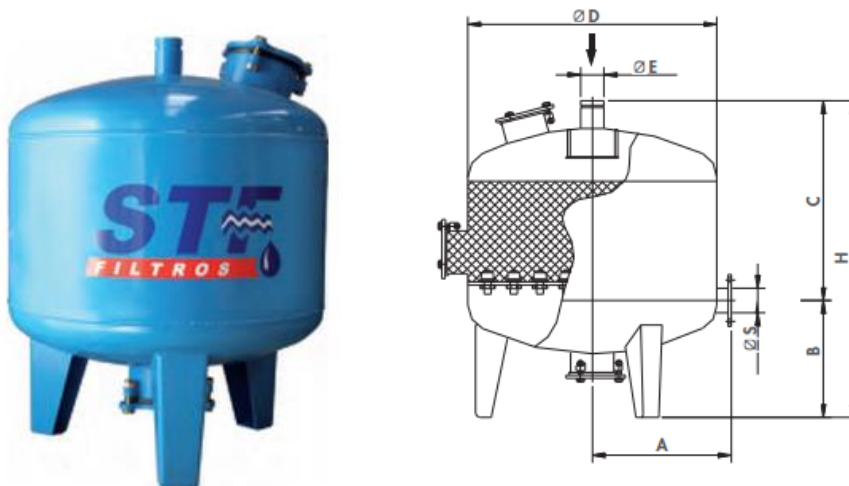


Imagen 1. Filtro de arena STF modelo FAC-950

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XII Cabezal de riego y elementos singulares.

Modelo	ØE	ØS	Dimensiones (mm)					Superficie filtrante (m ²)	Peso vacío (kg.)	Arena (kg.)
			ØD	A	B	C	H			
FAC-500	Rosca H 1" 1/2	Rosca H 1" 1/2	500	285	350	567	917	0,2	67	75
FAC-700	Victaulic 2"	Rosca H 2"	700	380	350	586	936	0,38	102	150
FAC-950	Victaulic 3"	Brida 3" DN-80	950	530	450	770	1220	0,71	210	375
FAC-1200	Victaulic 4"	Brida 4" DN-100	1200	665	450	815	1265	1,13	319	550

Tabla 1. Características del filtro de arena modelo FAC-950

El diámetro nominal es de 950 mm, por lo que se ajusta bastante a los 810 mm necesarios según los cálculos

2.4. DISPOSICIÓN DEL FILTRO DE ARENA

El filtro de arena se colocará en el cabezal de riego, antes del contador y de las válvulas volumétricas, ya que podrían verse afectados en caso de no recibir agua limpia.

3. FILTRO DE MALLA

En este tipo de filtros, la filtración se verifica en la superficie de una o más mallas concéntricas, fabricadas en material no corrosivo (acero o material plástico).

El agua proveniente de la tubería penetra en el interior del cartucho de malla y filtra a través de sus paredes, pasando a la periferia del filtro y posteriormente a la conducción de salida. Las partículas filtradas quedan en la cara interior del cartucho de malla.

Se colmatan con rapidez, por lo que se utilizan para retener partículas inorgánicas de aguas que no estén muy sucias. Para mayor seguridad y para evitar problemas con posibles algas en el agua, se ha instalado en el cabezal de riego un filtro de arena, citado en el punto anterior.

El tamaño de los orificios de la malla se mide por el número de mesh (número de malla o de tamiz), que es la densidad de mallas por pulgada lineal (2,54 cm).

El grosor de los hilos de la malla es distinto, según sean de acero o de plástico (son más finos los de acero que los de plástico), por cuyo motivo los orificios de malla de acero son mayores que los de malla de plástico.

En la siguiente tabla se indica la relación existente entre el número de mesh y el tamaño de los orificios de la malla de acero inoxidable.

Número de mesh	Tamaño del orificio (µm)
60	250
80	180
100	150
120	130
150	106
170	90
200	75
250	63

Tabla 2.Relación entre mesh y tamaño del orificio

3.1. SUPERFICIE FILTRANTE

Como norma general, se admite que el tamaño de los orificios de la malla sea 1/7 del tamaño del orificio del gotero.

Las mallas más utilizadas para riego por goteo son las de 120, 150 y 200 mesh, aunque en la práctica no se suelen instalar mallas por debajo de 200 mesh, ya que se obstruyen con gran facilidad.

La capacidad de filtrado viene dada por el caudal de agua que atraviesa la unidad de superficie filtrante o por la velocidad del agua al atravesar la superficie filtrante. La velocidad recomendada en filtros de malla es de 0,4-0,6 m/s (1440-2160 m/h).

La superficie filtrante efectiva es un porcentaje de la superficie total del filtro, cuyo dato suministra el fabricante.

A continuación se calcula la superficie filtrante de un filtro de malla de acero, para un caudal de 31,02 m³/h y un diámetro mínimo de gotero de 0,9 mm. Se estima que el área efectiva es el 30% del área total.

Orificio de la malla: $0,9 / 7 = 0,128 \text{ mm} = 128 \text{ }\mu\text{m}$

Número de mesh (según Tabla 1): 120

Velocidad del agua dentro del filtro (recomendado): 0,4 m/seg = 1440 m/h

Caudal de agua que atraviesa el filtro: 1440 m/h y m² de superficie filtrante

En el cálculo de la superficie efectiva se incrementa el caudal de riego en un 20 %, como margen de seguridad: $31,02 + (0,2 \times 31,02) = 37,22 \text{ m}^3/\text{h}$

Superficie efectiva: $37,22 / 1440 = 0,0258 \text{ m}^2$

Superficie total: $0,0258 / 0,3 = 0,0861 \text{ m}^2 = 861 \text{ cm}^2$

3.2. MANTENIMIENTO DEL FILTRO DE MALLA

Tal y como la malla se va colmatando de impurezas aumenta la pérdida de carga.

La limpieza del filtro se realizará cuando la diferencia de presión entre la entrada y la salida del filtro sea superior a 2 m.c.a. con respecto a las condiciones de limpieza total.

La limpieza manual de los filtros se realiza sacando el cartucho y lavándolo con un cepillo y agua a presión. Al final de la temporada se realizará una limpieza más esmerada, para lo cual se sumerge el cartucho durante unos minutos en una disolución de ácido nítrico, lavándolo posteriormente con agua a presión. También se puede hacer esta limpieza sumergiendo el cartucho durante doce horas en un baño de vinagre, lavándolo posteriormente con agua a presión y cepillo.

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XII Cabezal de riego y elementos singulares.

La operación de limpieza se puede automatizar mediante mecanismos adecuados que provocan la inversión del flujo cuando se alcanza una diferencia de presión prefijada entre la salida y la entrada del filtro.

3.3. ELECCIÓN DEL FILTRO DE MALLA

El filtro elegido tiene la cualidad de ser autolimpiante, para lo cual necesita disponer de una cierta presión, que en este caso la tiene.

Se trata de un filtro STF modelo FMA-3003.



Imagen 2. Filtro de malla autolimpiante STF FMA-3003

La elección de este modelo se justifica porque dispone de una superficie filtrante neta de 1600 cm², que es suficiente en este caso.

El caudal máximo que puede filtrar es de 110 m³/h, el diámetro de la entrada y la salida es de 3" y la presión de trabajo está comprendida entre 2 y 10 bar.

En la siguiente tabla suministrada por el fabricante, se pueden apreciar otros parámetros relativos al filtro de malla STF FMA-3003.

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XII Cabezal de riego y elementos singulares.

MODELO	3003	3004	3006	3008	3010
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
Diámetro Entrada/Salida (1)	DN-80 (3")	DN-100 (4")	DN-150 (6")	DN-200 (8")	DN-250 (10")
Presión de trabajo mín./máx.	2 bar / 10 bar (Otras consultar)				
Presión mín. de limpieza	2,5 bar				
Temperatura máx. del fluido	50 °C				
SOPORTE MALLA PVC					
Caudal Máximo (m³/h)	110	180	250	400	550
Superficie filtrante bruta (cm²)	2.450	4.800	7.200	9.600	12.000
Superficie filtrante neta (cm²)	1.600	3.200	4.800	6.400	8.000
Peso en vacío (kg)	60	75	90	131	164
Tamaños de filtración	1.000, 500, 300, 200, 125, 100 micras				
SOPORTE MALLA ACERO INOXIDABLE					
Caudal Máximo (m³/h)	110	180	250	400	550
Superficie filtrante bruta (cm²)	2.450	4.800	7.200	9.600	12.000
Superficie filtrante neta (cm²)	1.600	3.200	4.800	6.400	8.000
Peso en vacío (kg)	62	80	98	142	179
Tamaños de filtración	1.000, 500, 300, 200, 125, 100 micras				
CONTRALAVADO					
Válvula de contralavado	Rosca G-2"				
Duración del ciclo de lavado	20-40 segundos				
Caudal de lavado (m³/h)	3	6,5	14	23	28
Consumo de agua por lavado (litros)	25	49	110	178	238
DATOS ELÉCTRICOS					
Tensión de funcionamiento	4 pilas 1.5 V LR 14-C / (opcional 220 V AC 50 Hz)				
Tensión de control	6 V DC / (24 V DC en opción 220 V AC)				

Tabla 3. Características de los filtros STF FMA-3000

3.4. DISPOSICIÓN DEL FILTRO DE MALLA

La instalación del filtro de malla se llevará a cabo en el cabezal de riego en una posición posterior al filtro de arena.

Este orden tiene su explicación, ya que en ocasiones el agua arrastra pequeñas cantidades de arena del filtro de arena y de esta manera, quedará retenida en el filtro de malla.

El fertilizante se inyecta entre el filtro de arena y el de malla. Así no se favorece la formación de algas en el filtro de arena, y el de malla retiene las impurezas de los fertilizantes y los precipitados que se puedan formar.

Cuando los fertilizantes se inyectan en la red de tuberías, el filtro de malla se coloca aguas abajo de la inyección.

4. EQUIPO DE FERTILIZACIÓN

4.1. INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo la fertirrigación es necesario un equipo mediante el cual se incorporan los abonos líquidos.

Existen en el mercado varios tipos:

- Tanque de abonado: consiste en un depósito cerrado herméticamente en donde se coloca el abono en forma sólida o en solución líquida. Una tubería de entrada al depósito y otra de salida lo conectan a la tubería de riego en dos puntos próximos: entre ambos se instala una válvula que tiene por misión crear una diferencia de presión para que una parte del agua de la tubería se desvíe al depósito.

- Inyector venturi: consiste en una tubería conectada en paralelo a la red y provista de un estrechamiento en donde se produce una depresión que provoca la succión de la solución fertilizante. Entre los dos puntos de conexión a la red se instala una válvula, cuya misión consiste en producir una diferencia de presión para derivar una parte del agua a la red.

El depósito de fertilizante va provisto de un mecanismo de cierre para evitar que el aparato siga funcionando con el depósito vacío, lo que provocaría la inyección de aire en la red. Con este aparato la concentración de abono en el agua de riego es constante durante todo el tiempo.

- Dosificador eléctrico o hidráulico: toman el abono líquido de un depósito sin presión y lo inyectan con presión a la red. Pueden ser accionados por un

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XII Cabezal de riego y elementos singulares.

motor eléctrico (dosificadores eléctricos) o por la presión de la propia red (dosificadores hidráulicos).

4.2. INYECTOR VENTURI

El equipo de fertilización elegido un inyector de fertilizantes venturi, el cual se acciona mediante un motor hidráulico, es decir, con la propia presión del sistema de riego.

No necesita energía externa para funcionar y es resistente a los productos químicos utilizados en la plantación, permitiendo la inyección de fertilizantes, ácidos para descalcificar, herbicidas, fungicidas, insecticidas, etc.

La función de inyección se realiza en cualquier diámetro de tubería. No provoca pérdidas de carga y funciona a bajas presiones y es de fácil mantenimiento.

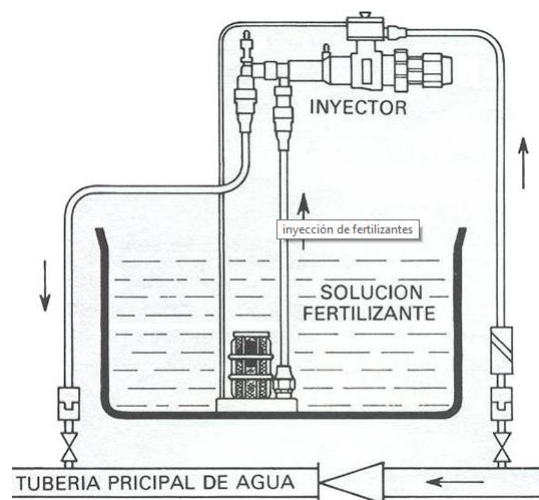


Imagen 3. Esquema básico del inyector venturi

4.2.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Caudal de inyección: según presión en la tubería de alimentación del motor hidráulico.
- Presión de inyección: doble de la presión del agua que hace funcionar el motor hidráulico.
- Presión mínima de trabajo: 1 Kg/cm².

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XII Cabezal de riego y elementos singulares.

- Presión máxima de trabajo: 8 Kg/cm².
- El consumo de agua del inyector de fertilizantes venturi es tres veces el volumen del producto inyectado.

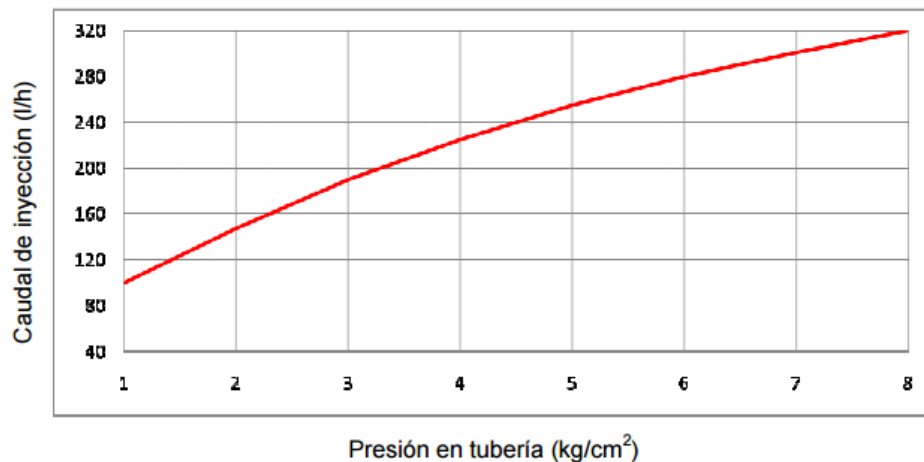


Imagen 4. Caudal inyectado según la presión disponible.

Según el gráfico de la imagen anterior, para una presión de 4 kg/cm², le corresponde un caudal de inyección de 220 l/h.

4.3. DEPÓSITO DE FERTILIZANTES

Los fertilizantes se transportarán a la parcela mediante una cuba arrastrada suministrada por la propia cooperativa que comercializa los abonos líquidos. De esta manera se prescinde de la colocación de depósitos de fertilizante fijos, con el consiguiente ahorro en costes que supone.

5. CONTADOR

El contador de agua tiene la misión de controlar el volumen de agua utilizado, y por tanto el coste que se debe abonar a la Comunidad de Regantes.

Los más utilizados son:

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XII Cabezal de riego y elementos singulares.

- Woltman: su funcionamiento está basado en el giro de un molinete helicoidal cuyo número de vueltas es función del caudal.

- Proporcional: se basa en la medición de una parte del caudal derivado de la conducción y establecer la proporcionalidad correspondiente entre el caudal derivado y el total.

El contador Woltman es más caro que el proporcional, pero tiene una mayor precisión en las mediciones.

El contador se instalará en un tramo recto de la tubería, y después del filtro de arena y antes del sistema de inyección de fertilizantes.



Imagen 5. Contador Woltman

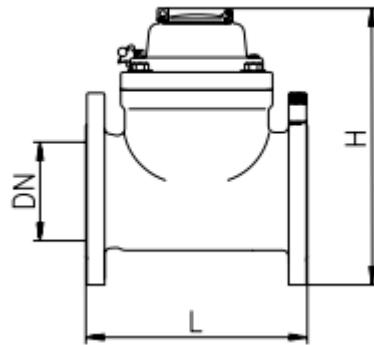


Imagen 6. Sección contador Woltman

Se elige un contador Woltman con eje de turbina paralelo, modelo WPHN. Los contadores tipo Woltman paralelos se utilizan cuando se trata de registrar caudales grandes con un perfil de caudal relativamente constante. Debido a su diseño robusto no sólo cubren una amplia gama de medición, sino que además proporcionan una precisión de medición estable a largo plazo.

En la siguiente tabla se pueden apreciar las características de este modelo de contador Woltman:

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XII Cabezal de riego y elementos singulares.

Datos técnicos WPH-N								
Caudal nominal	Qn	m³/h	15	15	25	40	60	100
Diámetro nominal	DN	mm	40	50	65	80	100	125
Longitud constructiva	L	mm	200	200	200	225	250	250
Clase metrológica			B	B	B	B	B	B
Caudal máximo (de corta duración)	Qmáx	m³/h	60	90	120	150	250	300
Caudal máximo (de larga duración)		m³/h	30	45	60	90	125	170
Límite de corte	Qt	m³/h	1	1	2	3,2	4,8	8
Caudal mínimo	Qmin	m³/h	0,35	0,35	0,45	0,8	1,5	3
Caudal a 0,1 bar de pérdida de carga		m³/h	20	30	50	70	100	150
Pérdida de carga en	Qmáx	bar	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Gama de indicación	min	l	2	2	2	2	2	2
	máx	m³	9.999.999	9.999.999	9.999.999	9.999.999	9.999.999	9.999.999
Temperatura máxima		°C	50	50	50	50	50	50
Presión de servicio	PN	bar	16	16	16	16	16	16
Altura	H	mm	206	200	208	255	275	290
Diámetro de brida	D	mm	150	165	185	200	220	250

Tabla 4. Datos técnicos de los contadores Woltman modelo WPH-N

El diámetro nominal del contador será de 100 mm, por lo que su caudal nominal alcanza los 60 m³/h.

6. ELEMENTOS SINGULARES

El apartado perteneciente a elementos singulares contiene los siguientes elementos:

- Válvulas.
- Desagües.
- Piezas especiales.

6.1. VÁLVULAS HIDRÁULICAS

Este tipo de válvula tiene la misión de abrir y cerrar el paso de agua a cada subunidad de riego, para lo cual se instalará una válvula hidráulica en cada conexión con la tubería de distribución.

La válvula hidráulica elegida contiene un diafragma de caucho natural, con cuerpo de hierro fundido con recubrimiento de poliéster, que abre y cierra la válvula mediante la presión del agua existente en la red. Debido a lo simple que es su mecanismo, se elimina prácticamente el mantenimiento.

Las principales características de estas válvulas son:

- Mínima pérdida de carga
- Fácil instalación y mantenimiento
- Cierre gradual y hermético, sin provocar golpes de ariete
- Pocos componentes
- Ofrecen diversas alternativas de control: manual, hidráulico, eléctrico.
- Ofrecen diversas utilidades: regulación de presión, regulación de caudal, regulación de nivel, medición de caudal.

Existen varios tipos de válvula hidráulica con las siguientes características:

Tipo de Válvula	2"	4"	6"
Presión máxima de trabajo (atm)	16	16	16
Presión mínima de trabajo (atm)	1	1	1
Q máximo (m ³ /h)	40	150	300
Q mínimo (m ³ /h)	0,5	30	50
Longitud (mm)	200	305	387
Altura (mm)	80	230	280
Conexión	Bridas 2"	Bridas 4"	Bridas 6"

Tabla 5. Tipos de válvula hidráulica.

La válvula hidráulica seleccionada es la de 2", ya que el caudal máximo necesario es de 31,02 m³/h en la subunidad número 3.

Por lo tanto se colocará una válvula hidráulica de 2" en cada conexión de las tuberías terciarias con la tubería de distribución.

Las válvulas hidráulicas de cada subunidad de riego estarán conectadas al programador mediante solenoides y microtubos de polietileno de 8 mm de diámetro.

6.2. VÁLVULA DE VENTOSA

Estas válvulas tienen la función de controlar la presencia de aire en las conducciones hidráulicas. El tipo de válvula de ventosa elegido es la válvula de doble efecto o trifuncional.

Este tipo de ventosas poseen dos orificios para la evacuación y admisión de aire y uno o dos flotadores. Durante el llenado de las tuberías el agua va empujando al aire que se evacua a la atmósfera a través del orificio grande. El otro orificio, mucho más pequeño permanece cerrado durante este proceso.

Cuando la tubería se llena completamente, los dos orificios se cierran por la acción del agua sobre él o los flotadores. Una vez la instalación ha alcanzado la presión normal de trabajo, el aire que se acumula en la válvula ventosa es evacuado a través del orificio más pequeño.

El orificio mayor permanece cerrado completamente y no se vuelve a abrir hasta que el sistema es drenado o aparece una presión negativa. En tal caso el flotador del orificio mayor caerá inmediatamente abriendo el orificio y permitiendo la entrada de aire a la tubería.

En este momento la válvula ventosa está nuevamente lista para evacuar aire otra vez. Este ciclo se repetirá tantas veces como sea necesario.

En la elección del diámetro de la ventosa se tiene en cuenta el diámetro de la tubería, el caudal trasegado por la misma, la presión de funcionamiento y la función a realizar. Relacionando el diámetro de la tubería con el diámetro de la ventosa se tiene:

DIÁMETRO DE CONDUCCIÓN	DIÁMETRO DE VENTOSA
$0 < D < 100 \text{ mm}$	$\frac{3}{4}"$
$100 < D < 150 \text{ mm}$	1"
$150 < D < 200 \text{ mm}$	$1 \frac{1}{4}"$

Tabla 6. Diámetros de válvula de ventosa.

Para elegir el sitio donde colocar la ventosa se van a tener en cuenta los siguientes criterios:

- En los puntos de la red en los que la línea de corriente varía respecto a la línea piezométrica de la tubería.
- En los “picos” o “puntos convexos” de la red.
- Puntos finales de tubería en alto.
- A la entrada de instrumentos de medición (contadores).
- Depresiones en la línea de corriente.
- En cada una de las piezas especiales en derivación para las válvulas hidráulicas de los diferentes sectores.

Para la correcta instalación de las válvulas ventosa se recomienda la colocación de una válvula manual de bola antes de la misma para poder desmontar la ventosa en caso de reparación o comprobación sin afectar al funcionamiento de la instalación.

La válvula de ventosa elegida es la de 1" y se colocará al final de la tubería de distribución, ya que es un punto en alto donde es posible la acumulación de aire.

6.3. VÁLVULA DE MARIPOSA

Las válvulas de mariposa se colocan en el cabezal de riego. La posición elegida es una delante y otra detrás del filtro de malla, y otra delante del filtro de arena.

La justificación de estas posiciones es meramente práctica, ya que en caso de tener que desmontar los filtros para realizar cualquier tipo de operación de mantenimiento, se evita la salida de agua de la instalación.

6.4. PIEZAS ESPECIALES

Los elementos singulares se pueden definir como piezas especiales (uniones, codos, tes, etc.) diseñadas para conectar dos tubos, cambiar su dirección o conectar más de dos entre sí.

La unión entre tuberías de PE se realiza mediante juntas mecánicas. Los cambios de sección de la tubería a lo largo de la red se consiguen mediante la colocación de piezas tronco-cónicas que sirven de conexión entre las tuberías de distinto diámetro.

Las tuberías de PVC se unen mediante junta elástica a partir de 63 mm de diámetro, y por encolado para diámetros inferiores. Por lo que la tubería de distribución, que es de PVC, se unirá mediante este método.

La relación entre la longitud de la pieza y la diferencia entre los diámetros de las tuberías tiene que ser lo mayor posible para reducir las pérdidas de carga singulares en estos elementos.

La división de la vena líquida circulante por la tubería se consigue mediante la colocación de piezas en “T” e “Y” dependiendo del diámetro y la posición pueden necesitar anclajes especiales. Las piezas en “T” e “Y” utilizadas en la red de riego son del mismo material que las tuberías que une.

6.5. DESAGÜES

En la parte final de la tubería terciaria de cada subunidad se colocará una prolongación de la misma con salida al exterior consistente en doble codo 90º con 1 m. de tubería de 50 mm. de diámetro, con tape final macho roscado todo en PVC.

Este desagüe permite la expulsión de elementos extraños en la red durante los primeros riegos al comenzar la campaña de riego para evitar obturaciones en los aspersores, al igual que el vaciado de la red en caso de ser necesario, sobre todo de cara al invierno con el fin de evitar reventones producidos por el hielo.

7. PROGRAMADOR

El programador de riego elegido permite realizar el control total de la red de riego activando de forma automática cada una de las subunidades de riego ya sea en base volumétrica o temporal. Asimismo controla la fertilización y la apertura o cierre de la instalación.

El programa almacena los diferentes parámetros de riego, tanto actuales como acumulados.

Las principales características de este programador son:

- Control simultáneo de varias líneas principales definidas por el usuario.
- Operación simple y fácil mediante teclado numérico y funcional y con pantalla de cristal líquido.
- La aplicación de agua y fertilizantes puede realizarse en base temporal o volumétrica.
- Menú de ayuda con información e instrucciones de funcionamiento en pantalla accesible desde cualquier punto del programa.

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XII Cabezal de riego y elementos singulares.

- Acumulación de cantidades de agua y fertilizantes aplicadas en cada válvula.
- Programas de riego independientes para cada válvula.
- Capacidad de actuación de las válvulas de forma manual.
- Batería auxiliar de mantenimiento de programas e información en el caso de fallo de la tensión de alimentación.
- Condiciones de arranque, paro y espera independientes para cada sistema de riego.
- Autotest y programa de diagnóstico tanto para el hardware como para el software.
- Capacidad de comunicación con un ordenador central vía cable o vía radio.



Imagen 7. Programador Agronic 2500

El modelo de programador elegido es el “AGRONIC 2500”, capaz de realiza el control de hasta 30 sectores de riego gobernados por 50 programas independientes.

8. AUTOMATISMOS

Los Automatismos están formados por todo el conjunto de elementos que hacen que las válvulas se abran y cierren de forma automática por medio de las órdenes que le envía del programador de riego, o la diferencia de presión entre dos presostatos.

Por lo que por cada válvula se necesitan los siguientes elementos:

- Llave de tres vías, conecta el diafragma de la válvula hidráulica con la atmósfera (comando manual) o con el solenoide de control de la misma, (comando automático).

- Solenoide, llave de respuesta sí o no, en función del impulso que le llega del ordenador, es un electroimán que actúa sobre un eje longitudinal, a la vez que este envía el paso de agua o vaciado a la llave de tres vías, la cual actúa sobre la válvula.

- Microtubos de comando, tubos de polietileno de 8 mm que conectan las válvulas, llaves y solenoides entre sí para las distintas funciones antes descritas, (llenado y vaciado del diafragma de las válvulas hidráulicas). Por ellos circula agua de la misma red de riego. Se instalan a la vez que las tuberías, en las mismas zanjas y se cubren a la vez que estas.

9. CASETA DE RIEGO

La caseta de riego elegida es de hormigón prefabricada. Su misión es únicamente proteger los elementos que componen el cabezal de riego.

La caseta que se va a instalar es de montaje fácil y rápido. Para su colocación se va a preparar una solera de hormigón de 15 cm de espesor para anclar la caseta.

Las dimensiones de la caseta son 4 m de anchura por 4 m de largo y 2,34 m de altura, por lo que su superficie es de 16 m².

La puerta principal es de acero galvanizado de doble capa y unas dimensiones de 2,37 m x 2,16 m. El transporte y montaje correrá a cargo de la empresa suministradora. Su instalación estará supervisada por el director de obra.

10. PANELES SOLARES

El programador de riego viene alimentado por una batería cargada con la energía solar recogida en unos paneles solares, que a continuación se calcula:

Necesitamos los siguientes datos:

- Potencia consumida por el programador: 40 W
- Tensión: 12V DC
- Tiempo de actuación: 0.5 h/día.

El consumo, por tanto será de:

$$\text{Consumo} = (40 \text{ W} / 12 \text{ V}) \times (0.5) = 1.7 \text{ A h/día}$$

$$\text{Consumo corregido} = 1.7 \text{ A h/día} \times 1.2 = 2 \text{ A h/día}$$

$$\text{Consumo de 1 programador} = (2 \text{ A h/día}) \times (1) = 2 \text{ A h/día}$$

$$\text{Horas de sol pico} = 3.12 \text{ hps}$$

El modelo de módulo solar fotovoltaico más pequeño tiene como características:

43 W/pico y 2.69 A. Y por tanto, el número de módulos se calcula como el cociente consumo / producción, tiene un valor de:

$$(2 \text{ A h/día}) / (3.12 \text{ hps} \times 2.69 \text{ A}) = 0.24 \text{ módulos}$$

Se instalará por tanto un panel o módulo, fabricado con silicio monocristalino.

Para el cálculo del acumulador suponemos 20 días de autonomía, por tanto la capacidad del acumulador se calcula:

$$\text{Capacidad} = (\text{consumo} \times \text{Días de autonomía}) / (\text{profundidad de descarga})$$

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XII Cabezal de riego y elementos singulares.

$$\text{Capacidad} = (2 \times 20) / 0.5 = 80 \text{ A h}$$

Según el cálculo anterior elegimos 1 batería estacionaria monobloc de 107 A h que es la que más se aproxima a nuestras necesidades.

A la salida de la batería se colocara un convertidor de corriente continua a corriente alterna ya que el programador elegido funciona con corriente alterna.

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

ANEJO XIII: ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

ÍNDICE ANEJO XIII

ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

1. INTRODUCCION.....	1
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	1
3. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	2
3.1. PRODUCCIÓN DEL ALMENDRO.....	2
3.2. PRODUCCIÓN DE CEBADA.....	2
3.3. SUBVENCIONES PAC.....	2
3.4. PRECIOS DE LA COSECHA.....	3
4. COSTES DE PRODUCCIÓN DE LA CEBADA.....	4
5. COSTES DE PRODUCCIÓN DE LA ALMENDRA.....	4
6. INGRESOS ANUALES.....	7
7. FLUJO DESTRUIDO.....	8
8. COSTE DEL AGUA DE RIEGO.....	8
9. ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN.....	9
9.1. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	9
9.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS	11

ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

1. INTRODUCCION

En la ejecución de cualquier proyecto que se precie, hay que tener en cuenta la realización de un estudio económico en el que se analicen una serie de variables que nos indiquen la rentabilidad y viabilidad del mismo.

En el presente anejo se realizará el cálculo del VAN (Valor actual neto), que nos indica si una inversión es rentable y viable. Esto es así cuando se obtienen valores por encima de cero.

También se calculará el TIR (Tasa interna de rentabilidad), que nos indica la cantidad de dinero tenemos de beneficio por unidad invertida.

En la realización de los cálculos pertinentes para conocer los parámetros nombrados en los párrafos anteriores, se estima la vida útil de la plantación en 25 años, periodo en el que se analizarán todos los cobros y pagos realizados.

2. SITUACIÓN ACTUAL

Las parcelas que son objeto del proyecto han estado dedicadas durante un gran número de años al cultivo de cereales de invierno, especialmente cebada. Hasta ahora no era posible regar por ser parcelas con pendiente y no estar modernizado el riego.

Debido a la modernización de regadíos de la zona, han enterrado tuberías con presión que son alimentadas de una balsa de regulación, por lo que se ha hecho posible poner el riego localizado y realizar una plantación de almendros.

3. CONSIDERACIONES PREVIAS

3.1. PRODUCCIÓN DEL ALMENDRO

La producción esperada, cuando la plantación esté en plenitud, según plantaciones de la misma variedad y en zonas limítrofes, es de 1500 kg/ha de almendra “pepita”.

Estas producciones se pueden convertir en almendra “cáscara”, que es la manera más común de denominar, teniendo en cuenta el 29% (según IRTA) de rendimiento que tienen, por lo que se obtienen de media unos 5200 kg/ha.

Se estima que los dos primeros años a partir de la implantación del cultivo, la producción será nula.

La producción irá aumentando paulatinamente desde el tercer año, con el 30%, el cuarto año el 60% y el quinto año con el 80%, a partir del cual la producción será del 100%.

3.2. PRODUCCIÓN DE CEBADA

En la zona donde se encuadra el proyecto existe mucha variación de producciones debido a los distintos tipos de suelo. Tras hablar con el propietario de las parcelas, se adopta una cosecha de cebada media de 3000 kg/ha.

3.3. SUBVENCIONES PAC

Las subvenciones PAC al cereal de secano son variables dependiendo de la zona, aunque ya hace unos años se desacoplaron y los agricultores recibieron la llamada “mochila” que contiene una serie de derechos que no van ligados a la siembra, es decir, el agricultor recibe la subvención aunque no realice ningún tipo de siembra.

En estas parcelas consideraremos una subvención de 180 €/ha, que es lo que reciben de media los agricultores de la zona.

3.4. PRECIOS DE LA COSECHA

Los precios de los productos son muy variables a lo largo del tiempo e incluso dentro del mismo año.

Para estimar un precio medio se ha consultado la Lonja de Reus ya que es el organismo que marca el precio de referencia en nuestra zona.

Tal y como se puede ver en la siguiente tabla, el precio de la almendra pepita alcanzó, a primeros del año 2014, los 6,70 €/kg. Es un precio muy bueno que ha ido aumentando desde inicios del 2012, cuando rondaba los 3,00 €/kg.

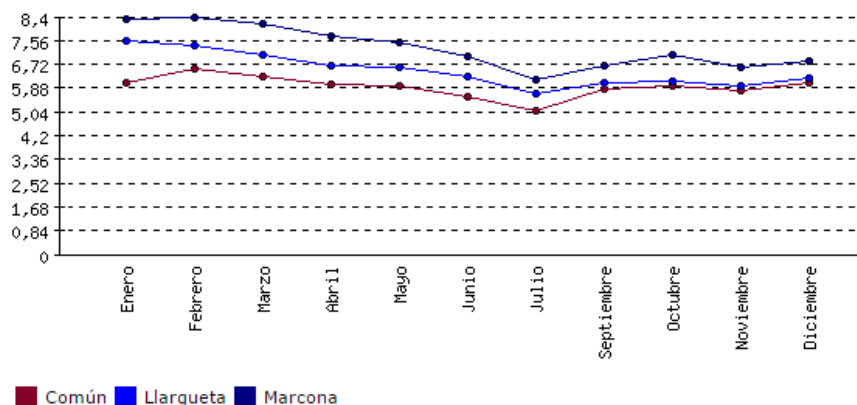


Tabla 1. Precios almendra en €/kg de pepita año 2014. (Fuente: Lonja de Reus)

Los precios que adoptamos serán la media de diez años:

- Almendra pepita 3,60 €/kg
- Cebada 180 €/t

4. COSTES DE PRODUCCIÓN DE LA CEBADA

En la siguiente tabla se muestra el coste que tiene el cultivar una hectárea de cebada en la zona objeto del proyecto. Los datos que aparecen en la tabla son fruto de la información facilitada por el propietario de la finca.

TRABAJO REALIZADO O MATERIA APLICADA	€/ha
Labor con grada de discos	35
Labor con chisel	33
Labor con cultivador-rodillo	30
Abono de fondo (8-24-8) : 350 kg/ha x 0,35 €/kg	122,5
Urea 46% : 120 kg/ha x 0,24 €/kg	28,8
Aplicación abono y urea : 6 €/ha x 2	12
Sembradora	40
Semilla: 200 kg/ha x 0,28 €/kg	56
Herbicidas (dicotiledóneas)	12
Cosechadora	45
Porte a almacén	9
Impuestos y seguros	20
TOTAL	443,30

Tabla 2. Costes de producción de la cebada.

5. COSTES DE PRODUCCIÓN DE LA ALMENDRA

La vida útil de la plantación de almendros se estima en 25 años. A partir de esta fecha los almendros comienzan a disminuir su producción y la instalación de riego y el cabezal deberían someterse a su renovación parcial o total.

A continuación se analizan los costes de implantación y durante los 5 primeros años, ya que a partir del sexto se considera constante hasta que se completa la vida útil de la plantación.

Hay que tener en cuenta, sobre todo, la cantidad de abono a aplicar, ya que va aumentando paulatinamente. También cabe destacar que a partir del año 3 ya existe producción y por tanto costes del paraguas vibrador.

• Implantación (Año 0):

TRABAJO O MATERIA APLICADA		€/ha
Subsolador	46 €/ha x 2 pases	92
Estiércol	40.000 kg/ha x 0,02	800
Aplicación estiércol		12
Planta almendro	204 pl/ha x 3,50 €/ha	714
Plantadora GPS		300
Protectores	204 ud x 0,10	20,4
Colocación protectores	2 h/ha x 9 €/h	18
		1956,4

Tabla 3. Costes de implantación.

• Año 1 (sin producción):

TRABAJO O MATERIA APLICADA		€/ha
Poda (despunte)	3 h x 9 €/h	27
Nitrato potásico	56 kg/ha x 0,85 €/kg	47,6
Nitrato amónico	100,6 kg/ha x 0,33 €/kg	33,2
Ácido fosfórico	11,1 kg/ha x 0,3 €/kg	3,3
Herbicidas + aplicación	2 aplic. X 22 €	44
Picadora		42
		197,1

Tabla 4. Costes año 1.

• Año 2 (sin producción):

TRABAJO O MATERIA APLICADA		€/ha
Reponer marras (2%) de 204 arb/ha = 4	4 x 3,60	14,4
Mano de obra reponer marras	0,5 h x 9 €/h	4,5
Poda	4 h x 9 €/h	36
Nitrato potásico	71,7 kg/ha x 0,85 €/kg	60,9
Nitrato amónico	162,4 kg/ha x 0,33 €/kg	53,4
Ácido fosfórico	15,7 kg/ha x 0,3 €/kg	4,71
Fitosanitarios (Insec. + fung.)		80
Aplicación fitosanitarios		30
Herbicidas + aplicación	2 aplic. X 22 €	44
Picadora		42
		369,91

Tabla 5. Costes año 2.

• Año 3 (entrada en producción):

TRABAJO O MATERIA APLICADA		€/ha
Poda	5 h x 9 €/h	45
Nitrato potásico	86,9 kg/ha x 0,85 €/kg	73,8
Nitrato amónico	183,3 kg/ha x 0,33 €/kg	60,5
Ácido fosfórico	20,4 kg/ha x 0,3 €/kg	6,12
Fitosanitarios (Insec. + fung.)		80
Aplicación fitosanitarios		30
Herbicidas + aplicación	2 aplic. X 22 €	44
Picadora		42
Paraguas vibrador	1,5 h/ha x 60 €/ha	90
		471,42

Tabla 6. Costes año 3.

• Año 4 (aumento de producción)

TRABAJO O MATERIA APLICADA		€/ha
Poda	5 h x 9 €/h	45
Nitrato potásico	132,6 kg/ha x 0,85 €/kg	112,71
Nitrato amónico	331,37 kg/ha x 0,33 €/kg	109,4
Ácido fosfórico	34,2 kg/ha x 0,3 €/kg	10,2
Fitosanitarios (Insec. + fung.)		80
Aplicación fitosanitarios		30
Herbicidas + aplicación	2 aplic. X 22 €	44
Picadora		42
Paraguas vibrador	1,5 h/ha x 60 €/ha	90
		563,31

Tabla 7. Costes año 4.

• Año 5 (aumento de producción)

TRABAJO O MATERIA APLICADA		€/ha
Poda	5 h x 9 €/h	45
Nitrato potásico	163 kg/ha x 0,85 €/kg	138,5
Nitrato amónico	376,1 kg/ha x 0,33 €/kg	124,1
Ácido fosfórico	43,5 kg/ha x 0,3 €/kg	13,1
Fitosanitarios (Insec. + fung.)		80
Aplicación fitosanitarios		30
Herbicidas + aplicación	2 aplic. X 22 €	44
Picadora		42
Paraguas vibrador	1,5 h/ha x 60 €/ha	90
		606,7

Tabla 8. Costes año 5.

• Año 6 (plena producción)

TRABAJO O MATERIA APLICADA		€/ha
Poda	5 h x 9 €/h	45
Nitrato potásico	208,7 kg/ha x 0,85 €/kg	177,4
Nitrato amónico	370,5 kg/ha x 0,33 €/kg	122,3
Ácido fosfórico	57,4 kg/ha x 0,3 €/kg	17,2
Fitosanitarios (Insec. + fung.)		80
Aplicación fitosanitarios		30
Herbicidas + aplicación	2 aplic. X 22 €	44
Picadora		42
Paraguas vibrador	1,5 h/ha x 60 €/ha	90
		647,9

Tabla 9. Costes año 6 y sucesivos.

6. INGRESOS ANUALES

Al igual que los costes anuales por hectárea, los ingresos son distintos cada año. Lo único que permanece constante es la subvención de la PAC.

En la siguiente tabla se detallan los ingresos anuales, teniendo en cuenta que la producción de almendra el año 1 y 2 es nula, el año 3 el 30%, el año 4 el 60 %, el año 5 el 80% y el año 6 y sucesivos el 100%.

	SUBVENCIÓN	PRODUCCIÓN	€/ ha y año
Año 1	120 €/ha	0	120
Año 2	120 €/ha	0	120
Año 3	120 €/ha	450 kg/ha x 3,60 €/kg	1740
Año 4	120 €/ha	900 kg/ha x 3,60 €/kg	3360
Año 5	120 €/ha	1200 kg/ha x 3,60 €/kg	4440
Año 6 y suc.	120 €/ha	1500 kg/ha x 3,60 €/kg	5520

Tabla 10. Ingresos anuales por años.

7. FLUJO DESTRUIDO

El flujo destruido tiene en cuenta los costes y los ingresos del cultivo que se estaba llevando a cabo en las parcelas objeto del proyecto. En este caso del cultivo de la cebada. Anteriormente se ha calculado los costes totales del cultivo de una hectárea de cebada (443,30 €).

	€/ha
Subvención PAC	180
Producción 3000 kg/ha x 0,18 €/kg	540
INGRESOS TOTALES	720
COSTES TOTALES	-443,3
BENEFICIO	276,7

La suma de la superficie de las parcelas asciende a 20 ha, por lo que el flujo destruido será: 276,7 €/ha x 20 ha = 5534 €/año.

8. COSTE DEL AGUA DE RIEGO

El coste del agua se debe de tener en cuenta, aunque en este caso no es muy elevado debido a que el agua llega con presión a la parcela y no es necesario el uso de grupos y bombas de gasoil.

Tal y como se ha calculado en el Anejo “Diseño Agronómico”, las necesidades de agua que se deben de cubrir mediante el riego son de 4430,5 m³/ha y año, lo que supone un total de 75318,5 m³.

Los costes del agua los estimamos en 0,024 €/m³, por lo que los gastos anuales por consumo de agua serán de 1807,6 €.

9. ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN

9.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

El importe total de la inversión asciende a 134.865 €. Esta cifra es el resultado de la suma del presupuesto general (101606,2 €) y el coste de la implantación del cultivo (33258,8 €).

No se va a tener en cuenta el valor residual de los elementos utilizados en la explotación, salvo el de la caseta prefabricada de riego, que se estima en un 20 %. Por tanto su valor residual es de 734,2 €, que aparecerá en la siguiente tabla como un cobro extraordinario en el año 25.

El flujo destruido debido a la nueva plantación es de 5534 €/año, según los cálculos realizados en el punto 7 de este mismo anejo.

Debido al elevado importe total de la inversión, hay que solicitar en crédito de 110000 €, que se devolverá en 15 años y tiene una tasa de interés anual del 9 %.

En las siguientes tablas (11, 12 y 13) se muestra el análisis completo de la rentabilidad de la inversión, así como el flujo de caja anual. También se pueden apreciar los valores de los índices TIR, VAN y Pay Back, ya que son calculados por la propia hoja de cálculo diseñada para tal efecto.

Proyecto de instalación de riego localizado en una plantación de almendros en el término municipal de Barbastro (Huesca)
Anejo Nº XIII Estudio de viabilidad económica

AÑO	COBRO ORD	COBRO EXTR	COBRO FINAN	SUBVENC	PAGO ORD	PAGO EXTR	PAGO FINAN	FLUJO DESTR	PAGO INVERS	FLUJO CAJA	Pay Back=6
0			110.000						134.865	-24.865	
1	0,00			2.040	5.158		14.185	5.534		-22.837	
2	0,00			2.040	8.096		14.185	5.534		-25.775	
3	27.540,00			2.040	9.822		14.185	5.534		39	
4	55.080,00			2.040	11.384		14.185	5.534		26.017	
5	73.440,00			2.040	12.122		14.185	5.534		43.640	
6	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
7	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
8	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
9	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
10	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
11	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
12	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
13	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
14	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
15	91.800,00			2.040	12.822		14.185	5.534		61.299	
16	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
17	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
18	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
19	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
20	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
21	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
22	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
23	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
24	91.800,00			2.040	12.822			5.534		75.484	
25	91.800,00	734		2.040	12.822			5.534		76.218	

Tabla 11. Flujo de caja anual.

PRÉSTAMOS CUOTA CONSTANTE	
Importe	110.000,00 €
Interés	10,00%
Amortización	15 años
Cuota Mensual	1.182,07 €
Cuota Anual	14.184,79 €
Total Pagado	212.771,81 €

Tabla 12. Calculo de la cuota anual.

	RESULTADOS
Tasa Actualización (r%)	9,00%
VAN	315.600,27
TIR	34,95%

Tabla 13. Calculo de VAN y TIR.

9.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tras los resultados obtenidos mediante la hoja de cálculo que forman las tablas 11 12 y 13, se lleva a cabo su análisis:

- **VAN** (Valor Actual Neto): es la diferencia entre la suma de los ingresos y los costos actualizados con una tasa de interés fijada.

Si el VAN es positivo o igual a cero, el proyecto es viable, y si es negativo se rechaza.

En este caso el VAN es 315.600 €, por lo que la inversión es viable y se puede llevar a cabo.

- **TIR** (Tasa Interna de Rentabilidad): esta tasa mide la rentabilidad de los cobros y pagos actualizados de una inversión. Se trata de la tasa de actualización para que el VAN adopte un valor igual a cero.

Se obtiene un TIR del 34,95%, superior al tipo de interés adoptado, por lo que la inversión es rentable.

- Pay back (Plazo de recuperación): este factor nos indica el tiempo que se tarda en recuperar la inversión mediante los flujos de caja.

Tras los cálculos, se obtiene un Pay back de 6 años, tiempo que se tardará en recuperar la inversión.

Tras analizar los tres parámetros, se puede afirmar que la inversión es económicamente rentable.

Proyecto Fin de Carrera

**Proyecto de instalación de riego
localizado en una plantación de
almendros en el término municipal
de Barbastro (Huesca)**

ANEJO XIV: BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE ANEJO XIV

BIBLIOGRAFÍA

1. LIBROS.....	1
2. REVISTAS.....	2
3. FUENTES ELECTRÓNICAS.....	2
4. SOFTWARE ELECTRÓNICO.....	3
5. TRABAJOS ACADÉMICOS.....	4

BIBLIOGRAFÍA

1. LIBROS

- CASTAÑÓN, GUILLERMO. (2000). Ingeniería del riego. Ediciones Paraninfo.
- FACI GONZÁLEZ, J. M. (1992) Contribución a la medida y cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o) en Aragón. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.
- FACI GONZÁLEZ, J.M; MARTÍNEZ COB A. (1991) Cálculo de la evapotranspiración de referencia en Aragón. Serie de Estudios Agrarios, DGA. Zaragoza: Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes.
- FUENTES YAGÜE, J. L. (2003) Técnicas de Riego. Madrid: Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- FUENTES YAGÜE, JOSE LUIS. (1999) El suelo y los fertilizantes. Madrid: Coedición Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación y Ediciones Mundi-Prensa.
- MARTÍNEZ COB, A; FACI GONZÁLEZ, J. M; BERCERO BERCERO, A. (1998). Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón. Zaragoza: Institución Fernando el Católico. Excma. Diputación de Zaragoza.
- MONTALVO LÓPEZ, TEODORO. (2005) Riego localizado. Diseño de instalaciones. Valencia: Ediciones VJ.
- MUNCHARAZ POU, M. (2004). El almendro: manual técnico. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- PIZARRO, F. (1990) Riegos localizados de alta frecuencia. Madrid: Ediciones Mundi-prensa.
- RODRIGO LOPEZ, J; HERNANDEZ ABREU, J.M; PEREZ REGALADO, A; GONZALEZ HERNANDEZ, J.F. (1992) Riego localizado. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

- SALAZAR HERNÁNDEZ, DOMINGO M; MELGAREJO MORENO, PABLO. (2002) El cultivo del almendro. Madrid: AMV ediciones.
- URBANO TERRON, P. (1992) Tratado de fitotecnia general. Bilbao: Ediciones Mundi-Prensa.
- VILLALOBOS, F.J; MATEOS, LUCIANO; ORGAZ, FRANCISCO; FERERES, ELÍAS. (2009) Fitotecnia: Bases y tecnologías de la producción agrícola. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

2. REVISTAS

- MIARNAU, X; VARGAS, F.J; MONTSERRAT, R; ALEGRE, S. (2010) Aspectos importantes en las nuevas plantaciones de almendro en regadío. Revista de Fruticultura-Extraordinario 2010.
- RUFAT LAMARCA, JOSEP. (2007) Fertilización del almendro. Dossier tecnic Nº 22: El almendro. Generalitat de Catalunya, Departamento de Agricultura, Alimentación y Acción rural.
- SOCIAS, R; COMPANY, I; ALONSO, J.M; KODAD, O; FERNANDEZ I MARTÍ, A; FELIPE, A.J. (2010) Presente y futuro de la mejora del almendro del CITA de Aragón. Revista de Fruticultura-Extraordinario 2010.
- VARGAS GARCÍA, FRANCISCO. (2007) Diseño de plantaciones de almendro. Dossier tecnic Nº 22: El almendro. Generalitat de Catalunya, Departamento de Agricultura, Alimentación y Acción rural.
- VARGAS GARCÍA, FRANCISCO; ROMERO ROMERO, MIGUEL; CLAVÉ MORELL, JOAN; ALEGRE CASTELLVÍ, SIMÓ. (2007) Variedades de almendro IRTA. Dossier tecnic Nº 22: El almendro. Generalitat de Catalunya, Departamento de Agricultura, Alimentación y Acción rural.

3. FUENTES ELECTRÓNICAS

- <http://idearagon.aragon.es/descargas/>
- <http://idearagon.aragon.es/visor/>
- <http://www.almeriplant.com/index.php?lang=es&Itemid=657>

- http://www.inapiproyecta.cl/605/articles-1672_recurso_1.pdf
- http://www.infoagro.com/frutas/frutos_secos/almendro.htm
- <http://www.netafim-latinamerica.com/product/pc-dripper>
- <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/site/mn/home/>
- <http://www.sabormediterraneo.com/port/p6.htm>
- <http://pistal-mendro.blogspot.com.es/2008/09/portainjertos-enalmendro.html>
- http://www.aragon.es/estaticos/ImportFiles/12/docs/Areas/Formacion_innovacion_sector_agrario/Centro_Transferencia_Agroalimentaria/Publicaciones_Centro_Transferencia_Agroalientaria/2005/PUBLICACIONES_149_INFORMACIONES_TECNICAS_2005.pdf
- <http://www.fertirrigacion.com/plantilla-de-datos-para-el-calculo-de-la-fertirrigacion-de-cultivos-arboreos/>
- <http://www.llotjadereus.org/?go=e6598a7e63ddfde8a9557f334d3f9063f1a92bcf0018cd07976fe59ff9f4f7d6fe76da618ed95779d7c71aeec80bf31503cc89adc29c274ceb1c339f88d604ad>
- <http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro>
- http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Vrural%2FVrural_2006_234_12_16.pdf
- <http://www.sat3117.com/tratamientos-contramonilia-controlan-problemas-futuros-de-mancha-ocre/>
- <https://www1.sedecatastro.gob.es/OVCFrames.aspx?TIPO=Consulta>

4. SOFTWARE ELECTRÓNICO

- <http://onlinecalc.sdsu.edu/onlineapenman.php>
- <http://www.fao.org/nr/water/eto>

5. TRABAJOS ACADÉMICOS

- ALAYETO ANGOY, ALMA. (2012) Plantación de almendros (*Prunus dulcis*) en marco semiintensivo de 32,87 hectáreas en el término municipal de Ejea de Los Caballeros. Universidad de Zaragoza.
- BELLIDO LARENA, GUILLERMO. (2013) Transformación a regadío de una finca de 44,19 ha para almendros en el término municipal de Ainzón (Zaragoza). Universidad de Zaragoza.
- ENRIQUE VEINTEMILLA MARTIN, ENRIQUE. (2013) Puesta en riego por aspersión con cobertura total enterrada en una finca de 19 hectáreas en el término municipal de Pallaruelo de Monegros (Huesca). Universidad de Zaragoza.
- ESCO BONED, IBO. (2014) Proyecto de explotación agrícola del cultivo de Paulownia para la obtención de biomasa en Alcalá del Obispo (Huesca). Universidad de Zaragoza.
- ROMAN BUIL, JAVIER. (2014) Proyecto de una plantación de frambuesos en Boltaña (Huesca). Universidad de Zaragoza.