

ÍNDICE

1	DATOS DEL INFORME	3
2	ANTECEDENTES.....	3
3	OBJETIVOS	3
4	DESCRIPCIÓN	4
5	CONCRECIÓN DE LAS PARCELAS DEMOSTRATIVAS.....	5
5.1	Selección de parcelas.	5
5.2	Descripción de las parcelas seleccionadas.	7
5.2.1	P1.- El Torno – Solana – Zona Baja.	7
5.2.2	P2.- Casas del Castañar – Umbría – Zona Baja.	8
5.2.3	P3.- Navaconcejo – Solana – Zona Media.	9
5.2.4	P4.- Jerte – Umbría – Zona Media.	10
5.2.5	P5.- El Torno – Solana – Zona Alta.	11
5.2.6	P6.- Tornavacas – Umbría – Zona Alta.	12
5.3	Descripción y modo de riego de los agricultores.	13
5.4	Acondicionamiento de las parcelas	15
6	INSTALACIÓN DE EQUIPOS Y SENSORES.....	16
6.1	Estaciones meteorológicas.....	16
6.2	Instalación de riego.	17
6.3	Sondas de humedad de suelo.	19
7	DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS.	21
7.1	Información del suelo, agua y estado nutricional.	21
7.2	Programación de riego.....	21
7.3	Seguimiento del desarrollo vegetativo.....	23
7.4	Seguimiento del crecimiento del fruto.....	24
7.5	Seguimiento del estado hídrico de los árboles.....	24
7.6	Seguimiento de la recolección y calidad del fruto.	25
7.7	Poda y control de la poda.....	28
8	RESULTADOS.....	29
8.1	Análisis de suelo, agua y foliar.	29
8.1.1	Análisis de suelo	29
8.1.2	Análisis de agua	31
8.1.3	Análisis foliar	32
8.2	Climatología	33
8.2.1	Temperatura	33
8.2.2	Precipitaciones.....	34
8.2.3	Evapotranspiración de referencia.....	35
8.3	Contenido de humedad del suelo correspondiente a las lluvias.	36
8.4	Fenología	38

8.5	Agua aplicada	41
8.6	Evolución del contenido de humedad del suelo.	44
8.6.1	Consideraciones.....	50
8.7	Evolución del crecimiento vegetativo	51
8.7.1	Vigor.....	51
8.7.2	Crecimiento de brotes.....	53
8.7.3	Desarrollo de la cubierta: Fotografía.	54
8.7.4	Poda.....	55
8.8	Seguimiento del estado hídrico	56
8.8.1	Potencial Hídrico del Tallo.	56
8.8.2	Conductancia estomática	58
8.9	Seguimiento de crecimiento del fruto.....	59
8.10	Recolección y calidad fruto.....	61
8.11	Poda en verde	65
9	ACTIVIDADES DE FORMACIÓN	68
9.1	Formación a agricultores:	68
9.2	Formación a técnicos del sector.	68
9.3	Formación a representantes de Comunidades de Regantes y alcaldes	68
9.4	Talleres de riego inteligente	68
9.5	Formación para estudiantes en prácticas	68
10	ACTIVIDADES DE TRANSFERENCIA	69
10.1	Jornadas de transferencia:.....	69
10.2	Participación en Congresos.	69
10.3	Participación en Seminarios:	69
10.4	Reuniones:.....	70
10.5	Charlas	70
10.6	Participación en Jornadas Técnicas.....	70
10.7	Otras actividades	70
11	LABORES DE ASESORÍA “IN SITU”	71
12	PRESENTACIÓN EN MEDIOS:	75
13	PUBLICACIONES.	76
14	IMPACTO Y SOSTENIBILIDAD	77
15	RECOMENDACIONES	79
16	CONCLUSIONES.....	80
17	ANEXOS	83

1 DATOS DEL INFORME

Actuación: 2.- REGADÍOS DE MONTAÑA DEL NORTE DE CÁCERES

Título del Informe: INFORME FINAL 2022-2024

Responsable: Elena Nieto Serrano

Fecha del informe: 31/12/2024

Periodo (Inicio-Fin): 20/06/2022-31/12/2024

Participantes: Elena Nieto Serrano y Raúl Mérida Mérida.

2 ANTECEDENTES

El presente informe final corresponde a la **actuación nº 2** del proyecto “Transferencia de buenas prácticas resultantes de trabajos consolidados de investigación para promover la gestión eficiente de los regadíos de Extremadura”. Esta actuación se centra en los **Regadíos de Montaña del Norte de Cáceres** y tiene como objetivo abordar los problemas comunes de los regadíos tradicionales de montaña. Para ello, se ha introducido tecnología avanzada que permite recopilar información sobre las condiciones de las parcelas y los árboles, facilitando así la determinación de las necesidades hídricas basadas en la orientación y altitud de las parcelas.

3 OBJETIVOS

Los principales objetivos de esta actuación han sido:

- Formación de agricultores en riego localizado para condiciones de montaña.
- Proporcionar información sobre necesidades hídricas en las diferentes zonas de cultivo para optimizar la gestión del riego en parcela y Comunidades de Regantes.
- Promover el conocimiento y la utilización de estrategias de riego deficitario controlado en cultivos leñosos.
- Capacitación de técnicos de Comunidades de Regantes y cooperativas en estrategias de riego más adecuada en función del tipo de cultivo, variedad, altitud, orientación y disponibilidad de agua.

4 DESCRIPCIÓN

Durante la **primera fase del proyecto** (segundo semestre de 2022) se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- **Selección de parcelas:** Identificación de las parcelas representativas para el desarrollo del proyecto.
- **Acondicionamiento de las parcelas:** Preparación de las seis parcelas seleccionadas, incluyendo la instalación de equipos y sensores necesarios.
- **Informe:** Se elaboró un informe correspondiente a la anualidad 2022, donde se detallaron las parcelas demostrativas seleccionadas, la instalación de equipos y sensores, y el establecimiento de los ensayos (ANEXO 1).

La **segunda fase del proyecto** abarcó el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2023 al 31 de diciembre de 2023. Durante esta fase:

- Se contrató al Ingeniero Técnico Agrícola José Raúl Mérida Mérida.
- El 10 de marzo se realizó una **jornada de transferencia** en el CAEM (Plasencia), para presentar las actuaciones planificadas y se facilitó el contacto del técnico contratado, además de información para acceder en tiempo real a través de app a los datos climáticos y de humedad de suelo de cada una de las parcelas.
- **Trabajos de campo:** Las Tareas de campo realizadas durante la segunda fase consistieron en análisis de suelo, hoja y agua, seguimiento del cultivo y del estado hídrico de los árboles, medidas de control y estudio de la información generada por los dispositivos instalados, seguimiento de la fenología, maduración y recolección de frutos. Poda y control de la madera de poda.
- **Programación de riego:** Con los datos registrados de las estaciones climáticas se llevó a cabo una programación de riego específica para cada una de parcela que se ajustó con las medidas de potencial hídrico del tallo y los datos proporcionados por las sondas de humedad de suelo.

- **Estudio agronómico:** Tras realizar los análisis iniciales, se llevó a cabo un estudio agronómico de cada parcela, incluido en el **ANEXO 2**.
- **Informe anual:** Se elaboró un informe anual y los resultados se presentaron en las **jornadas de transferencia** realizadas el 16 de noviembre de 2023 en el CAEM (Plasencia). Se presentaron recomendaciones y propuestas de mejora a las Comunidades de Regantes. Esta información está disponible en la página web <http://estrategiaagros.es/>.
- **Actividades de asesoramiento:** Se realizaron actividades de asesoramiento y transferencia de conocimiento demandadas por técnicos y agricultores en las parcelas demostrativas como se indicaron en el informe anual.

Tercera fase del proyecto (1 de enero de 2024 – 31 de diciembre de 2024):

Durante esta fase:

- Se continuaron con los **trabajos de campo**, ajustando la programación de riego con base en la experiencia acumulada en las fases anteriores
- **Informe a las Comunidades de Regantes:** Se elaboró un informe parcial entregado a las comunidades de regantes (**ANEXO 3**) y un informe final (**ANEXO 4**)
- **Informe de actividades de transferencia:** Paralelamente se realizaron actividades de formación y transferencia.
- **Publicación de resultados.**

5 CONCRECIÓN DE LAS PARCELAS DEMOSTRATIVAS

5.1 Selección de parcelas.

El primer paso fue establecer contacto con las comunidades de regantes del Valle del Jerte para contar de su colaboración durante toda la actuación. Con el apoyo de estas comunidades de regantes y de la Agrupación de Cooperativas del Valle del Jerte, se obtuvo un listado de 6.738 recintos de la variedad más representativa de la zona. De entre ellos, se seleccionaron aquellos con una



CENTRO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DE EXTREMADURA



superficie superior a 0,25 ha, quedando 1.056 recintos. Luego, se identificaron en SIGPAC individualmente aquellas parcelas que contenían plantaciones más homogéneas de árboles, quedando 99 parcelas. Posteriormente, se realizó un filtro de las parcelas de las zonas más representativas (solana y umbría) y distintas altitudes (< 600m, entre 600-800 m y superiores a 800 m). Además, se visitaron parcelas a propuesta del personal técnico de la Cooperativa del Campo no incluidas en el listado inicial.

Teniendo en cuenta que las fincas seleccionadas debían representar a las diferentes zonas y orientaciones se visitaron 27 parcelas. Las visitas se realizaron conjuntamente con los agricultores y/o técnicos y se valoró que las parcelas reuniesen las condiciones adecuadas para el desarrollo de la actuación: disponibilidad de recursos hídricos necesarios y la posibilidad de distribuirlos según las necesidades de trabajo; variedad y sistema de cultivo representativo de las zonas de actuación; cantidad mínima de árboles homogéneos en buen estado sanitario y de gestión agronómica; disponibilidad de los propietarios para colaborar.

Para la elección final de las parcelas se siguió el criterio de establecer las parcelas demostrativas en las mayores condiciones de homogeneidad posible. Debido a las limitaciones naturales del área en el que se cultiva el cerezo en el Valle del Jerte, es importante destacar la dificultad que supuso encontrar parcelas que reunieran todos los requisitos adecuados para este trabajo.

Finalmente se seleccionaron 6 parcelas en las localizaciones y altitudes que cumplieran los requisitos (Figura 1).



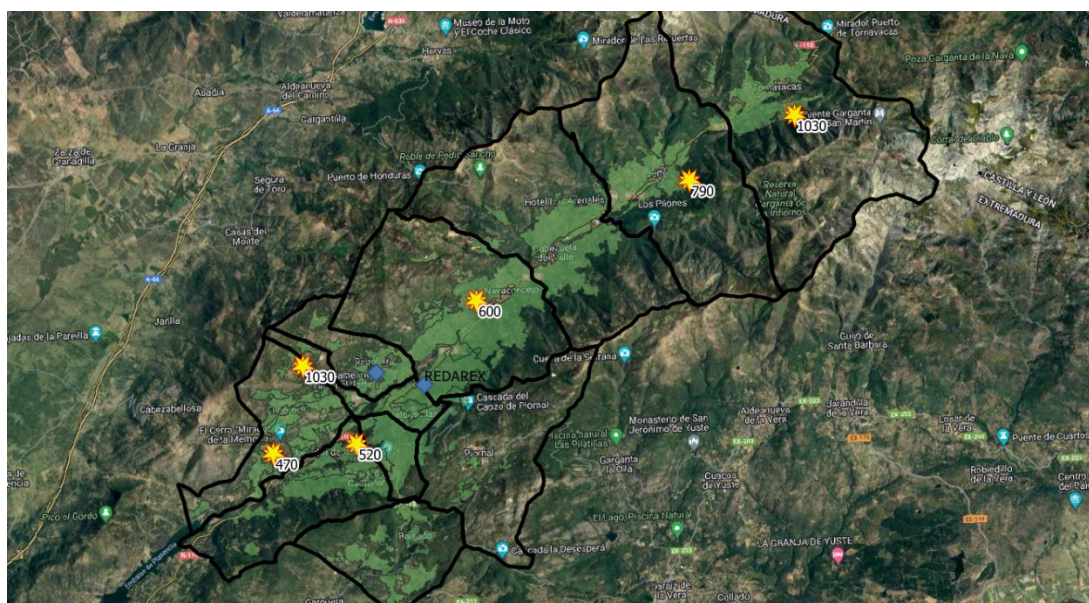


Figura 1.- Localización de las parcelas en imagen de Google Earth.

Las seis parcelas seleccionadas son cerezos de la variedad ‘Lapins’, distribuidas tres en solana y tres en umbría: dos parcelas en zonas bajas en los municipios de El Torno y Casas del Castañar (470 y 520 msnm, respectivamente); dos parcelas en la zona media de la ladera a 600 msnm en Navaconcejo y a 790 msnm en Jerte; y dos parcelas en las zonas altas del Valle del Jerte en la sierra de El Torno y en Tornavacas, ambas a 1.030 msnm de altitud.

5.2 Descripción de las parcelas seleccionadas.

5.2.1 P1.- El Torno – Solana – Zona Baja.

Término Municipal: El Torno Agricultor: Cecilio Pascual

Polígono: 7 Parcelas: 286

Ref Sigpac: 10-188-0-0-7-286 Paraje: Los Veregeles

Superficie: 0,54 ha Superficie Lapins: 0,13 ha

Procedencia del agua: CR de El Torno.

Edad de los árboles: 9 años

Variedad: Lapins Patrón: Avium y Colt

Marco de plantación: Bancales (5 m entre árboles)

Altitud: 480 msnm

Pendiente: 15-35 %

Coordenadas: Latitud: 40° 7' 10,48" N – Longitud: 5° 57' 4,68" W

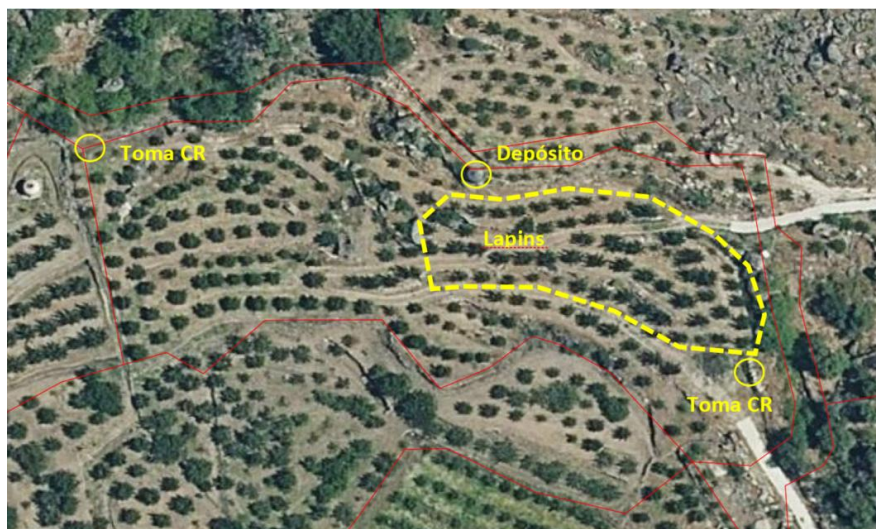


Figura 2.- Croquis de la parcela de El Torno – Solana – Zona Baja.

5.2.2 P2.- Casas del Castañar – Umbría – Zona Baja.

Término Municipal: Casas del Castañar

Agricultor: Abel Clemente

Polígono: 6 Parcelas: 383

Ref Sigpac: 10-55-0-0-6-383 Paraje: Prao Cerrao

Superficie: 1,22 ha Superficie de Lapins: 0,13 ha

Procedencia del agua: Pozo de sondeo y fuente.

Edad de los árboles: 6 años

Variedad: Lapins Patrón: Avium

Marco de plantación: 5 m x 4 m

Altitud: 520 msnm

Pendiente: 12 %

Coordenadas: 40° 7' 18,82" N – 5° 54' 31,72 W

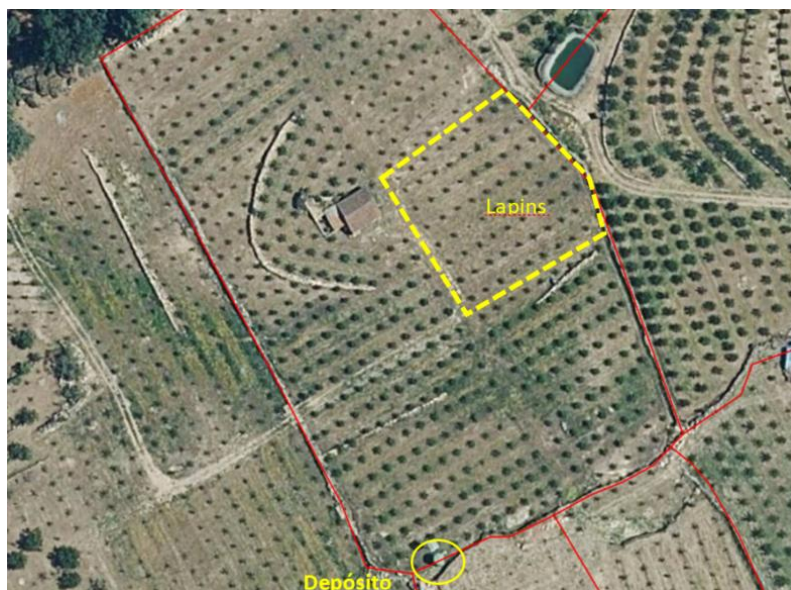


Figura 3.- Croquis de la parcela de Casas del Castañar.

5.2.3 P3.- Navaconcejo – Solana – Zona Media.

Término Municipal: Navaconcejo

Agricultor: Juan José Rodríguez

Polígono: 1 Parcelas: 746 Ref

Sigpac: 10-133-0-0-1-746 Paraje: Majadillas

Superficie: 0,42 ha Superficie de Lapins: 0,42 ha

Procedencia del agua: Toma el agua de la garganta y tiene depósito regulador en la parcela.

Edad de los árboles: 8-9 años

Variedad: Lapins Patrón: Colt

Marco de plantación: Bancales (4 m entre árboles)

Altitud: 600 msnm Pendiente: 47 %

Coordenadas: 40° 10' 31,52'' N – 5° 50' 45,23 W



Figura 4.- Croquis de la parcela de Navaconcejo.

5.2.4 P4.- Jerte – Umbría – Zona Media.

Término Municipal: Jerte

Agricultor: Cesar Vila

Polígono: 2 Parcelas: 330

Ref Sigpac: 10-110-0-0-2-330 Paraje: Castillejos

Superficie: 0,85 ha Superficie de Lapins: 0,13 ha

Procedencia del agua: Toma el agua de la garganta con depósito regulador en la parcela.

Edad de los árboles: 10 años

Variedad: Lapins

Patrón: Avium

Marco de plantación: Bancales (6 m entre árboles)

Altitud: 790 msnm

Pendiente: 25,2 %

Coordenadas: 40° 13' 9,59" N – 5° 44' 9,99 W



Figura 5.- Croquis de la parcela de Jerte.

5.2.5 P5.- El Torno – Solana – Zona Alta.

Término Municipal: El Torno

Agricultor: Francisco M. Sánchez

Polígono: 2 Parcelas: 172

Ref Sigpac: 10-188-0-0-2-172 Paraje: Vadolagar

Superficie: 0,49 ha Superficie de Lapins: 0,41 ha

Procedencia del agua: CR de El Torno.

Edad de los árboles: 4 años

Variedad: Lapins

Patrón: Avium / Colt

Marco de plantación: Bancales

Altitud: 1030 msnm

Pendiente: 17,2 - 25,4 %

Coordenadas: 40° 9' 9,27" N – 5° 56' 4,67 W



Figura 6.- Croquis de la parcela de El Torno – Solana – Zona Alta.

5.2.6 P6.- Tornavacas – Umbría – Zona Alta.

Término Municipal: Tornavacas

Agricultor: Alejandro Crespo

Polígono: 6 Parcelas: 397

Ref Sigpac: 10-187-0-0-6-397 Paraje: Majapatón

Superficie: 1,26 ha Superficie de Lapins: 0,1 ha

Procedencia del agua: Garganta hasta depósito regulador.

Edad de los árboles: 12 años

Variedad: Lapins Patrón: Avium

Marco de plantación: 4 m x 4m

Altitud: 1030 msnm

Pendiente: 28,3 %

Coordenadas: 40° 14' 35,13'' N – 5° 40' 53,01 W



Figura 7.- Croquis de la parcela de Tornavacas.

5.3 Descripción y modo de riego de los agricultores.

Las **parcelas 1 y 5** de El Torno se abastecen de agua a través de la Comunidad de Regantes de El Torno. Tienen instalaciones de riego por goteo, con una línea de portagoteros por fila de árboles y dos goteros por árbol de 4 l/h. Ambos realizan riegos diarios de 1 hora con las dotaciones asignadas por la comunidad de regantes. Además, la parcela 1 cuenta con un pozo de sondeo y en momentos de mayor estrés hídrico, ofrece riegos complementarios puntuales.

La **parcela 2** de Casas del Castañar se abastece de agua a través de un pozo de sondeo para llenar un depósito desde donde se realiza el riego. Cuenta con un cabezal de riego equipado con un filtro y un programador con electroválvulas de baja presión (Figura 8). El sistema de riego es por goteo, con 2 goteros por árbol y un caudal de 4 litros por hora. Se realizan riegos diarios de 20 a 30 minutos. Aunque la parcela pertenece a la Comunidad de Regantes de Casas del Castañar, todavía no cuenta con las infraestructuras necesarias (Figura 8).



Figura 8.- a) Depósito y placa solar de la parcela 2 de Casas del Castañar. b) Arqueta del cabezal de riego. Visita realizar con los técnicos y agricultores para comprobar cobertura y diseñar la instalación de riego.

La **parcela 3** de Navaconcejo dispone de un depósito de regulación (Figura 9) que se abastece con agua del cauce natural (garganta) administrada por la comunidad de regantes San Jorge. Aunque todavía no cuenta con infraestructuras comunitarias en esta zona, el depósito se llena 1 vez por semana. El riego se realiza manualmente a través de tuberías portagoteros con 1 gotero por árbol de 4 l/h (Figura 9)



Figura 9.- Visita a la parcela 3 de Navaconcejo con el agricultor. Depósito y arqueta de riego..

La instalación de la **parcela 4** de Jerte incluye un depósito que se abastece con agua del cauce natural (arroyo) que se almacena en un depósito regulador de fibra de vidrio. El sistema de riego utiliza tuberías portagoteros, con una gran heterogeneidad, ya que cuenta con goteros de diferentes caudales (4 litros por hora, regulables de 0 a 70 litros por hora, etc.). El agricultor realiza riegos manuales una vez a la semana, con una duración de 3 a 4 horas. No dispone de filtro, ni electroválvula, ni programador, ni contador (Figura 10 Izda).

La **parcela 6** de Tornavacas recibe agua de una garganta y pasa por un depósito regulador en la propia parcela. El sistema de riego utiliza tuberías portagoteros de 16 mm, con dos goteros por árbol de 4 litros por hora, y se realizan riegos diarios de una hora durante toda la campaña (Figura 10 derecha)



Figura 10.- Izquierda. Parcela de Jerte y Derecha. Parcela de Tornavacas. Visita agricultor y técnicos.

Cuatro parcelas no cuentan con un caudalímetro en su sistema de riego, y dos parcelas no tienen un sistema de riego automatizado, por lo que se realiza el riego de manera manual.

5.4 Acondicionamiento de las parcelas

En todas las parcelas se seleccionaron cerezos de la variedad 'Lapins', árboles de tamaño similar, evitando aquellos que estaban enfermos o de tamaño reducido. Cada árbol se identificó con una etiqueta (Figura 11).



Figura 11.- Fotografía de la identificación de árboles en la parcela 4 (Navaconcejo).

6 INSTALACIÓN DE EQUIPOS Y SENSORES.

En cada parcela seleccionada, se instalaron las siguientes infraestructuras de riego para alcanzar los objetivos de esta acción. Para ello, se instalaron estaciones meteorológicas, así como los automatismos necesarios para poder realizar la programación de riego, seguimiento y medidas de control. Las adaptaciones que se realizaron fueron independientes de la de los agricultores y son las siguientes:

6.1 Estaciones meteorológicas.

Para la medidas de las variables meteorológicas dominantes en cada una de las parcelas se instalaron estaciones meteorológicas automáticas telemáticas (iMETOS 3.3, Pessl Instruments, Austria, 2020) (https://metos.at/wp-content/uploads/2018/07/iMETOS33-short_manual-EN.pdf), con sensores de temperatura del aire (°C), humedad relativa (%), radiación solar global (W/m²), precipitación (mm), velocidad y dirección del viento (m/s) y humedad de hoja (kOhmios), con una frecuencia de registro de 60 minutos. Los datos se suben regularmente a la plataforma de FieldClimate donde se puede acceder desde cualquier lugar, en cualquier momento y en tiempo real, junto con los datos históricos y los valores de evapotranspiración diaria (ET_o) según Penman Monteith. La ubicación de cada estación aparece en la Figura 12.

wkt_geom	Parcela	Referencia	Estación iMETOS
Point (759826.29, 4445480.30)	1	002106A2	
Point (763449.66, 445866.55)	2	002106AD	
Point (768561.90, 451994.43)	3	002106A5	
Point (777790.56, 4457234.44)	4	002106A9	
Point (761101.11, 449215.34)	5	002106AC	
Point (782242.13, 459990.76)	6	002106A1	

Figura 12.- Tabla con la ubicación de cada estación y sondas de humedad de 80 cm, referencia de los equipos. Fotografía de la Instalación de la estación meteorológica iMETOS y la sonda de humedad en la parcela 6 (Tornavacas).

6.2 Instalación de riego.

En cada parcela seleccionada, se adaptaron las infraestructuras de riego existentes para realizar Riegos Deficitarios Controlados (RDC). Para ello, se instalaron los automatismos necesarios para poder realizar la programación de riego, seguimiento y medidas de control.

Se realizó una instalación completa independiente de la de los agricultores, desde los depósitos de regulación o la toma de la comunidad de regantes. En algunos casos, se instaló filtro. Posteriormente, se instaló una electroválvula de control automático, en las parcelas 1, 2, 3 y 6 son de baja presión (Figura 13 izda). A continuación, se instaló un contador volumétrico de chorro múltiple con emisor de pulsos de 1 pulso/litro para registrar los caudales aportados en el RDC (Figura 13 dcha). En la figura 14 se indica la referencia de cada uno de los contadores instalados en cada parcela.



Figura 13.- Fotografía detalle de la instalación de la electroválvula y contador.

Parcela	Referencia	Contador RDC
1	78402048	
2	78402046	
3	78402047	

4	78402057
5	70430432
6	78402045



Figura 14.- Referencia de los contadores instalados en cada parcela y fotografía.

Después, se instaló una tubería de polietileno de PE BD de 20 mm, en la que se pincharon los goteros por cada árbol de la estrategia de RDC. El número de goteros depende del tamaño del árbol en cada parcela: en las parcelas 1, 3, 5 se han instalado 4 goteros/árbol, en la parcela 2, 4 se pusieron 2 goteros/árbol, y en la parcela 6 fueron 6 goteros/árbol. Todos los goteros son autocompensantes de 4l/h y se encuentran distanciados a 0,5 cm del tronco y 0,5 m entre goteros.

La apertura y cierre de las electroválvulas de cada una de las parcelas se controlaba mediante un programador automático basado en la tecnología LTE a distancia con alimentación solar que incluye tarjeta de comunicación (ALTAS, Spherag). A través del programador, también se registró la lectura de los contadores que se realizaba diariamente a través de la plataforma SPHERAG, con objeto de conocer exhaustivamente el volumen real de agua que se estaba aplicando en la estrategia de RDC, como la que aplicaban los agricultores. Además, el programador vinculaba los datos de la presión con transductores (Figura 15).

ATLAS	Parcela	Referencia ATLAS	Transductor de presión
	1	IMEI:864323050539528	
	2	IMEI:664323050539817	
	3	IMEI: 86432305054000	
	4	IMEI:864323050540179	



Figura 15.- Fotografía de detalle del programador atlas y el transductor de presión instalados. Referencias de los programadores.

Con objeto de conocer el agua aplicada por los agricultores en la parcela, se instaló un contador con racores de 1" intercalados en la tubería de 32 mm en cada instalación con un emisor de pulsos cada 100 litros (Figura 16). La lectura de estos contadores también se registraba a través del programador.

Parcela	Referencia	Contador Control
1	80563953	
2	80563949	
3	80563955	
4	80563951	
5	80563954	
6	80563950	

Figura 16.-Referencia de los contadores con emisor de pulso instalados en cada parcela y fotografía.

6.3 Sondas de humedad de suelo.

Se instaló una sonda de medición de humedad del suelo de forma continua con el objetivo de caracterizar y evaluar el contenido de humedad del suelo, correspondiente a la lluvia. Esta sonda tenía una profundidad de 80 cm y con

mediciones realizadas a intervalos de 10 cm (EP100GL-08 Series, EnviroPro, Precision Soil Probes). Además, se instalaron otras dos sondas de humedad de suelo de 40 cm de profundidad, con intervalos de medición cada 10 cm para caracterizar la dinámica de absorción de agua por las raíces (EP100GL-04 Series, EnviroPro, Precision Soil Probes), (https://envioprosoilprobes.com/wp-content/uploads/ENTELECHY-EnviroPro_probe-technical-specifications-June2022.pdf). Estas sondas se encontraban situadas a 25 cm de los goteros en un árbol del agricultor y en otro de la estrategia de RDC de cada parcela (Figura 2.18). Todas las sondas están conectadas a un datalogger y los datos se suben regularmente a la plataforma de FieldClimate y a la aplicación móvil. En el mes de mayo cambió la ubicación de las sondas del árbol 62 de la parcela 4.

Parcela	Árbol	Estrategia	Datalogger	Referencia	EnviroPro EP100GL-04
1	5	RDC	μMETOS NB-IoT	0310E0DC	
	14	AGR	iMETOS 3.3	002106A2	
2	38	AGR	μMETOS NB-IoT	0310E0DF	
	29	RDC	iMETOS 3.3	002106AD	
3	59	AGR	iMETOS 3.3	002106A5	
	47	RDC	μMETOS NB-IoT	0310E0C7	
4	62	RDC	iMETOS 3.3	002106A9	
	76	AGR	μMETOS NB-IoT	0310E0E2	
5	94	AGR	iMETOS 3.3	002106AC	
	82	RDC	μMETOS NB-IoT	0310E0CC	
6	112	AGR	iMETOS 3.3	002106A1	
	102	RDC	μMETOS NB-IoT	0310E0E0	

Figura 17.- Instalación de sondas de humedad, árbol en el que están instaladas las sondas y datalogger al que está conectado.

7 DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS.

7.1 Información del suelo, agua y estado nutricional.

En marzo de 2023 se tomaron muestras de suelo en 4 puntos de cada una de las parcelas a tres profundidades que se mezclaron en campo para que la muestra fuese homogénea y representativa. En todas ellas se extrajo una muestra de suelo en tres profundidades y se acondicionaron las muestras para su posterior análisis en laboratorio con objeto de conocer la textura y el contenido de los principales nutrientes útiles para el cultivo. Para conocer el estado nutricional del cultivo, se realizó un análisis foliar durante el periodo estabilización de nutrientes para el cerezo (julio). Finalmente, se tomaron muestras del agua de riego a mediados de la campaña para el analizar y conocer su conductividad eléctrica CE (dS/m) y contenido en amonios y nitratos.

7.2 Programación de riego

En cada parcela se estableció una programación de riego siguiendo la estrategia de **Riego Deficitario Controlado (RDC)**, con aplicación de riego al 100% de la Evapotranspiración de Cultivo (ET_c) durante la fase precosecha y los primeros días de diferenciación floral (aproximadamente 15-20 días después de la cosecha). Posteriormente, se aplicó una reducción de agua del 75 % de la ET_c durante la fase postcosecha, que se considera un periodo no crítico en términos de requerimientos hídricos. Además, se ajustó en función del estado hídrico de los árboles, con objetivo de mantener el potencial hídrico del tallo (Ψ_{stem}) en una condición de “no estrés” antes de la cosecha y durante veinte días posterior a la misma, manteniendo un valor de -1,0 MPa. Posteriormente, se permite un estrés moderado en la etapa postcosecha, con un umbral superior a -1,6 MPa. Todo esto se llevó a cabo con el propósito de optimizar la eficiencia en el uso del agua, es decir, buscando la máxima producción por unidad de agua aplicada. Este criterio de programación se diseñó a partir de los resultados obtenidos en estudios previos realizados en la Tesis Doctoral realizada por Elena Nieto en 2020 en el CICYTEX y recogidos en el Manual Práctico de Riego en Cerezo. Esta estrategia de programación resulta especialmente relevante en áreas de montaña, donde la disponibilidad de agua es limitada.

Las necesidades de agua del cerezo para cada una de las parcelas se calcularon siguiendo la metodología propuesta por Allen et al. 1998: $ET_c = ET_0 \times K_c \times K_r$, donde ET_0 es la Evapotranspiración de Referencia (ET_0) obtenida de las estaciones meteorológicas automáticas telemáticas instaladas en cada parcela, según el método de Penman-Monteith de FAO-56. La K_c es un coeficiente específico de cultivo para cerezo, de marzo a noviembre, cuyos valores medios mensuales fueron: 0, 0.40, 0.68, 0.79, 0.8, 0.8, 0.66, 0.37 y 0.3, respectivamente (Marsal, 2012), y K_r es un coeficiente corrector dependiente de la superficie de suelo cubierta por la copa de los árboles para condiciones de baja cobertura o árboles jóvenes (Fereres et al, 1982), se calculó mediante la expresión:

$$K_r = \frac{2 * S_c}{100}$$

La superficie de suelo sombreado (S_c) inicialmente se estimó midiendo la proyección de la copa con los dos diámetros perpendiculares de cuatro árboles, mediante la fórmula:

$$S_c = \frac{\pi * D^2 * N}{400}$$

Siendo:

- D el diámetro medio de la copa de los árboles expresado en metros.
- N la densidad de la plantación expresada en n.º de cerezos por hectárea.

Posteriormente se calculó la superficie de suelo sombreado mediante la medida de vuelo de dron realizada el día 4/5/23. Inicialmente se aplicó una reducción del 16 % ($K_r = 0,84$) en la parcela 1, del 60 % ($K_r=0,4$) en las parcelas 2 y 4, del 50 % ($K_r=0,5$) en las parcelas 3 y 5 y del 7 % en la parcela 6 ($K_r=0,93$), esta se ajustó posteriormente con los datos obtenidos medidos de las imágenes obtenidas del vuelo de dron.

Las Necesidades de Agua de riego (N_n) se calcularon diariamente como la Evapotranspiración de Cultivo (ET_c) menos la Precipitación Efectiva (P_e), esta se determinó con un porcentaje fijo $P*0.7$ de la precipitación obtenida de las estaciones agrometeorológicas.

A partir de las necesidades totales de riego, y considerando el número total de árboles (10 árboles) y número y caudal medio de goteros (4l/h) de la parcela experimental de RDC, se calculó diariamente el tiempo de aplicación de agua por parcela. El intervalo de riego se modificó a lo largo del ciclo de cultivo considerando la capacidad de almacenamiento del suelo teniendo en cuenta la información proporcionada por las sondas de humedad del suelo. En el anexo se presenta un modelo de plantilla de cálculo utilizado, con el detalle de las ecuaciones.

Una vez terminada la estación de crecimiento se calculó el agua total recibida, por RDC por parcela y por precipitación en cada parcela.

La programación de riego se realizó diariamente a partir de las necesidades de agua de riego (N_n), la apertura y cierre de electroválvulas de cada una de las parcelas se realizó con el programador automático.

Con objeto de conocer el agua que aplicaban los agricultores se hizo seguimiento de la práctica de **riego de cada agricultor (C)**, sin intervención o control externo.

7.3 Seguimiento del desarrollo vegetativo.

Para caracterizar el crecimiento vegetativo de los árboles en cada una de las parcelas se midió el perímetro del tronco, crecimiento acumulado de brotes y la madera de poda. Inicialmente, se midió el perímetro de los troncos con cinta métrica flexible a 20 cm desde la superficie del suelo en todos los árboles. Posteriormente, se instaló un dendrómetro perimetral de banda formado por una brida de acero inoxidable 316, 600mm x 7 mm, donde el cierre de la brida se abrió para permitir que se deslizara libremente, y se incorporó un muelle metálico. Se marcó una pestaña de la brida para medir siempre en el mismo punto y tener punto de referencia que se midió con un calibre digital (Figura 18). Esta medición se repitió quincenalmente a lo largo del ciclo vegetativo.

Al mismo tiempo, se realizaron fotografías de seis árboles por parcela con el fin de estudiar la evolución del crecimiento de la cubierta vegetal e identificar los momentos fenológicos del cultivo (aparición de flores, hojas y/o frutos, así como la caída de hojas, entre otros). Además, se realizaron vuelos con dron en cada parcela, utilizando una cámara visible para obtener información detallada.

El crecimiento acumulado de los brotes se midió al final de crecimiento (después de recolección) utilizando una cinta métrica flexible. Se seleccionaron aleatoriamente 10 ramas en todos los árboles, evitando las excesivamente vigorosas y demasiado pequeñas.



Figura 18.- Izda.) Medida de perímetro de tronco con cinta métrica flexible. Drcha.) Media del crecimiento del perímetro de tronco en dendrómetro con calibre digital.

7.4 Seguimiento del crecimiento del fruto.

Para el estudio de la dinámica de crecimiento de fruto, una vez estabilizada la carga frutal (unos 15 días después de la máxima floración), se midió semanalmente hasta recolección con un calibre digital (Mitutoyo, precisión 0,02 mm) el diámetro ecuatorial contrasutural, que es el diámetro mayor de la cereza madura y el que se considera para la clasificación comercial de frutos según calibre. Se realizó la medición en 10 cerezas elegidas aleatoriamente en todo el perímetro de la copa en tres árboles de cada tratamiento (6 árboles por parcela).

7.5 Seguimiento del estado hídrico de los árboles.

El control del estado hídrico de los árboles se realizó mediante las medidas del potencial hídrico de tronco al mediodía, con una cámara de presión (Scholander, MPa). Para ello, durante los meses de mayo a septiembre, se midieron 2 hojas por cada árbol. Esta medida, nos ayuda a determinar la energía potencial que tienen las moléculas de agua en un sistema y nos da información sobre el estado hídrico de la planta. La cámara de presión funciona colocando la hoja en la cámara sellada y se va incrementando la presión dentro de dicha cámara hasta que comienza a aparecer agua en la superficie de la muestra. Previamente a cortarlas del árbol, las

hojas se cubrían a primera hora de la mañana con bolsas aluminizadas, para evitar la influencia ambiental y así las hojas estuvieran en equilibrio con el sistema radicular.

La conductancia estomática (gs) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) se midió usando un porómetro de hojas (modelo SC-1, Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, EE.UU.) con una precisión de $\pm 10\%$. La calibración del instrumento se realizó antes de cada serie de mediciones de acuerdo con las directrices del fabricante. Se eligieron 2 hojas por árbol expuestas a la luz del sol, en el tercio superior de la copa. Las mediciones se realizaron mensualmente, el mismo día que se realizó la medición de potencial hídrico del tallo. El tiempo empleado para medir 2 hojas fue aproximadamente 2 minutos por árbol. La limitación del número de hojas para medir la conductancia estomática se hizo para permitir que todas las mediciones se completaran en el plazo de una hora, minimizando así la variabilidad de la conductancia estomática debida a factores meteorológicos.



Figura 19.- Medición del potencial hídrico con cámara de presión y y conductancia estomática con el porómetro

7.6 Seguimiento de la recolección y calidad del fruto.

La recolección la realizaron los agricultores. Después de que estos recolectaran las cerezas de cada árbol, los frutos fueron pesados individualmente con una báscula (Mettler-Toledo GmbH BBA231) para determinar el rendimiento (Figura 20).

En las parcelas de El Torno (Bajo), Casas del Castañar y Navaconcejo, se seleccionó una muestra de 2 kg en la que se contaron los frutos dobles y rajados para medir la proporción en el rendimiento total. Debido al periodo de lluvias comprendido entre el 21 de mayo y el 11 de junio de 2023 en las parcelas que aún no estaban listas para su recolección (Jerte, El Torno Alto y Tornavacas), se modificó el procedimiento realizando un muestreo en campo. Se contaron 100 cerezas por árbol, 25 en cada uno de los puntos cardinales del árbol, clasificando los frutos sanos, dobles, rajados y otros defectos.



Figura 20.- Recolección realizada por el agricultor y pesado de la producción por árbol con balanza digital.

De la muestra anterior, se realizó la distribución por calibres. Después de retirar los frutos defectuosos, se tomó una muestra de 1 kg de cerezas de cada árbol. Se midió el diámetro contrasutural, que es el diámetro mayor de las cerezas y es el que se considera para la clasificación comercial de frutos según calibres. El calibre se midió con un calibre digital marca Mitutoyo® (Absolute Digimatic, USA). (Figura 21).



Figura 21.- Medición de calibre, peso de fruto y ° Brix.

En la cosecha se tomó una muestra de 25 frutos por árbol y en laboratorio se midieron los azúcares (Sólidos Solubles Totales, ° Brix, RE40D, METTLER TOLEDO), firmeza (Durómetro Agrostá®100 touchscreen, Durofel), color (colorímetro Konica Minolta CR-400), acidez y pH (Rondolino T50, METTER TOLEDO) y peso (balanza precisión).

La maduración de los frutos conlleva una evolución del color de los frutos del rojo claro al negro. Existe una correlación entre la evolución del color y el valor del parámetro "a" medido mediante colorímetro, para poder definir el color de las cerezas en las siete categorías de la escala Ctifl.

Tabla 1 .- Correlación entre parámetro a* y escala de color Ctifl

Escala Ctifl	Denominación	Valor "a"
1	Rojo Claro	$a > 40,85$
2	Rojo	$36,07 < a < 40,85$
3	Rojo Caoba	$28,16 < a < 36,07$
4	Caoba	$19,22 < a < 28,16$
5	Caoba Oscuro	$10,91 < a < 19,22$
6	Oscuro caoba	$4,38 < a < 10,91$
7	Negro	$a < 4,38$

En la fase de venta al por menor, la deshidratación del pedúnculo es uno de los principales síntomas de pérdida de calidad. Por lo tanto, el aspecto de los pedúnculos de las cerezas influye enormemente en la percepción que tiene el consumidor sobre la calidad de estas. Los pedúnculos de los frutos tienen una epidermis y una capa de cutícula mucho más fina que el propio fruto, lo que se traduce en una mayor sensibilidad al agua. Para evaluar este indicador, se procedió a separar los pedúnculos de los cuerpos fructíferos para determinar el peso fresco.

Posteriormente, se sometieron a un proceso de secado hasta alcanzar peso constante a 65°C en una estufa con el fin de determinar el contenido de agua.

7.7 Poda y control de la poda.

La poda en verde o de verano no es una práctica habitual en el Valle del Jerte; de hecho, ninguno de los agricultores de las parcelas demostrativas lleva a cabo esta práctica. En investigaciones anteriores realizadas en el Centro de Agricultura Ecológica y de Montaña (CAEM) del CICYTEX, se presentó la poda de verano como una alternativa agronómica para mejorar la eficiencia del uso del agua en el cultivo del cerezo en zonas de montaña. Por esta razón, se tomó la decisión de implementar la **poda de verano (PV)** en todas las parcelas. Esta actividad se realizó en 5 árboles con la estrategia de RDC y en otros 5 árboles con riego según los criterios establecidos por los agricultores en cada parcela, realizando la **poda en invierno (I)**. La poda en verde se realizó un mes después de la cosecha (Tabla 2), para ello se contó con personal especializado del CICYTEX en poda de cerezo (Figura 22). Las ramas de poda de cada árbol testigo fueron separadas y pesada en campo. Adicionalmente, y a partir de una submuestra, se determinó su peso seco a 65 °C en estufa con flujo de aire forzado. Los resultados se expresaron en % de materia seca.

Tabla 2.- Fechas de recolección y de poda en cada una de las parcelas.

Parcela	El Torno P1	Casas del C. P2	Navaconcejo P3	Jerte P4	El Torno P5	Tornavacas P6
Fecha recolección	23-5-23	31-5-23	31-5-23	15-6-23	4-7-23	27-6-23
	3-6-24	5-6-24	4-6-24	17-6-24	28-6-24	1-7-24
Fecha poda	23-6-23	30-6-23	30-6-23	17-7-23	3-8-23	27-7-23
	5-7-24	5-7-24	5-7-24	18-7-24	31-7-24	1-8-24



Figura 22.- Poda de verano en la parcela de El Torno (1030m de altitud), antes, durante y después de la poda de verano (3/8/23)

8 RESULTADOS

8.1 Análisis de suelo, agua y foliar.

8.1.1 Análisis de suelo

Los resultados del análisis de suelo mostraron diferencias entre parcelas. El contenido de elementos gruesos (partículas > 2mm) muestra cierta variabilidad, siendo más elevado en la parcela de Navaconcejo, donde supera el 20 %. Las parcelas se caracterizan por una textura Franco-Arenosa (tipo medio), con variaciones en algunas profundidades y parcelas. En las parcelas de mayor altitud (El Torno-1030 y Tornavacas), se registra un menor contenido en arcilla, resultando una textura de arena-franca (Tabla 3). Estas diferencias texturales están directamente relacionadas con la capacidad de retención de agua del suelo y nos ayudan a interpretar las variaciones del contenido de humedad en suelo registradas por los sensores (sondas de humedad).

Tabla 3.- Análisis de elementos gruesos y textura hasta los 90 cm de cada parcela.

Parcela	Fecha recogida de muestra	Profundidad	Peso Total	Porcentaje de elementos gruesos > 2 mm (%)	% Arcilla	% Limo	% Arena	Textura
El Torno 470	14/03/23	0-30	2,783	13,2%	10,0	20,5	69,5	Franco-Arenosa
		30-60	4,204	16,0%	10,0	22,4	67,6	Franco-Arenosa
		60-90	2,793	14,8%	12,0	18,5	69,5	Franco-Arenosa

Casas del Castañar	23/03/23	0-30	3,068	12,1%	10,0	22,4	67,6	Franco-Arenosa
		30-60	3,473	13,2%	10,0	20,4	69,6	Franco-Arenosa
		60-90	2,616	10,4%	10,0	18,5	71,5	Franco-Arenosa
Navaconcejo	15/03/23	0-30	3,069	22,7%	6,0	14,6	79,4	Arena-Franca
		30-60	3,037	22,5%	8,0	14,5	77,5	Franco-Arenosa
		60-90	3,319	20,4%	8,0	14,4	77,6	Franco-Arenosa
Jerte	16/03/23	0-30	3,476	17,3%	10,0	20,6	69,4	Franco-Arenosa
		30-60	4,563	18,1%	10,0	20,6	69,4	Franco-Arenosa
		60-90	3,508	11,2%	8,0	18,6	73,4	Franco-Arenosa
El Torno 1030	14/03/23	0-30	3,000	7,6%	4,0	18,8	77,2	Arena-Franca
		30-60	3,077	13,6%	6,0	16,8	77,2	Arena-Franca
		60-90	1,811	12,7%	4,0	16,7	79,3	Arena-Franca
Tornavacas	16/03/23	0-30	2,580	17,9%	4,0	16,6	79,4	Arena-Franca
		30-60	4,549	17,2%	6,0	14,7	79,3	Arena-Franca
		60-90	4,400	17,8%	10,0	12,7	77,3	Franco-Arenosa

En cuanto al contenido de nutrientes (Tabla 4), se trata de un suelo muy ácido ($\text{pH} < 5,8$) en todas las parcelas y a lo largo de todo el perfil analizado, sin problemas de salinidad. El rango de porcentaje de materia orgánica en los primeros 30 cm está comprendido entre 0,9 y 4,4 % para las parcelas de Casas del Castañar y Tornavacas, respectivamente. Al aumentar la altitud se incrementa el porcentaje de materia orgánica (Figura 23).

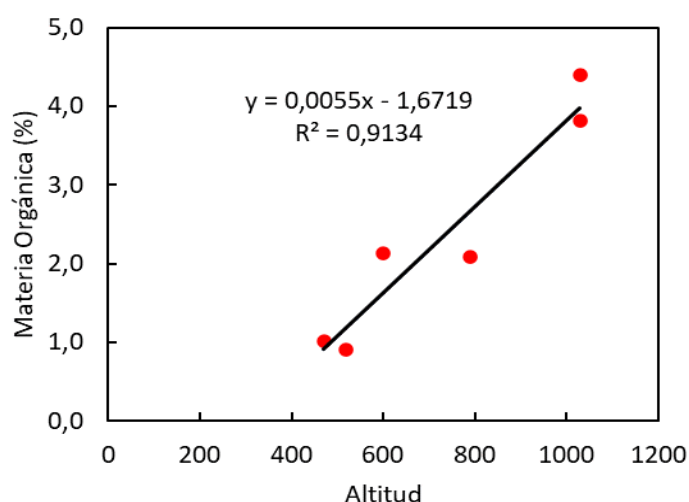


Figura 23.- Relación entre la altitud y el porcentaje de materia orgánica en los primeros 30 cm.

La relación C/N es un indicador que informa de la tasa a la que el nitrógeno está a disposición de la planta. Los resultados muestran que las parcelas de menor altitud tienen una relación baja, lo que indica que la materia orgánica tiene una alta capacidad de descomposición, sin embargo, en las parcelas de mayor altitud es mayor que coinciden con mayor porcentaje de materia orgánica. Contenido normal de fósforo, excepto en la parcela de Casas del Castañar, donde son bajos.

Tabla 4.- Análisis del contenido de los principales nutrientes del suelo hasta 90 cm en las 6 parcelas.

Parcela	Profundidad	pH	CE	% M.O.	ppm P	% N	C/N	mg/kg K	mg/Kg Na	mg/kg Ca	mg/kg Mg
P1 El Torno	0-30	5,8	71,8	1,02	27,22	0,25	2,35	320,60	42,00	165,40	79,60
	30-60	5,7	33,5	0,91	18,41	0,25	2,09	294,20	41,00	167,40	78,80
	60-90	5,5	28,6	0,82	15,14	0,21	2,24	151,40	38,80	139,00	60,60
P2 Casas del Castañar	0-30	5,3	22,6	0,91	13,40	0,30	1,73	149,80	60,60	104,00	47,00
	30-60	5,2	24,0	1,11	14,62	0,27	2,39	115,20	47,20	68,40	27,20
	60-90	5,4	15,0	0,68	13,35	0,24	1,64	48,80	107,40	73,80	37,00
P3 Navaconcejo	0-30	5,0	43,3	2,13	29,90	0,28	4,43	272,80	69,80	92,20	35,80
	30-60	5,0	33,9	1,47	22,98	0,29	2,94	178,60	66,80	56,40	18,00
	60-90	5,1	20,7	0,52	12,09	0,24	1,27	163,20	38,20	84,80	32,20
P4 Jerte	0-30	4,8	46,8	2,08	29,27	0,31	3,95	344,20	64,80	117,20	57,60
	30-60	4,9	30,6	1,10	18,70	0,25	2,60	287,20	75,80	75,20	37,60
	60-90	4,9	25,1	0,60	8,37	0,21	1,65	137,80	41,00	49,60	17,00
P5 El Torno	0-30	5,0	25,2	3,81	23,35	0,42	5,29	208,80	31,20	140,00	44,40
	30-60	4,9	25,8	4,02	21,85	0,40	5,85	159,00	160,60	118,20	30,00
	60-90	4,9	28,1	2,33	17,76	0,31	4,38	101,00	156,00	77,40	16,40
P6 Tornavacas	0-30	5,3	43,5	4,40	38,88	0,47	5,38	337,60	95,20	313,40	183,80
	30-60	5,0	40,0	3,00	39,31	0,36	4,79	253,20	222,00	118,80	69,80
	60-90	5,0	30,1	1,57	22,78	0,24	3,78	186,00	137,00	85,60	37,00

8.1.2 Análisis de agua

La calidad del agua en todas las parcelas fue similar, con pH aceduoado, excepto las parcelas P3 y P4 que tienen pH alcalino ($\text{pH} > 7,5$), riesgo bajo de salinidad ($\text{CE} < 250 \mu\text{S/cm}$) y con aportes de nitratos y amonio por el agua insignificante. Por tanto, puede utilizarse sin ninguna limitación.

Tabla 5.- Valores de pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), nitratos ($\text{mg N-NO}_3^-/\text{L}$) y amonios ($\text{mg N-NH}_4^+/\text{L}$) en el agua de riego de las parcelas del Valle del Jerte.

Parcela	pH	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Nitratos		Amonios	
			$\text{mg NO}_3^-/\text{L}$	$\text{mg N-NO}_3^-/\text{L}$	$\text{mg NH}_4^+/\text{L}$	$\text{mg N-NH}_4^+/\text{L}$
P1 - El Torno	6,91/6,95	116,7	2,000	0,452	0,114	0,088
P2 - Casas del C	6,82/6,84	141,4	2,000	0,452	0,102	0,080
P3 - Navaconcejo	9,68/9,65	66,6	0,571	0,129	0,114	0,088
P4 - Jerte	8,19/8,14	141,9	0,000	0,000	0,574	0,446
P5 - El Torno	7,22/7,22	20,3	0,000	0,000	0,102	0,080
P6 - Tornavacas	7,32/7,31	23	0,000	0,000	0,125	0,097

8.1.3 Análisis foliar

En la Tabla 6 se presentan los resultados de la concentración de macro y micronutrientes, comparándolos con los valores de referencia. Los niveles de nitrógeno, fósforo, magnesio y sodio son adecuados en todas las parcelas. Sin embargo, se observa deficiencia en hierro y zinc prácticamente en todas las parcelas, excepto en P5. Dado que el hierro es un componente esencial de la molécula de clorofila, su deficiencia impacta directamente la capacidad de la planta para llevar a cabo la fotosíntesis. Esta carencia puede resultar en una disminución de la producción de carbohidratos, afectando el crecimiento, el desarrollo general de la planta y reduciendo la producción de frutos.

Aunque la disponibilidad de hierro en suelos ácidos tiende a aumentar, otros factores pueden influir en la capacidad de las plantas para absorber y utilizar el hierro. Algunas razones para la deficiencia en suelos con pH ácido podrían incluir la presencia de formas no disponibles de hierro o la competencia con otros nutrientes en exceso, como el manganeso (Mn), que puede interferir en la absorción de hierro y zinc.

Tabla 6.- Relación de macro y microelementos presentes en las hojas de cerezo de las 6 parcelas del Valle del Jerte.

Parcela	%N	% P	%K	ppm Na	% Ca	% Mg	Ppm Fe	ppm Cu	ppm Mn	ppm Zn
Valores de referencia	2,1-3,0	0,16-0,50	1,0-3,0	80-200	1,5-2,6	0,30-0,75	100-200	8-30	40-60	20-50
P1 - El Torno	2,7	0,2	1,8	121,8	1,9	0,5	91,5	6,8	100,1	14,6
P2 - Casas del C	2,7	0,2	0,9	85,1	2,1	0,6	72,7	12,0	147,5	15,9
P3 - Navaconcej	2,9	0,2	1,5	96,8	1,9	0,5	83,3	10,1	156,8	15,0

P4 - Jerte	2,8	0,2	1,7	65,0	1,7	0,5	72,7	12,0	221,3	18,2
P5 -El Torno	3,0	0,2	2,0	99,0	1,5	0,3	67,1	10,5	188,8	22,2
P6 -Tornavacas	2,9	0,2	2,4	83,0	1,2	0,5	72,3	10,4	165,7	15,9

8.2 Climatología

Los regantes, técnicos y agricultores tienen la posibilidad de descargar los datos agrometeorológicos de forma horaria, diaria o mensual correspondientes a cada una de las estaciones meteorológicas instaladas en el proyecto REFEX. Además, pueden acceder a los datos de dos estaciones adicionales instaladas por la Agrupación de Cooperativas del Valle del Jerte en Tejeda y Barrado, así como a otra estación ubicada en Jaraíz de la Vera de CICYTEX.

Durante las jornadas realizadas en el CAEM (Plasencia) el día 10/3/2023, se proporcionó información a los representantes de las comunidades de regantes, técnicos y agricultores sobre cómo consultar estos datos. Se les facilitó un enlace para acceder a la plataforma Fieldclimate: <https://forms.gle/WiKMqxTbTrW9DT5X7>

Posteriormente, como parte de la actuación nº 4, se desarrolló una aplicación para mejorar el acceso libre a los datos a través de la web: <http://estrategiaagros.es/transferencia/datos>. En esta web, los usuarios pueden consultar gráficas y descargar todos los datos, presentados durante las jornadas celebradas en el CAEM el día 16/11/2023.

8.2.1 Temperatura

Todas las parcelas muestran un patrón estacional, con temperaturas más altas durante los meses de verano (junio a agosto) y temperaturas más bajas en los meses de invierno (diciembre a febrero). La temperatura más alta se alcanza en julio y la más baja en diciembre y enero. Las T^a máx absolutas más elevadas se registraron en las parcelas de la zona baja, alcanzando 41,2 °C, y 41,1 °C en P1 y P2, respectivamente el 22 de agosto de 2023, y 41,92 °C en P1 el 24 de julio de 2024. La T^a mín absoluta más baja se registró en la parcela P5, alcanzando -5,0 °C el 1 de marzo de 2023.

Las parcelas más altas (P4, P5 y P6) muestran consistentemente temperaturas más bajas en comparación con las parcelas de menor altitud (P1, P2 y P3). Las parcelas de mayor altitud (P4, P5 y P6) muestran temperaturas más bajas en general durante todo el año, especialmente en los meses de verano. A medida que

aumenta la altitud, la temperatura es más baja, con diferencias más notables en las épocas de mayor temperatura.

Las curvas de temperatura se mantienen bastante alineadas, lo que sugiere que el comportamiento de la temperatura sigue una tendencia similar en todas las parcelas, aunque con diferencias en la magnitud debido a la altitud. El patrón de temperatura se repite anualmente, con poca variación entre los dos años de estudio. Las fluctuaciones diarias son más pronunciadas durante el verano, indicando un mayor cambio de temperatura de un día a otro.

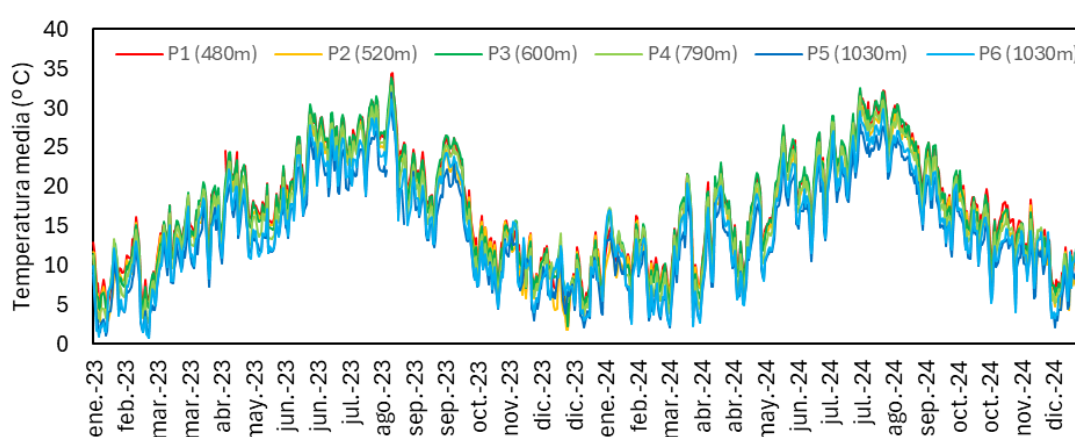


Figura 24.- Evolución de la temperatura media diaria (en °C) para las seis parcelas de cerezo del Valle del Jerte ubicadas a diferentes altitudes, desde enero de 2023 hasta noviembre de 2024.

8.2.2 Precipitaciones

La precipitación total anual en 2024 fue superior a la de 2023 en todas las parcelas. Las parcelas de mayor altitud (P5 y P6 – 1030 m) recibieron más precipitación que las de menor altitud (P1 y P2 – 470 m y 520 m). Así, la parcela P5 (1030m) fue la que registró mayor precipitación anual en 2024 con 2.222 mm, 870 mm más que la parcela P1 (470 m), estando ambas parcelas relativamente próximas. Ambos años se caracterizaron por abundantes lluvias durante el mes de junio, este periodo coincidió con la recolección de las cerezas, provocando importantes daños de cracking o rajado de cerezas en todas las parcelas, excepto en la parcela P1, donde se recolectó antes del episodio de lluvias en 2023. Durante los meses de julio y agosto prácticamente no se registraron precipitaciones en ninguna parcela en ambos años, confirmando un patrón estacional estable (Tabla 7). Este periodo presenta un déficit hídrico considerable, lo que justifica la

necesidad de riego suplementario en estos meses. El patrón de mayor precipitación en zonas de mayor altitud sugiere que las estrategias de riego pueden diferenciarse según la altura.

Tabla 7.-Precipitaciones mensuales (mm) registradas en las seis estaciones instaladas a diferentes altitudes en el Valle del Jerte durante los años 2023 y 2024.

Año	Fecha	P1 (470m)	P2 (520m)	P3 (600 m)	P4 (790m)	P5 (1030 m)	P6 (1030 m)
2023	Feb	5	4	11	11	10	4
	Mar	107	82	155	101	154	97
	Abril	12	12	18	17	15	19
	Mayo	134	109	134	157	135	201
	Junio	118	64	83	105	112	116
	Julio	0	0	0	0	0	1
	Ago	0	0	1	0	0	0
	Sept	124	113	152	153	146	179
	Oct	380	344	567	522	567	519
	Nov	279	249	447	378	392	320
	Dic	76	72	97	82	88	77
	Total	1235	1049	1665	1526	1619	1533
2024	Ene	323	311	431	371	362	392
	Feb	222	240	256	191	340	153
	Mar	330	372	376	441	417	438
	Abril	86	83	106	89	123	92
	Mayo	16	28	46	46	52	48
	Junio	99	180	160	121	194	111
	Julio	1	2	2	2	2	2
	Ago	0	0	0	0	0	0
	Sept	38	52	81	49	60	52
	Oct	199	399	602	498	579	543
	Nov	34	93	109	114	88	136
	Dic	5	16	5		6	26
	Total	1352	1776	2174	1922	2222	1993

8.2.3 Evapotranspiración de referencia

La Figura 25 muestra la evolución de la Evapotranspiración de referencia (ET_o) en mm/día a lo largo de los años 2023 y 2024. La ET_o presenta un patrón estacional claro, con valores más elevados en primavera y verano (marzo-septiembre) y valores más bajos en otoño e invierno (octubre-febrero). Las parcelas a mayor altitud (P5 y P6 – 1030 m) presentan valores de ET_o ligeramente superiores en algunos períodos de verano, lo que puede estar relacionado con mayores vientos.

En general la ETo es similar en todas las altitudes, con ligeras variaciones, lo que indica que la ETo está más influenciada por la estacionalidad y las condiciones meteorológicas globales que por la altitud. Se observan picos superiores a 6 mm/día.

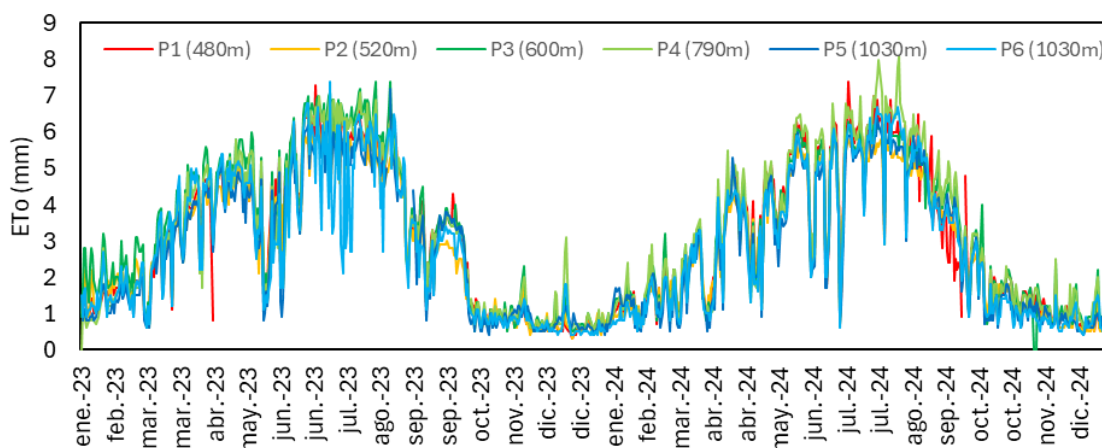


Figura 25.- Evolución de la evapotranspiración de referencia (ETo) en mm/día a lo largo de los años 2023 y 2024 en seis estaciones climáticas situadas a diferentes altitudes (480 m a 1030 m)

8.3 Contenido de humedad del suelo correspondiente a las lluvias.

A modo de ejemplo y por economía documental, se presenta solo la Figura 26 de la parcela P4, que muestra las mediciones de precipitación, evapotranspiración de referencia (ETo) y contenido volumétrico del agua en el suelo a distintas profundidades. Al igual que el resto de las parcelas, se observa un marcado déficit hídrico durante verano, caracterizado por una notable disminución del contenido de agua en el suelo y un incremento en la evapotranspiración. La recuperación hídrica del suelo se produce en otoño e invierno, cuando la precipitación supera la demanda evaporativa. Los sensores de humedad del suelo permitieron analizar la dinámica del agua en el perfil edáfico, evidenciando un patrón claro de recarga y drenaje en respuesta a los eventos de precipitación.



Figura 26.- Evolución de la evapotranspiración de referencia (ET_o, mm) y precipitaciones (mm) en el gráfico superior, y contenido volumétrico del agua en el suelo (%) a diferentes profundidades (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 cm)

En la figura 27 se presenta la evolución del contenido volumétrico del agua en el suelo medido con el sensor de 80 cm de profundidad de la sonda EnviroPro en las seis parcelas. Se aprecia una tendencia estacional clara, con una reducción de agua en los meses de verano (junio-septiembre) y un aumento en los meses de otoño a invierno (octubre a marzo). Las parcelas a mayor altitud (P5 y P6 -1030 m) presentan en general mayores valores de contenido de agua en comparación con las situadas a menor altitud. Durante el verano (julio-septiembre de ambos años), el contenido de agua en el suelo a 80 cm de profundidad desciende por debajo del 20-30 %, lo que indica un **déficit hídrico considerable**.

Las parcelas a mayor altitud muestran mayores fluctuaciones en el contenido de agua a 80 cm de profundidad en comparación con las de menor altitud, observándose una rápida recuperación después de períodos secos. Esto sugiere una mejor retención de agua o mayor capacidad de recarga del suelo en estas zonas. Las parcelas de menor altitud (P1 y P2) presentan valores más bajos de contenido de agua durante la mayor parte del año, y la recuperación después del periodo seco es más lenta y menos pronunciada, lo que indica una mayor susceptibilidad al déficit hídrico.

Durante el periodo seco (Junio-Septiembre) en ambos años, el contenido de agua desciende a valores mínimos (< 30 %). Las parcelas P1 y P2 son las primeras en registrar valores críticos de humedad en el suelo. Estos sensores proporcionan información valiosa sobre la necesidad de realizar riegos durante el verano (junio-

septiembre), especialmente en altitudes más bajas (P1 y P2). El comportamiento del suelo en las parcelas P5 y P6 sugiere una mejor capacidad de retención hídrica, lo que influyó en la **aplicación de estrategias de riego diferenciadas por altitudes**.

Los sensores de humedad de suelo mostraron una respuesta clara a las lluvias, permitiendo analizar la capacidad de retención de agua del suelo.

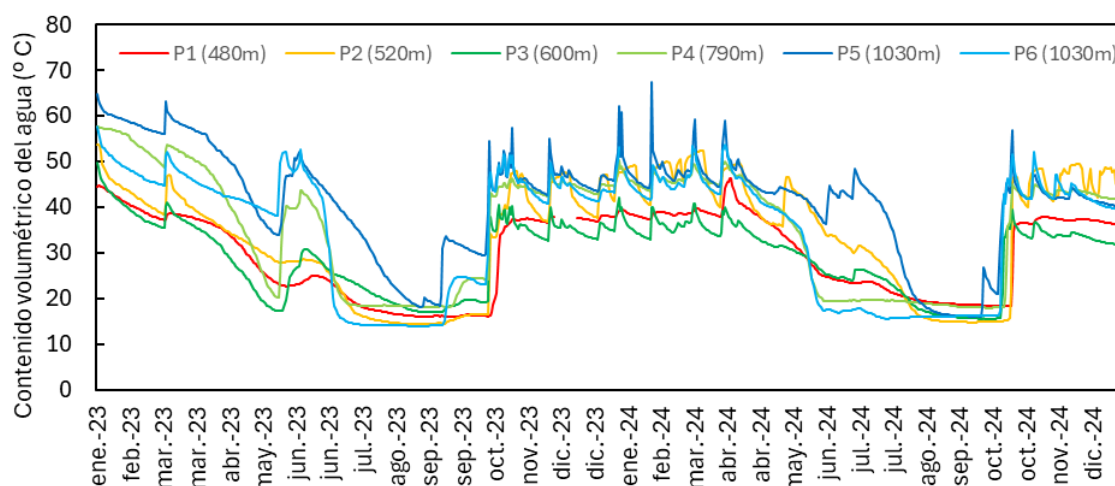


Figura 27.- Evolución del contenido volumétrico del agua en el suelo (%) medido con sondas EnvirPro a una profundidad de 80 cm, en seis ubicaciones con diferentes altitudes en el Valle del Jerte (480 m a 1030 m) a lo largo de los años 2023 y 2024.

8.4 Fenología

El estudio del estado fenológico del cultivo es importante, ya que cada una de las fases del desarrollo fenológico es diferente debido a las necesidades que requiere la planta en cada una de ellas. El paso de una fase fenológica a otra se origina cuando se alcanza una determinada acumulación de grados día (GDD), esto consiste en una medida de acumulación de calor. El cerezo tiene el crecimiento en el intervalo de 4,5°C a 25°C (Fadón et al., 2023), siendo su crecimiento óptimo en el intervalo de 18-21°C calculándose las unidades de calor desde el momento de hinchamiento de las yemas hasta la cosecha del fruto.

En la Figura 28 se presentan los estados fenológicos en la variedad ‘Lapins’ para cada una de las parcelas a diferentes altitudes. El inicio del hinchamiento de yemas (estado 51) tuvo lugar entre el 14 y 16 de marzo de 2023, mientras que la plena floración (estado 65) ocurrió entre el 3 y 12 de abril de 2023. Se observó que



CENTRO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DE EXTREMADURA



la apertura de la flor ocurrió antes en las parcelas de menor altitud, aunque la diferencia es mínima.

La primera fase de crecimiento del fruto experimenta un rápido desarrollo, alcanzando el 50 % del tamaño final, coincidiendo con el inicio del crecimiento del brote. En esta etapa, el cerezo utiliza las reservas acumuladas del año anterior para el desarrollo de yemas, flores y frutos. La segunda fase presenta un crecimiento más lento del fruto debido al endurecimiento del hueso, coincidiendo con parte del crecimiento de brote. En la última fase, se observa un rápido crecimiento del diámetro del fruto antes de la plena maduración, coincidiendo con el 100% del crecimiento del brote.

La duración de la segunda fase de crecimiento del fruto, marcada por el endurecimiento del hueso, varía entre parcelas, indicando diferencias en el estado fenológico del cerezo en cada parcela. Entre los estados 74 y 78, presentaron una diferencia de 24 días entre las parcelas a menor altitud (P1-480m) y la parcela de mayor altitud (P5 – 1030m). Además, en esta segunda fase, se observó el inicio de la aparición de las yemas, las cuales darán lugar a los frutos del año siguiente.

Se observaron diferencias en la maduración de los frutos (estado 89), con una diferencia de 42 días en 2023 y 28 días en 2024 entre las parcelas a menor y mayor altitud. Este dato es crucial, ya que indica que los cerezos en diferentes zonas no se encuentran en la misma etapa fenológica, lo que implica que no se puede aplicar una misma programación de riego uniforme a todas las parcelas, debido a que las necesidades hídricas del cultivo varían con la altitud.



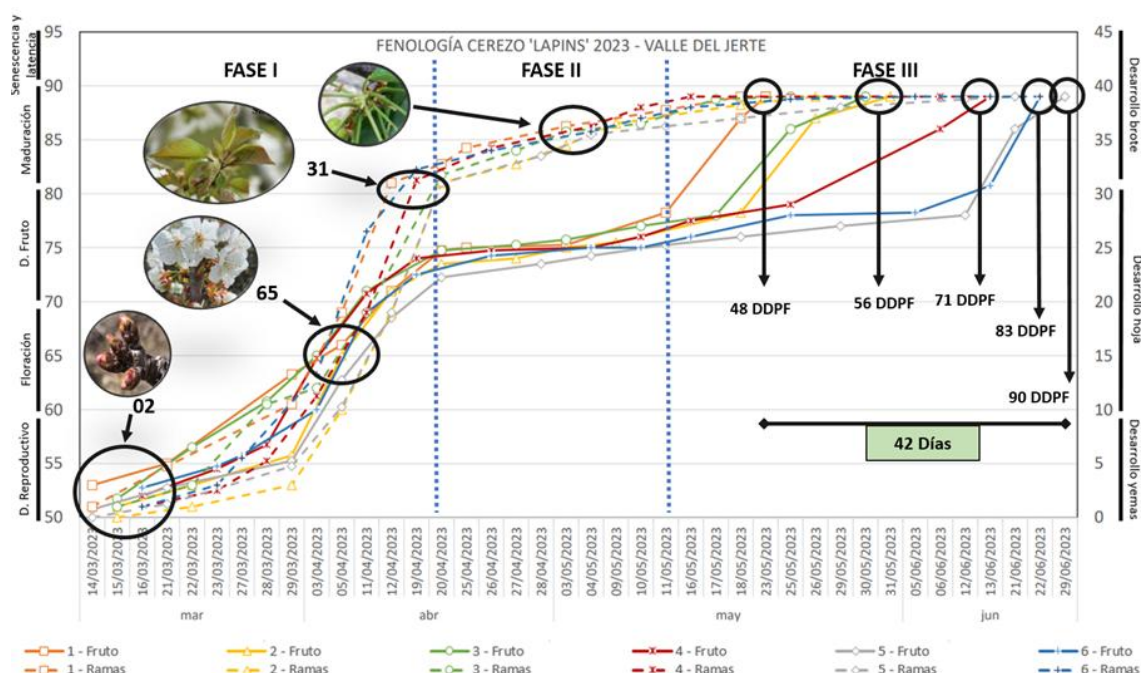


Figura 28.- Fases fenológicas del cerezo variedad 'Lapins'. Líneas continuas indican las fases fenológicas del fruto, y líneas discontinuas representan las fases fenológicas de yemas, hojas y brotes. Cada color corresponde a una parcela diferente: El Torno- 470 m (1), Casas del Castañar (2), Navaconcejo (3), Jerte (4), El Torno – 1030 m (5) y Tornavacas (6). Eje derecho están representadas las fases del 0 al 49 que corresponde con el desarrollo de las yemas, hojas y brotes. Eje izquierdo corresponde a las de desarrollo reproductivo, floración, desarrollo del fruto, maduración, senescencia y latencia.

Parcela	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Floración						
Fecha recolección	23-5-23	31-5-23	31-5-23	15-6-23	4-7-23	27-6-23
	3-6-24	5-6-24	4-6-24	17-6-24	28-6-24	1-7-24

Los valores Grados Días Acumulados (GDA) para cada parcela en dos momentos clave de la fenología del cerezo (65 plena floración y 89 maduración del fruto) se presentan en la figura 29, considerando un rango de crecimiento vegetativo entre 4,5°C y 25°C. Los resultados muestran una correlación significativa entre los GDA y el estado fenológico. Mientras el promedio en grados día apenas variaba entre parcelas hasta el estado de plena floración (estado 65), en fases posteriores las parcelas a mayor altitud necesitaban más grados días para alcanzar el mismo estado fenológico final que las que están a menor altitud.

Tabla 8.- Grados días acumulados para el cerezo variedad 'Lapins' para los estados fenológicos de plena floración (65) y maduración de fruto (89).

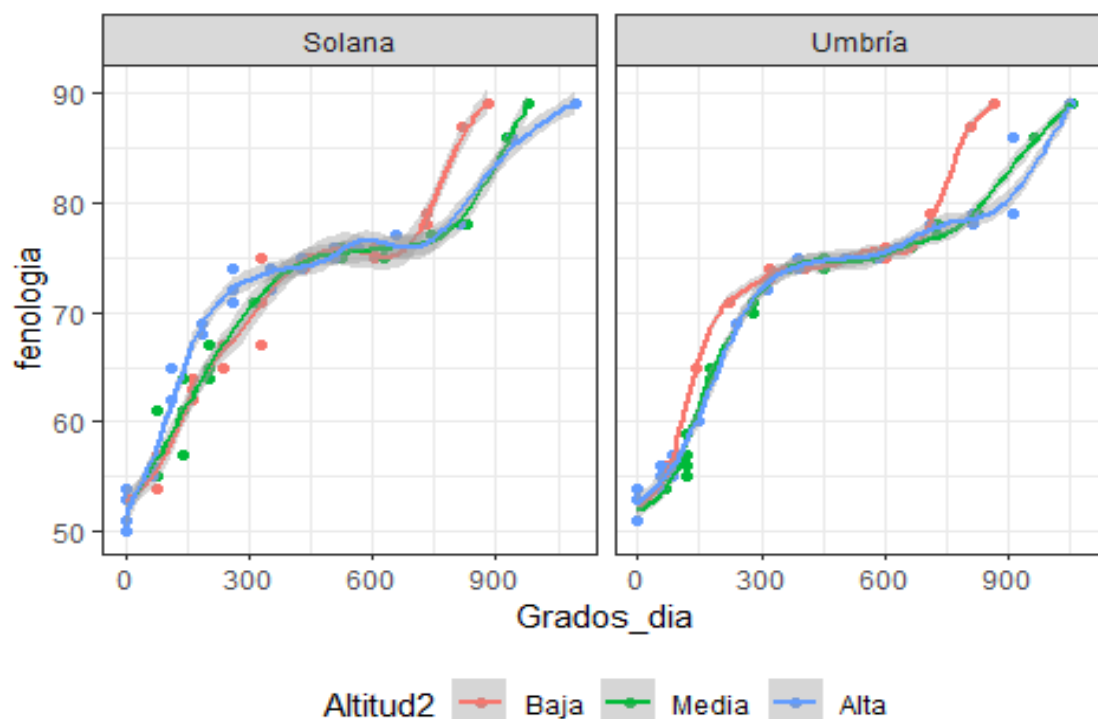


Figura 29.- Grados Días Acumulados para el cerezo a diferentes altitudes (baja, media y alta) para los estados fenológicos desde final de letargo (estado 53) hasta la cosecha (estado 89).

8.5 Agua aplicada

El agua de riego aplicada en cada parcela se ajustó a las necesidades determinadas por las condiciones edafo-climáticas y los estados fenológicos del cultivo.

Las figuras 30 a 34 muestran la programación de riego RDC y el riego realizado por los agricultores (C), así como la evapotranspiración de cultivo (ETc) y la precipitación efectiva (Pe) en todas las parcelas durante 2023 y 2024. En todas las parcelas, los riegos aplicados por los agricultores fueron menor que el programado bajo la estrategia de RDC. Las parcelas pertenecientes a comunidades de regantes, que cuentan con infraestructuras adecuadas, han garantizado un suministro constante de agua (P1, P3 y P5), lo que redujo las fluctuaciones debidas a la falta de disponibilidad de agua, con riegos más regulares y constantes. En general, se observa que los agricultores mejoraron la estrategia de riego en 2024, aplicando agua en la fase precosecha, lo que indica que adoptaron mejores prácticas tras las actividades de asesoría in situ y transferencia. El riego RDC comenzó entre la última

quincena de abril y la primera quincena de mayo, y finalizó ambos años con primeras lluvias de otoño, en la primera quincena de octubre.

En la parcela P1, el riego RDC en 2024 estuvo más ajustado a la ETc en la fase precosecha que en 2023 (Figura 30). En la parcela P2 el agricultor no aplicó riego en precosecha en 2023 (abril-junio), limitándose al riego en la fase postcosecha. Sin embargo, en 2024, tras conocer los resultados de los ensayos, el agricultor incorporó el riego en la fase precosecha. El aumento de la ETc en la P2 en 2024 está relacionado con el mayor tamaño de los árboles, lo que requirió un ajuste en la estrategia de riego para mantener el equilibrio hídrico del cultivo (Figura 31). En la parcela P4-790 m, el agricultor comenzó a regar la segunda quincena de julio en ambos años (Figura 33), destacándose por un uso muy limitado de agua, con solo 13 mm aplicados en 2024. El primer año de ensayo se instaló con el proyecto un programador y contador, hasta entonces el riego se hacía de manera manual. En general, los agricultores comenzaron el riego más tarde que la estrategia de RDC.

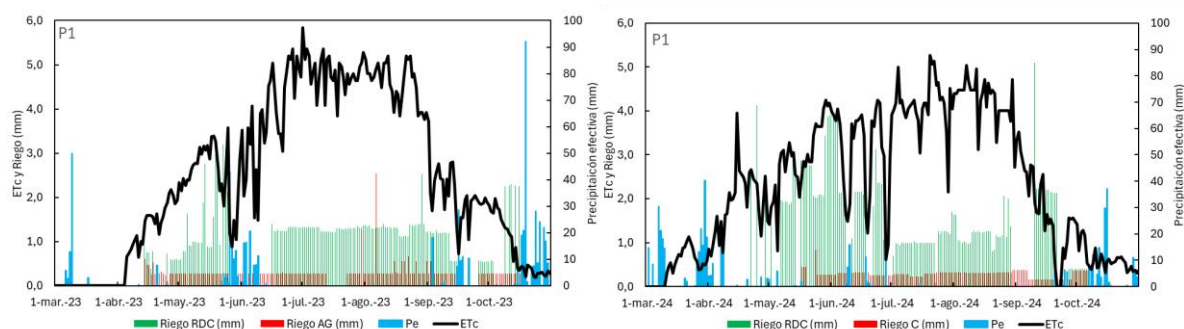


Figura 30.- Programación anual de riego de la estrategia de Riego Deficitario Controlado (RDC) y riego del agricultor (C), Evapotranspiración de cultivo (ETc) y Precipitación efectiva (Pe) en la parcela **P1- 480 m** durante los años 2023 (izquierda) y 2024 (derecha).

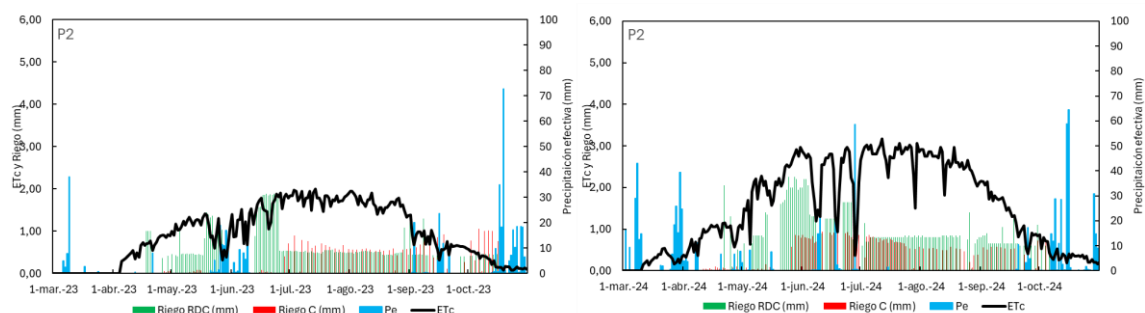


Figura 31.- Programación anual de riego de la estrategia de Riego Deficitario Controlado (RDC) y riego del agricultor (C), Evapotranspiración de cultivo (ETc) y Precipitación efectiva (Pe) en la parcela **P2- 520 m** durante los años 2023 (izquierda) y 2024 (derecha).

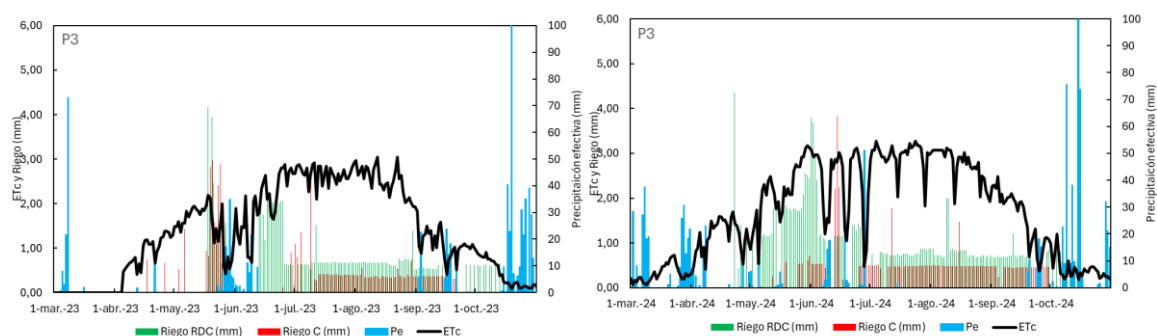


Figura 32.- Programación anual de riego de la estrategia de Riego Deficitario Controlado (RDC) y riego del agricultor (C), Evapotranspiración de cultivo (ETC) y Precipitación efectiva (Pe) en la parcela **P3- 600 m** durante los años 2023 (izquierda) y 2024 (derecha).

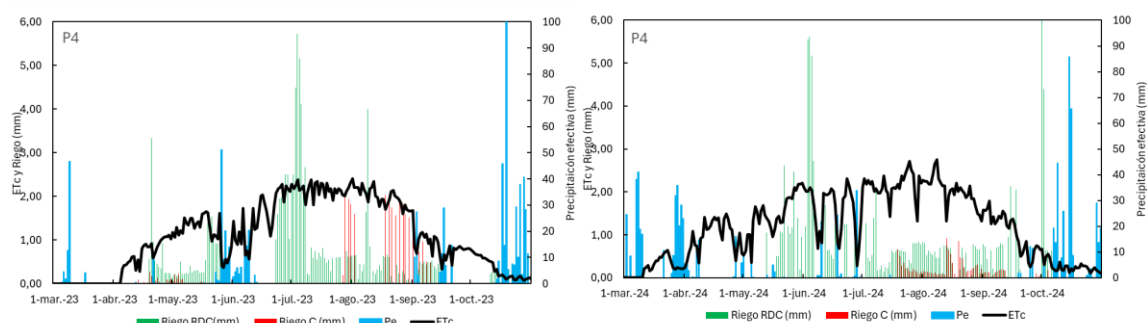


Figura 33.- Programación anual de riego de la estrategia de Riego Deficitario Controlado (RDC) y riego del agricultor (C), Evapotranspiración de cultivo (ETC) y Precipitación efectiva (Pe) en la parcela **P4- 790 m** durante los años 2023 (izquierda) y 2024 (derecha).

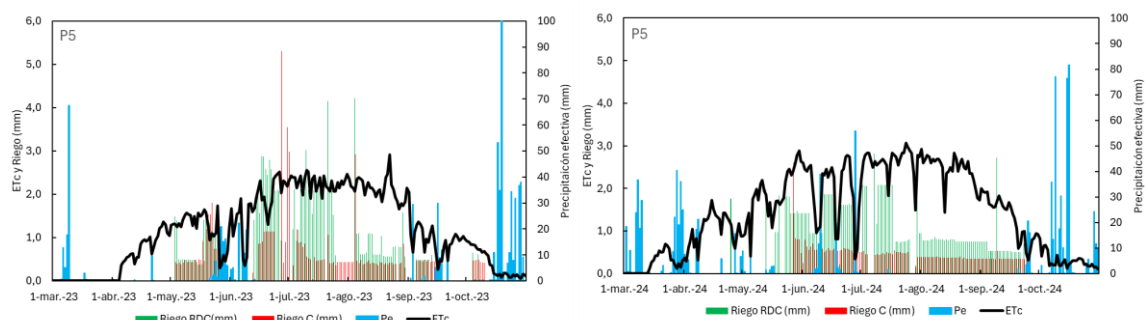


Figura 34.- Programación anual de riego de la estrategia de Riego Deficitario Controlado (RDC) y riego del agricultor (C), Evapotranspiración de cultivo (ETC) y Precipitación efectiva (Pe) en la parcela **P5- 1030 m** durante los años 2023 (izquierda) y 2024 (derecha).

En las Tabla 9 se detallan las cantidades de agua suministradas por los agricultores (C) y la estrategia de RDC, en cada una de las parcelas desde el inicio de brotación (abril a octubre). Esto sirve de referencia para conocer el uso del agua que hacen los agricultores en la zona.

Los volúmenes de agua aplicados por los agricultores (entre 13 y 64 mm) fueron considerablemente inferiores a los aplicados en el tratamiento RDC (entre

103 y 379 mm), representando entre el 8 y 52 % del agua utilizada en RDC. Esto refleja el **sub-riego generalizado que realizan los agricultores en la zona**. La cantidad de agua aplicada por los agricultores en los dos años de ensayo (2023 y 2024) para las 6 parcelas estudiadas ha sido de **47 mm**, representando el 32% de la media aplicada con el riego RDC (**166 mm**).

Tabla 9.- Agua de riego aplicado en 2023 y 2024 en las seis parcelas del Valle del Jerte a diferentes altitudes para la estrategia de Riego Deficitario Controlado (RDC) y la aplicada por los agricultores (C)

Año	Parcela	Altitud	RDC (mm)			C (mm)			Periodo riego C	
			Pre	Pos	Total	Pre	Pos	Total	Inicio	Fin
2023	P1	470	37	140	177	12	41	53	14-abr.	15-oct.
	P2	520	23	83	106	1	30	31	27-abr.	18-oct.
	P3	600	35	70	105	21	34	55	17-may.	20-sep.
	P4	790	22	78	100	2,1	27	29	27-jul.	10-sep.
	P5	1030	57	68	125	29	35	64	3-may.	10-oct.
	P6	1030	78	190	268	30	44	74	24-abr.	13-sep.
2024	P1	470	80	141	221	4,9	36	41	17-may.	18-oct.
	P2	520	44	88	132	8,5	47	56	25-may.	9-oct.
	P3	600	62	88	150	6	57	63	30-abr.	30-sep.
	P4	790	41	62	103	0	13	13	17-jul.	5-oct.
	P5	1030	55	75	130	21	33	54	27-may.	24-sep.
	P6	1030	150	229	379	16	14	30	25-may.	19-sep.
		Media			166			47		

8.6 Evolución del contenido de humedad del suelo.

En la **parcela P1** de *El Torno*, se puede observar la dinámica del agua en el suelo en la **Figura 35**. Los riegos aplicados por el agricultor (**C**), correspondientes a una hora diaria, muestran cómo el contenido de humedad disminuye progresivamente hasta principios de julio, sin llegar a mojar completamente los **30 cm** de profundidad, alcanzando solo los 20 cm (*Figura 35b*). Sin embargo, al aplicar el riego según la estrategia de Riego Deficitario Controlado (RDC), se logra mantener constante el contenido de humedad del suelo.

Gracias al registro continuo de la sonda, se detectó un problema en la instalación de riego del agricultor el 13 de julio, cuando se observó una disminución inesperada en la humedad del suelo, situación que fue notificada al agricultor.

En la sonda SC (*riego del agricultor*) durante ambos años, se observa un descenso brusco de humedad a partir de marzo de 2023 y abril de 2024,

coincidiendo con el periodo crítico del cultivo. Durante los meses de julio y agosto, la humedad cae por debajo del 20%, indicando un estrés hídrico significativo. Por otro lado, el riego RDC logra mantener niveles de humedad más estables durante los periodos críticos y en los momentos de mayor demanda evaporativa (julio y agosto), manteniendo los valores por encima del 25-30%, lo que permite reducir el riesgo de estrés hídrico en el cultivo.

La sonda situada fuera del sistema radicular (**S**) refleja únicamente la influencia de las precipitaciones, sirviendo como línea base para comparar el impacto de los distintos sistemas de riego en la zona radicular activa.

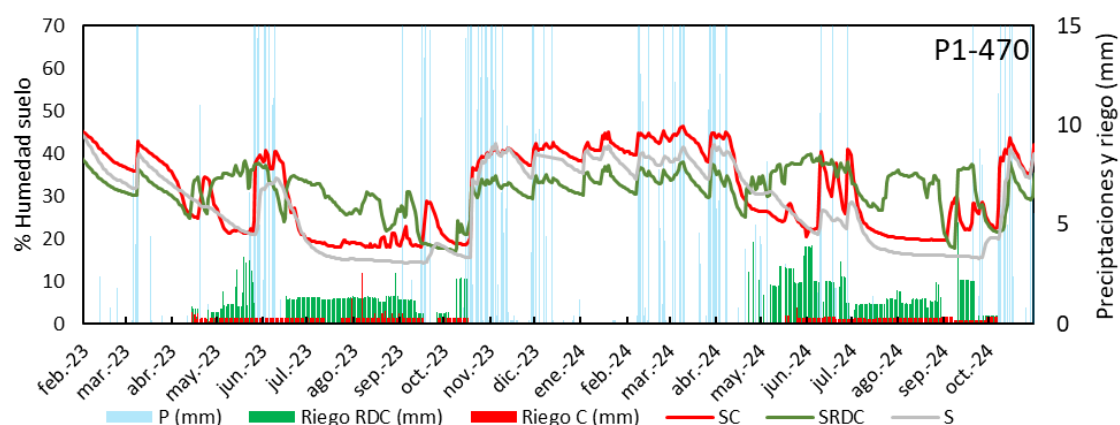


Figura 35.- Evolución del contenido volumétrico de humedad del suelo a 30 cm de profundidad (%) en la parcela **P1 (470)**, para las sondas instaladas en los árboles con riego del agricultor (SC), riego deficitario controlado (SRDC) y fuera del sistema radicular (S), junto con las precipitaciones (P, mm), el riego aplicado bajo la estrategia de riego deficitario controlado (Riego RDC, mm) y el riego convencional aplicado por el agricultor (Riego C, mm), entre febrero de 2023 y noviembre de 2024.

En la parcela P2 durante 2023, el agricultor no regó en la fase precosecha, lo que generó una disminución progresiva del contenido de humedad del suelo. Esta tendencia se acentuó a partir de abril, con un descenso continuo que llevó los niveles de humedad por debajo del 25% en junio y julio, coincidiendo con el periodo crítico de alta demanda evaporativa. Durante los meses más secos (julio y agosto), la humedad cayó por debajo del 20% (Figura 36a).

El riego RDC mantuvo niveles de humedad de suelo por encima de los niveles del agricultor (C), en 2024 se optimizó aún más el manejo del agua, asegurando una mejor recarga del perfil del suelo antes de los periodos de máxima demanda hídrica. Cuando se comenzó a aplicar la reducción del agua al 25% de la ETc se vio reflejado con un descenso rápido de los niveles de humedad.

Después de las lluvias de mediados de septiembre, se observa que se vuelve a igualar el contenido de agua en el suelo, seguida de un descenso rápido, más pronunciado en la estrategia que en el control. Esto podría atribuirse a la absorción de agua por las raíces, que, al no disponer de agua durante el verano, han desarrollado raíces más profundas y carecen de ellas en los primeros 40 cm del perfil del suelo.

En la Figura 36b, que presenta la dinámica del agua del riego realizado por el agricultor, se destaca que el sensor superficial (10 cm) es el único que recibe agua durante los meses de julio, agosto y parte de septiembre. Los sensores a 20, 30 y 40 cm apenas presentan muy bajo contenido de agua, indicando que la pequeña cantidad de agua aplicada se retiene en los primeros centímetros y se pierde por evaporación, dejando el suelo prácticamente seco.

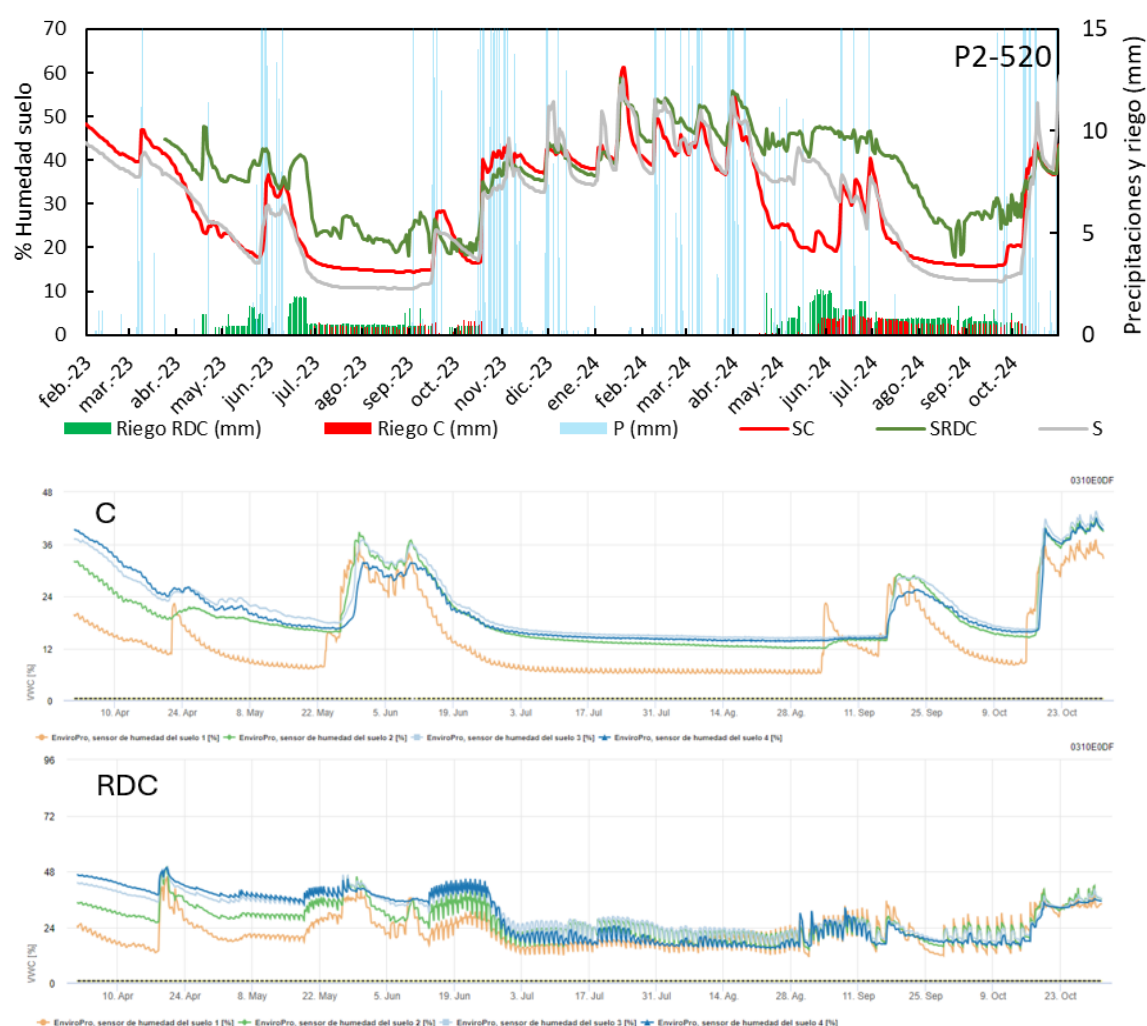


Figura 36a.- Evolución del contenido volumétrico de humedad del suelo a 30 cm de profundidad (%) en la parcela **P2 (520)** para las sondas instaladas en los árboles con riego del agricultor (SC), riego deficitario

controlado (SRDC) y fuera del sistema radicular (S), junto con las precipitaciones (P, mm), el riego aplicado bajo la estrategia de riego deficitario controlado (Riego RDC, mm) y el riego convencional aplicado por el agricultor (Riego C, mm), entre febrero de 2023 y noviembre de 2024. B) Evolución horaria del contenido de agua en el perfil del suelo obtenido de la plataforma Fieldclimate en la parcela P2-520 para las profundidades de 10, 20, 30 y 40 cm para el riego aplicado por el agricultor (C) y la estrategia (RDC).

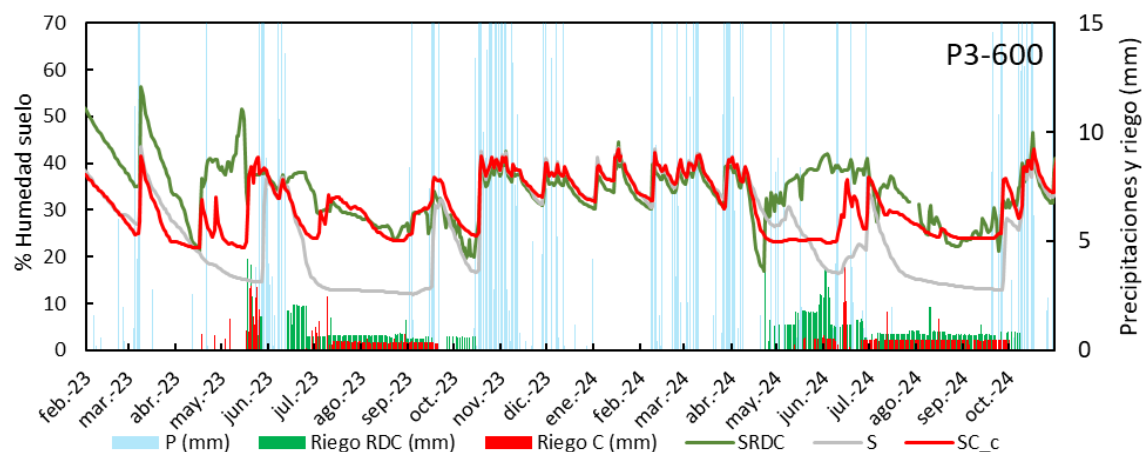


Figura 37.- Evolución del contenido volumétrico de humedad del suelo a 30 cm de profundidad (%) en la parcela **P3 (600)** para las sondas instaladas en los árboles con riego del agricultor (SC), riego deficitario controlado (SRDC) y fuera del sistema radicular (S), junto con las precipitaciones (P, mm), el riego aplicado bajo la estrategia de riego deficitario controlado (Riego RDC, mm) y el riego convencional aplicado por el agricultor (Riego C, mm), entre febrero de 2023 y noviembre de 2024.

En la figura 38 se registra los datos del contenido de agua en el suelo registrados por la sonda de humedad en la **parcela P4**. Los riegos de la estrategia comenzaron el 18 de abril con aplicación del 100 % de la ETc, se observa un aumento en el contenido de agua en el suelo, después de las lluvias de julio se evidencia un rápido descenso ya que no se regó, para aumentar con el riego. A partir del 6 de julio se inicia la reducción del riego al 25 % de la ETc, se observa un ligero descenso del contenido de humedad del suelo en la estrategia, pero se mantiene elevado.

El agricultor comenzó a regar el día 28 de julio, fecha en la que le instalamos un programador, ya que no disponía, y se configuró la programación según sus preferencias, estableciendo un régimen de una hora cada dos días. A pesar de que el agricultor no había iniciado el riego, se detectó un aumento de la humedad del suelo a partir del 22 de julio, se le comunicó al agricultor ya que este incremento permitió detectar una rotura de la tubería ubicada junto al sensor, generando un aporte no planificado de agua al suelo.

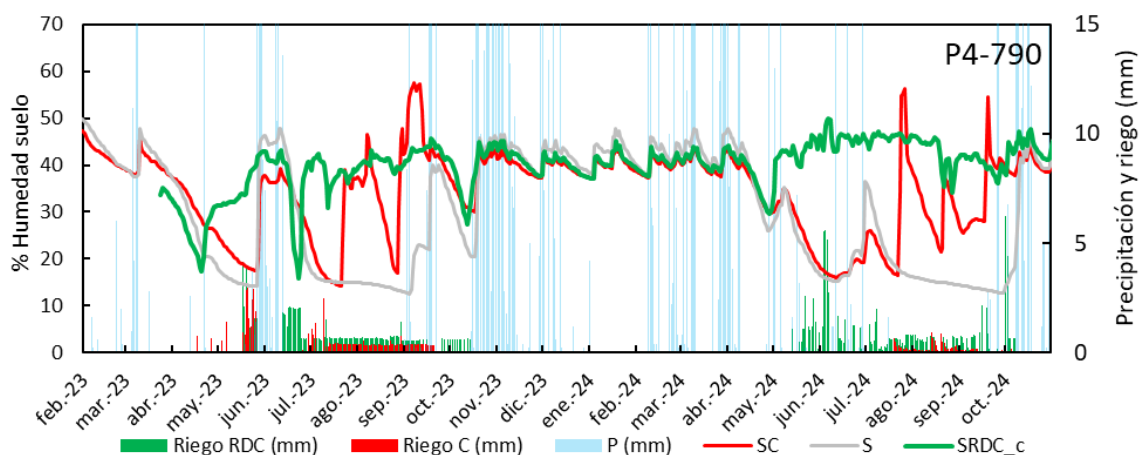


Figura 38.- Evolución del contenido volumétrico de humedad del suelo a 30 cm de profundidad (%) en la parcela **P4 (790)** para las sondas instaladas en los árboles con riego del agricultor (SC), riego deficitario controlado (SRDC) y fuera del sistema radicular (S), junto con las precipitaciones (P, mm), el riego aplicado bajo la estrategia de riego deficitario controlado (Riego RDC, mm) y el riego convencional aplicado por el agricultor (Riego C, mm), entre febrero de 2023 y noviembre de 2024.

En la **parcela P5**, fue necesario corregir los datos del sensor de humedad del suelo del tratamiento control. En 2023, el riego comenzó el 3 de mayo, cuando la comunidad de regantes inició la campaña de riego, se observó que las reservas de humedad a 30 cm ya se habían agotado. Esta situación fue corregida en la siguiente campaña siguiente, así durante el periodo de precosecha de 2024, el RDC comenzó el 25 de abril, lo que permitió aprovechar mejor las lluvias posteriores y mantener un perfil de suelo con mayor cantidad de agua. Sin embargo, el agricultor inició el riego un mes después, el 27 de mayo, lo que se reflejó en las sondas de humedad con una disminución más marcada de las reservas de agua en el suelo.

Este retraso en el **inicio del riego** sugiere que se debería **comenzar antes para mantener el perfil del suelo lleno y aprovechar mejor las lluvias primaverales**, como se evidencia en la Figura 39. Durante este periodo se observa una gran demanda de agua por parte de los árboles, provocando una disminución significativa de las reservas de agua en las zonas control (**C**) en comparación con la sonda situada fuera de la zona radicular (**S**), que no está influenciada por la absorción de agua por las raíces.

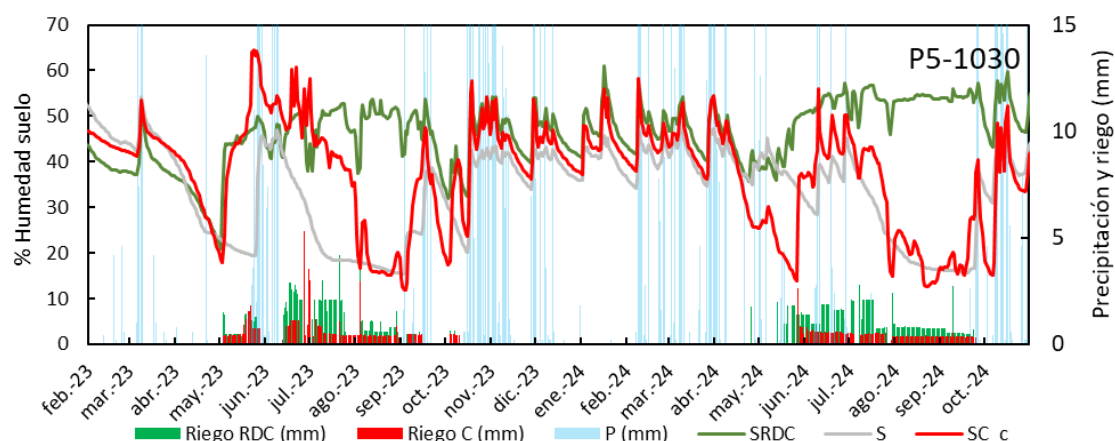


Figura 39.- Evolución del contenido volumétrico de humedad del suelo a 30 cm de profundidad (%) en la parcela **P5 (1030)** para las sondas instaladas en los árboles con riego del agricultor (SC), riego deficitario controlado (SRDC) y fuera del sistema radicular (S), junto con las precipitaciones (P, mm), el riego aplicado bajo la estrategia de riego deficitario controlado (Riego RDC, mm) y el riego convencional aplicado por el agricultor (Riego C, mm), entre febrero de 2023 y noviembre de 2024.

En la Figura 42 se presenta la dinámica del agua en el suelo en la **parcela P6** de Tornavacas. Los datos proporcionados por las sondas de humedad permitieron detectar una incidencia en la red de riego del agricultor, la cual fue confirmada mediante la lectura del contador, revelando que no se había suministrado agua desde el día 2 de julio de 2023. Esta situación fue comunicada al agricultor. El 29 de agosto, se llevó a cabo un riego adicional en la estrategia con el propósito de verificar la correcta funcionalidad de la sonda de humedad, ya que la programación de riego era diaria, aplicando 40 minutos. Los sensores presentaron un contenido mínimo de agua, indicando que la escasa cantidad de agua aplicada se retenía en los primeros centímetros y se perdía por evaporación, dejando el suelo prácticamente seco. En respuesta a esta observación, se tomó la decisión de reducir los intervalos de riego a tres días a la semana, manteniendo la misma cantidad de agua aplicada

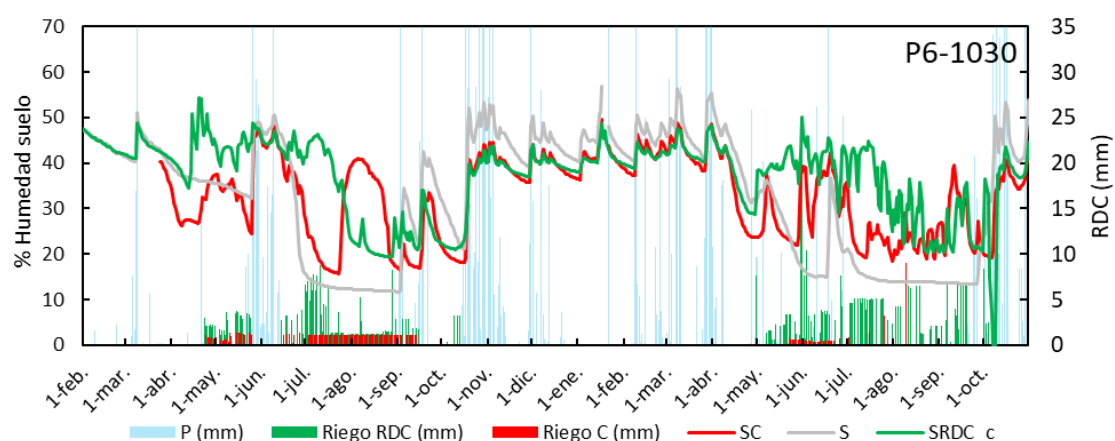


Figura 40.- Evolución del contenido volumétrico de humedad del suelo a 30 cm de profundidad (%) en la parcela **P6 (1030)** para las sondas instaladas en los árboles con riego del agricultor (SC), riego deficitario controlado (SRDC) y fuera del sistema radicular (S), junto con las precipitaciones (P, mm), el riego aplicado bajo la estrategia de riego deficitario controlado (Riego RDC, mm) y el riego convencional aplicado por el agricultor (Riego C, mm), entre febrero de 2023 y noviembre de 2024.

La programación eficiente del riego debe considerar los umbrales críticos de humedad del suelo para optimizar el uso del agua y evitar situaciones de estrés hídrico en el cultivo. Basándonos en las gráficas presentadas anteriormente y las oscilaciones observadas en el contenido volumétrico de humedad del suelo a 30 cm de profundidad en las 6 parcelas del Valle del Jerte, hemos establecido los siguientes umbrales generales para la programación de riego basados en los patrones observados:

- **Capacidad de campo (CC):**

- En todas las parcelas, los picos máximos tras lluvias intensas o riegos abundantes se sitúan entre **45% y 55%** de contenido de humedad del suelo.
- Considerando la variabilidad, se establece un valor promedio de **CC ≈ 50%** para el valle.

- **Punto de marchitez permanente (PMP):**

- Durante el periodo de verano, los valores mínimos de humedad en algunas parcelas descienden hasta el **12-15%**, indicando el punto donde las plantas no logran extraer agua.
- Se establece el **PMP ≈ 13%** como referencia general.

- **Agua fácilmente disponible (AFD):**

- Se calcula como el 50% del agua disponible entre CC y PMP:
 - **$AFD = 50\% \times (CC - PMP) = 50\% \times (50\% - 13\%) \approx 18.5\%$**
- Por tanto, el umbral crítico para iniciar riegos se sitúa en torno al **31-33%** de humedad.

8.6.1 Consideraciones.

1. **Inicio de riego:** Programar el riego antes que la humedad del suelo descienda al 32-35 % asegurando la disponibilidad de humedad en la zona

radicular. Esta estrategia garantiza que los cerezos dispongan de agua suficiente sin llegar a niveles críticos de estrés.

2. **Realizar riego en precosecha**, alineando con los umbrales definidos por el RDC.
3. **Evitar que la humedad descienda por debajo del 25%.**
4. La utilización de sensores de humedad de suelo ha permitido una **monitorización continua y fiable del estado de humedad del suelo**. Estos sensores **facilitaron la toma de decisiones** en función de las condiciones reales del suelo y el clima.
5. Los umbrales establecidos permitieron una gestión eficiente del agua, minimizando el riesgo de estrés hídrico o pérdidas por drenaje y el uso de sensores de humedad de suelo ha sido clave para ajustar la programación en tiempo real y optimizar el riego según las condiciones específicas de cada campaña y para cada zona.
6. En las **parcelas situadas a menor altitud**, se deben **iniciar riegos un poco antes** para compensar la mayor evaporación.

8.7 Evolución del crecimiento vegetativo

El crecimiento vegetativo se evaluó a través del área de sección transversal de tronco y crecimiento de ramas y desarrollo de la cubierta vegetal.

8.7.1 Vigor

El incremento acumulado del Área de Sección Transversal del Tronco (ASTT) presentó el mismo patrón en todas las parcelas, aumentando desde finales de abril hasta finales de septiembre en correspondencia con la temporada de crecimiento activo. Se observó un aumento más rápido hasta mediados de julio en las parcelas de menor altitud (P1 y P2) seguido de un crecimiento más moderado. En cambio, las parcelas de mayor altitud (P4, P5 y P6) el crecimiento fue constante hasta finales de agosto (Figura 41).

En la Figura 41 se muestra la evolución del crecimiento del ASTT para las diferentes dosis de riego aplicadas en cada una de las parcelas. En las parcelas P2, P4 y P5 los árboles con RDC tuvieron un mayor crecimiento relativo respecto a los árboles control. En las parcelas P2 y P4, se observaron diferencias significativas en correspondencia con la cantidad de agua aplicada.

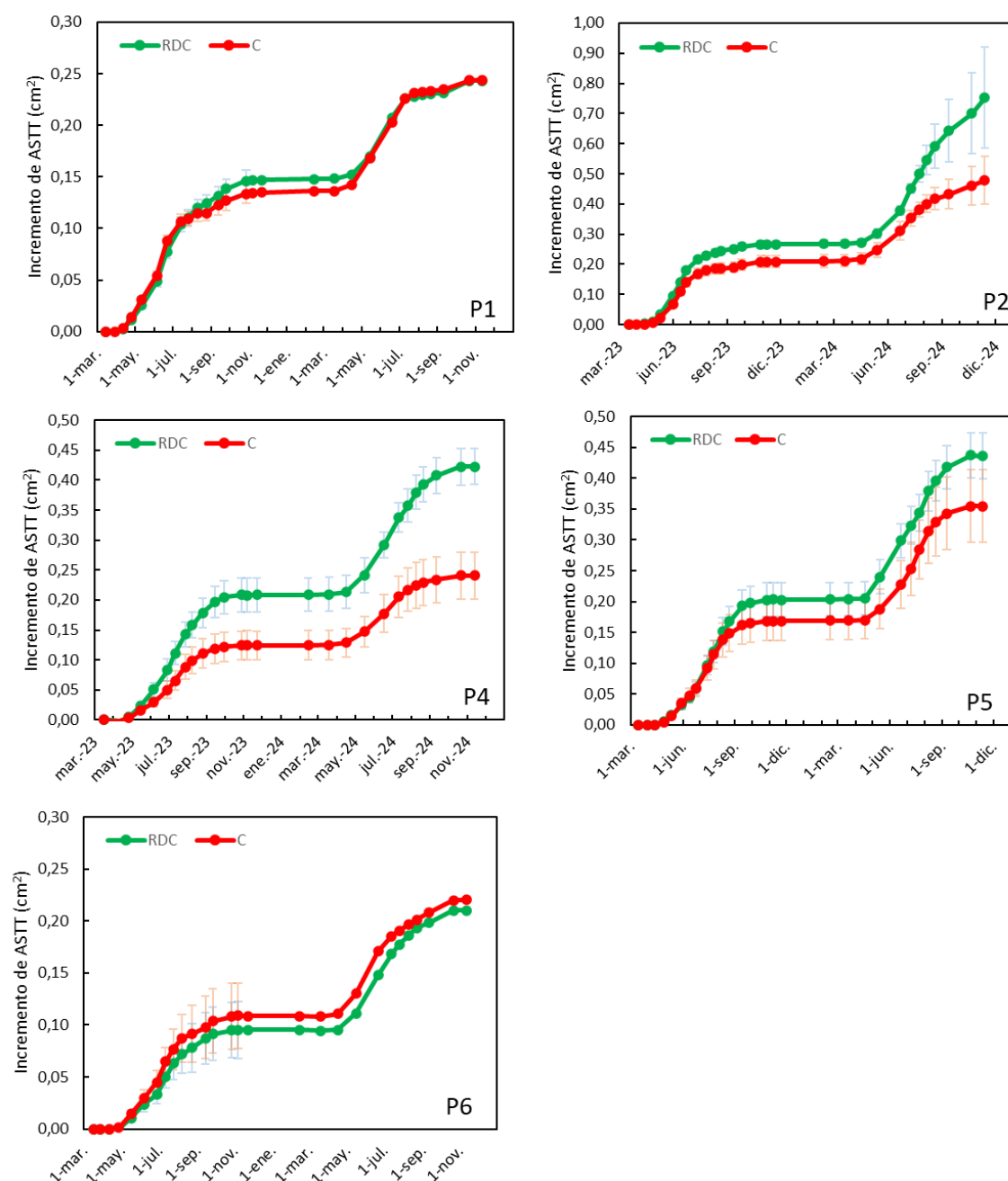


Figura 41.- Crecimiento relativo del Área de Sección Transversal del Tronco (ASTT), para las diferentes dosis de riego, durante 2023 y 2024. Los puntos corresponden a la medida de 10 árboles. Las barras verticales representan el error estándar de las medias.

Se observa una relación inversa entre el crecimiento relativo del tronco y el tamaño de los árboles: los árboles de mayor tamaño con mayor área de suelo sombreado son los que tienen menor crecimiento relativo de tronco (P6), mientras que las parcelas P2 y P4 son las que tienen menor desarrollo de copa (Figura 42).

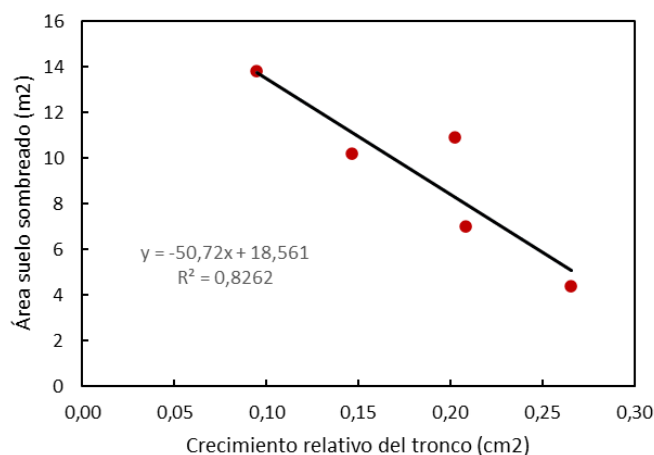


Figura 42.- Relación entre el incremento anual de ASTT (ASTT) y el área de suelo sombreado. Cada punto es la media de 10 medidas

8.7.2 Crecimiento de brotes.

Los datos correspondientes al crecimiento de brotes durante 2024 se muestran en la Figura 43. El crecimiento activo de los brotes comienza después de plena floración la cual se produjo entre 22 de marzo (P3) y 5 de abril (P5). En todas las parcelas la tasa de crecimiento más activo fue durante el mes de abril hasta finales de mayo donde finaliza en las parcelas situadas en zonas tempranas y prolongándose hasta finales de junio en las parcelas situadas en zonas tardías.

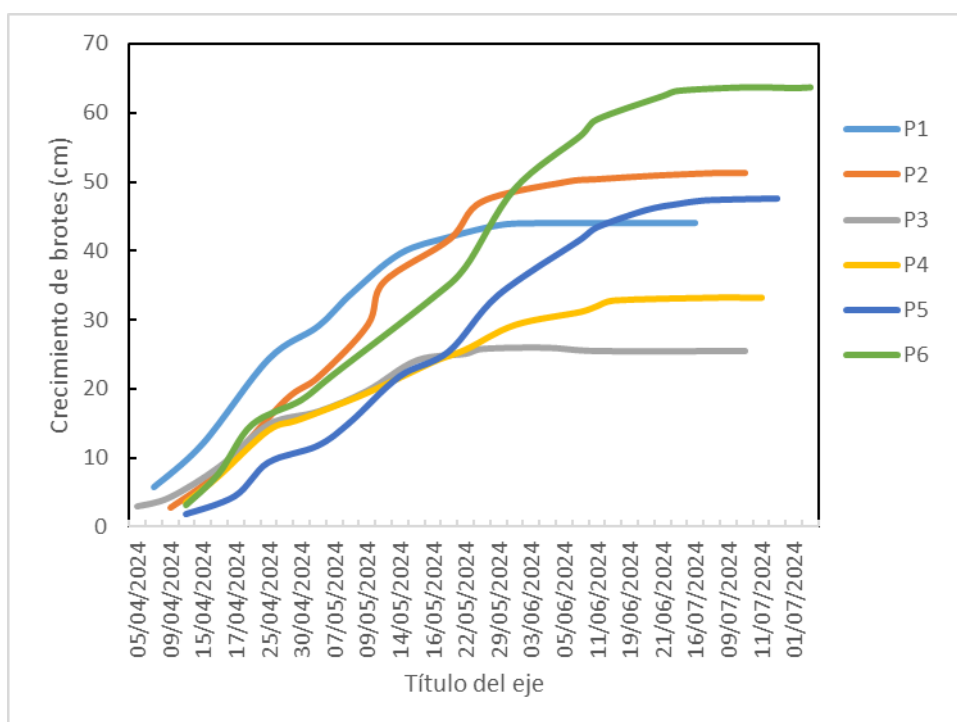


Figura 43.- Evolución del crecimiento en longitud de los brotes de cerezo ‘Lapins’ en diferentes parcelas. Los puntos representan la media de 6 árboles.

La Figura 44 muestra el crecimiento final de los brotes para las dos estrategias de riego en las parcelas de estudio durante 2024. El crecimiento de brotes fue mayor en los árboles con riego según la estrategia de RDC en comparación con los árboles control excepto en P3 donde el escaso vigor de los árboles impidió detectar diferencias entre ambas estrategias.

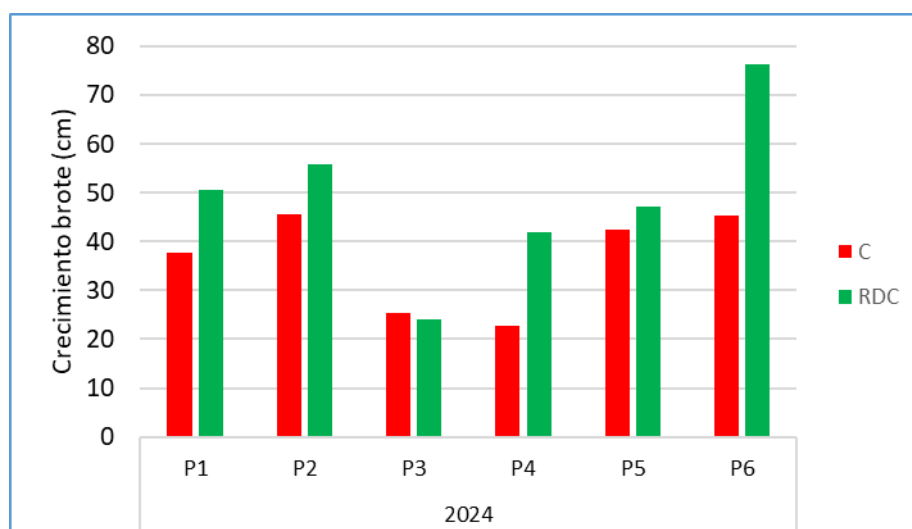


Figura 44.- Longitud de brotes (cm) de cerezo ‘Lapins’ en las seis parcelas del Valle del Jerte.

8.7.3 Desarrollo de la cubierta: Fotografía.

En el seguimiento fotográfico semanal realizado sobre los árboles en las seis parcelas del Valle del Jerte (Figura 45), se observa la evolución del desarrollo de la cubierta desde antes de floración (13 de mayo) hasta la caída de hojas (noviembre)

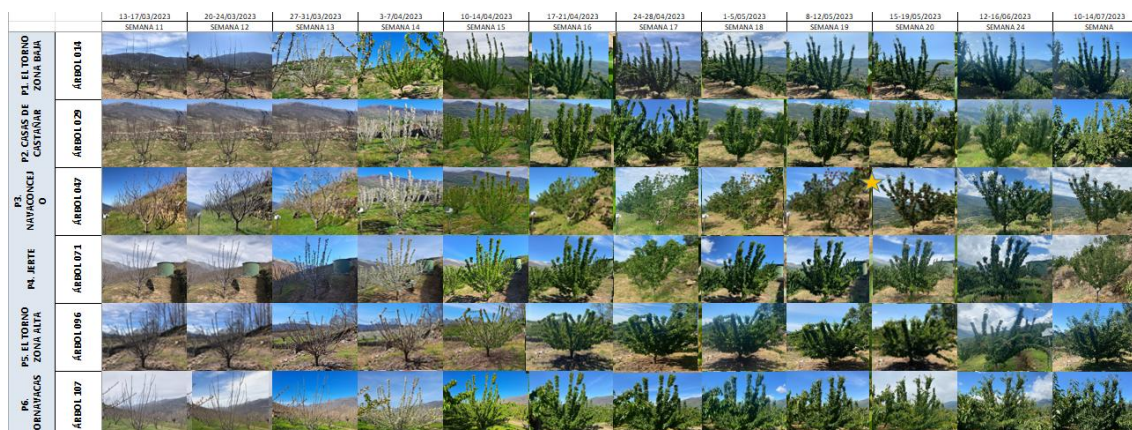




Figura 45.- Fotografías de los árboles durante la campaña en 2023 en la parcela seis parcelas.

8.7.4 Poda

El peso de poda expresado en kg de materia seca por árbol para las seis parcelas se presenta en la Figura 51. La estrategia de RDC parece tener un impacto variable en el peso de la poda en comparación con el control, pero no hay una tendencia evidente relacionada con la altitud.

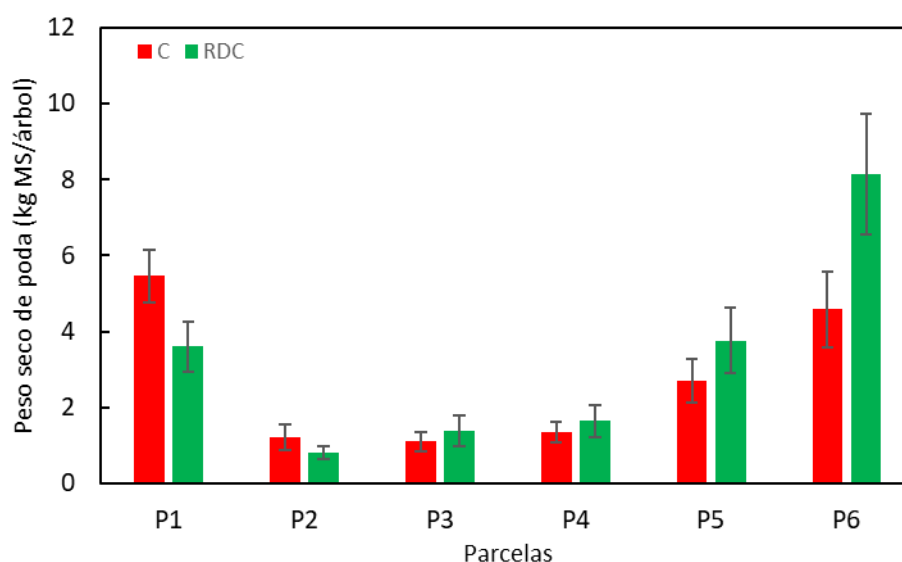


Figura 46.- Peso seco de poda (kg/MS árbol) en las parcelas del Valle del Jerte. Los datos son promedio de 10 árboles. Las barras verticales indican el error estándar de las medias.

El área de sección transversal de tronco, la longitud de brotes y el peso de la madera de poda demuestran el efecto del déficit hídrico sobre el vigor y desarrollo

vegetativo de los árboles, estableciendo diferencias entre los árboles regados con las dotaciones de las comunidades de regantes o criterios de los agricultores y los árboles regados con la estrategia de RDC.

8.8 Seguimiento del estado hídrico

8.8.1 Potencial Hídrico del Tallo.

El estado hídrico de los cerezos, medidos a través del potencial hídrico del tallo, se muestra en las Figuras 47 y 48, fue significativamente mejor en los árboles con la estrategia de RDC en comparación con el riego aplicado por los agricultores en todas las parcelas. A mayor altitud, los valores de potencial hídrico del tallo se mantuvieron dentro de los rangos recomendados para cerezo, por encima de -1,6 MPa. Sin embargo, en parcelas a menor altitud, se observaron diferencias más marcadas en los tratamientos, con un mayor estrés hídrico en los árboles regados por los agricultores de forma convencional (C).

El patrón de comportamiento hídrico del árbol a lo largo de la campaña fue similar en las parcelas P1 y P2, que están a menor altitud con estrés severo en los árboles control y se intentó mantener los árboles con estrés moderado en los árboles de la estrategia (RDC). Puntualmente, en las medidas realizadas la tercera semana de agosto se obtuvo un potencial hídrico del tallo inferior a -1,6 MPa, en respuesta a la reducción de la cantidad de agua aplicada que también se reflejó también en el contenido de humedad del suelo. El potencial hídrico del tallo nos permitió ajustar la dosis de riego para reducir el estrés de los árboles.

Las parcelas P4 y P5 tuvieron un comportamiento similar prácticamente sin estrés tanto en los árboles control como en la estrategia, aunque si tuvieron diferencias significativas en ciertos momentos entre tratamientos. Al igual que las parcelas P3 y P6 que los árboles control mantuvieron un estrés moderado y puntualmente en la tercera semana de agosto presentaron un estrés severo, que se recuperó posteriormente.

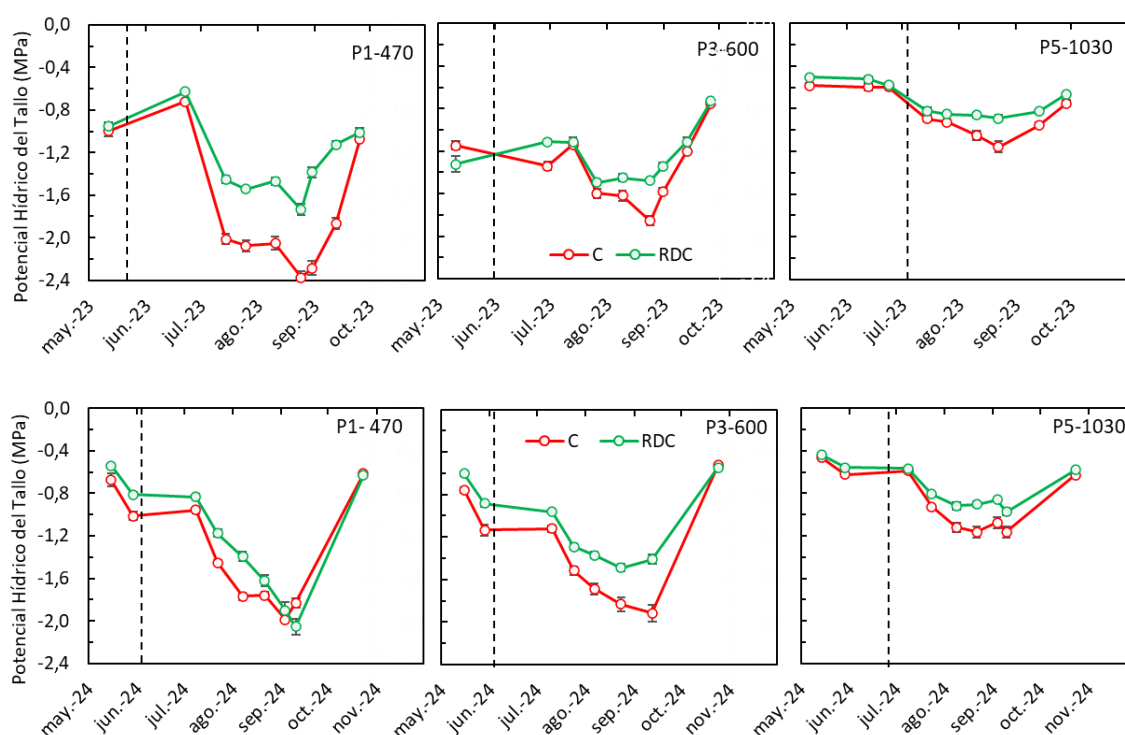


Figura 47.- Evolución estacional del Potencial Hídrico del Tallo (MPa) para el riego realizado por los agricultores (C) y la estrategia de riego deficitario controlado (RDC) para las parcelas situadas en solana (P1, P3 y P5) para 2023 y 2024. Los símbolos representan la media de 10 árboles. Líneas verticales discontinuas señalan la cosecha.

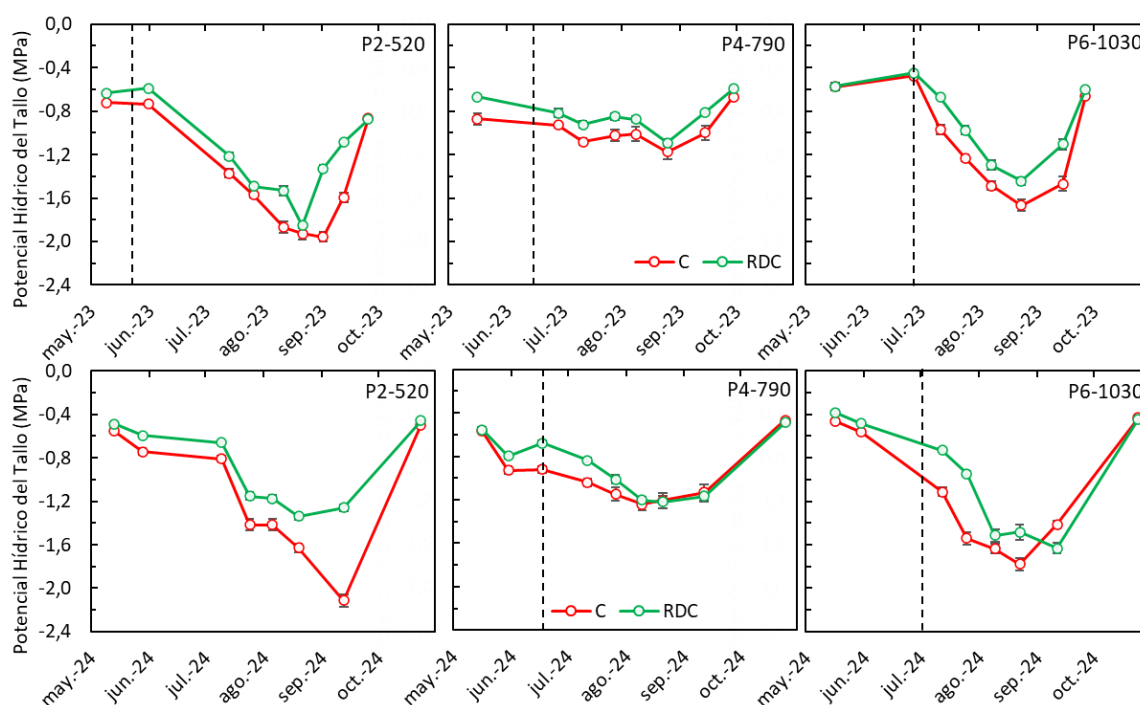


Figura 48.- Evolución estacional del Potencial Hídrico del Tallo (MPa) para el riego realizado por los agricultores (C) y la estrategia de riego deficitario controlado (RDC) para las parcelas situadas en umbría (P2, P4 y P6) para 2023 y 2024. Los símbolos representan la media de 10 árboles. Líneas verticales discontinuas señalan la cosecha.

La figura 49 representa la relación entre el contenido de agua en el suelo medido entre las profundidades 20 y 40 cm en las parcelas P1 y P2 y el potencial hídrico del tallo. Puede observarse que además de confirmar la relación lineal del contenido de agua en el suelo y el estado hídrico del árbol muestran diferente ajuste según la parcela.

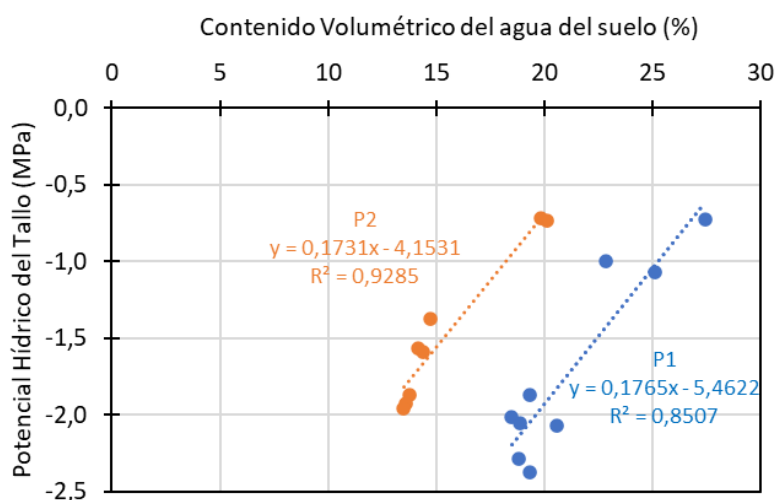


Figura 49.- Relación entre el contenido volumétrico del agua del suelo (%) para las profundidades de 10 a 40 cm y el potencial hídrico del tallo a mediodía (MPa) en las parcelas P1 (El Torno) y P2 (Casas del Castañar).

8.8.2 Conductancia estomática

En todas las parcelas y tratamientos, se observa una disminución progresiva de la conductancia estomática (gs) desde principios de junio hasta finales de agosto, coincidiendo con el menor contenido de agua en el suelo y mayor evapotranspiración del cultivo. A partir de septiembre, la conductancia muestra una recuperación parcial, asociado a las lluvias otoñales y la disminución de la temperatura.

En general, los árboles con riego RDC mantuvieron valores más altos de conductancia estomática en comparación con el riego aplicado por los agricultores (C). En la figura 50 se observa que C muestra una disminución más acentuada en los meses de julio y agosto, con valores mínimos por debajo de 200 mmol/(m²·s) en las parcelas a menor altitud (P1 y P2), indicando altos niveles de estrés hídrico. La recuperación en septiembre es parcial, mostrando aún valores relativamente bajos en comparación con el inicio del ciclo.

La estrategia de RDC aunque también presenta una disminución estacional, lo valores mínimos de gs son significativamente más altos que C, indicando una mejor capacidad de regulación hídrica. Esta estrategia logró mantener la apertura estomática en niveles funcionales, evitando el cierre estomático severo observado en C.

Las parcelas situadas a mayor altitud (P4, P5 y P6) mostraron valores iniciales más altos de conductancia estomática ($> 800 \text{ mmol/m}^2/\text{s}$) al inicio de ciclo en 2023. A pesar de la disminución durante el verano, estas parcelas mantuvieron valores más elevados que las de menor altitud en todos los tratamientos.

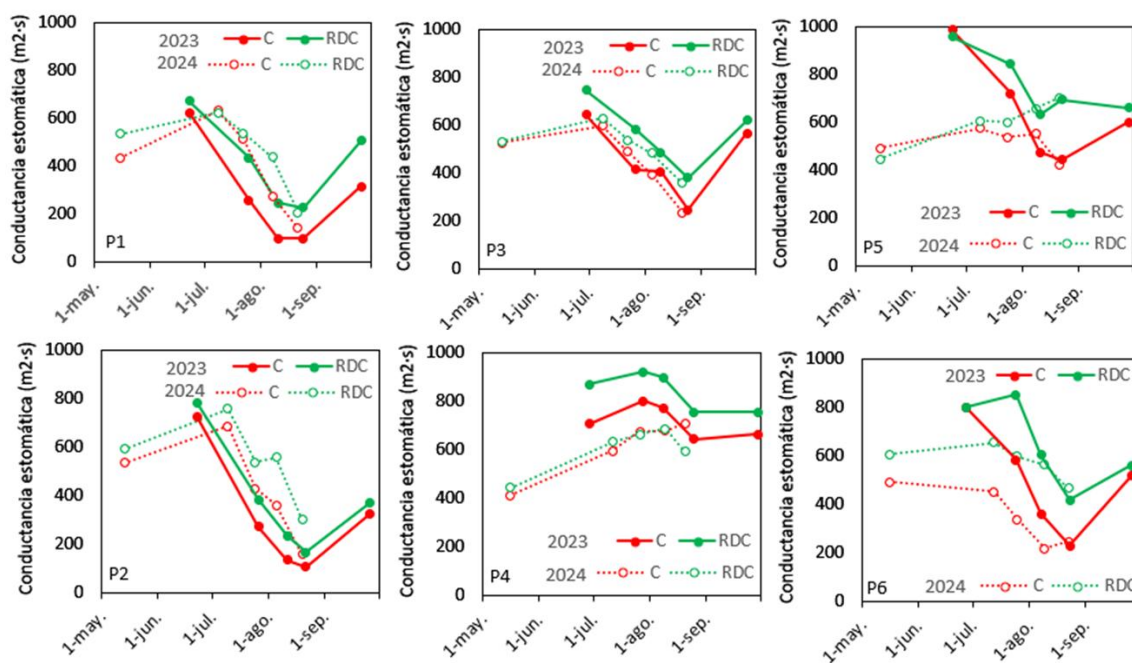


Figura 50.-Evolución de conductancia estomática de los riegos C y RDC para cada una de las parcelas en 2023 y 2024. Cada punto es la media de 10 árboles.

8.9 Seguimiento de crecimiento del fruto.

La Figura 51 se muestra la evolución del diámetro del fruto de las cerezas a lo largo del tiempo en las temporadas 2023 y 2024. En todas las parcelas siguen el mismo patrón de crecimiento de doble curva sigmoidea, con una fase inicial de crecimiento rápido que corresponde a la primera fase de expansión celular, seguido de una fase donde la tasa de crecimiento disminuye asociada con el endurecimiento del hueso del fruto para finalizar en una fase de crecimiento rápido y alcanzando su tamaño final. Sin embargo, la altitud influye en la dinámica de



CENTRO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DE EXTREMADURA



crecimiento del fruto, así la fase de endurecimiento del hueso tiene mayor duración en las parcelas situadas a mayor altitud.

En las parcelas ubicadas a mayor altitud (P5 y P6, 1030 msnm) se retrasó la maduración y los frutos tuvieron mayor calibre final, con diámetros superiores a los 30 mm, en comparación con las parcelas situadas a menor altitud (P1, P2 y P3), cuyos diámetros que no superaron los 28 mm.

La estrategia de RDC mejoró el tamaño final del fruto respecto a la práctica habitual de los agricultores (C) en todas las parcelas, excepto en las que estaban en la zona media del Valle (P3 y P4), con mayores diferencias el segundo año, pudiendo estar influenciadas por el riego postcosecha del año anterior.



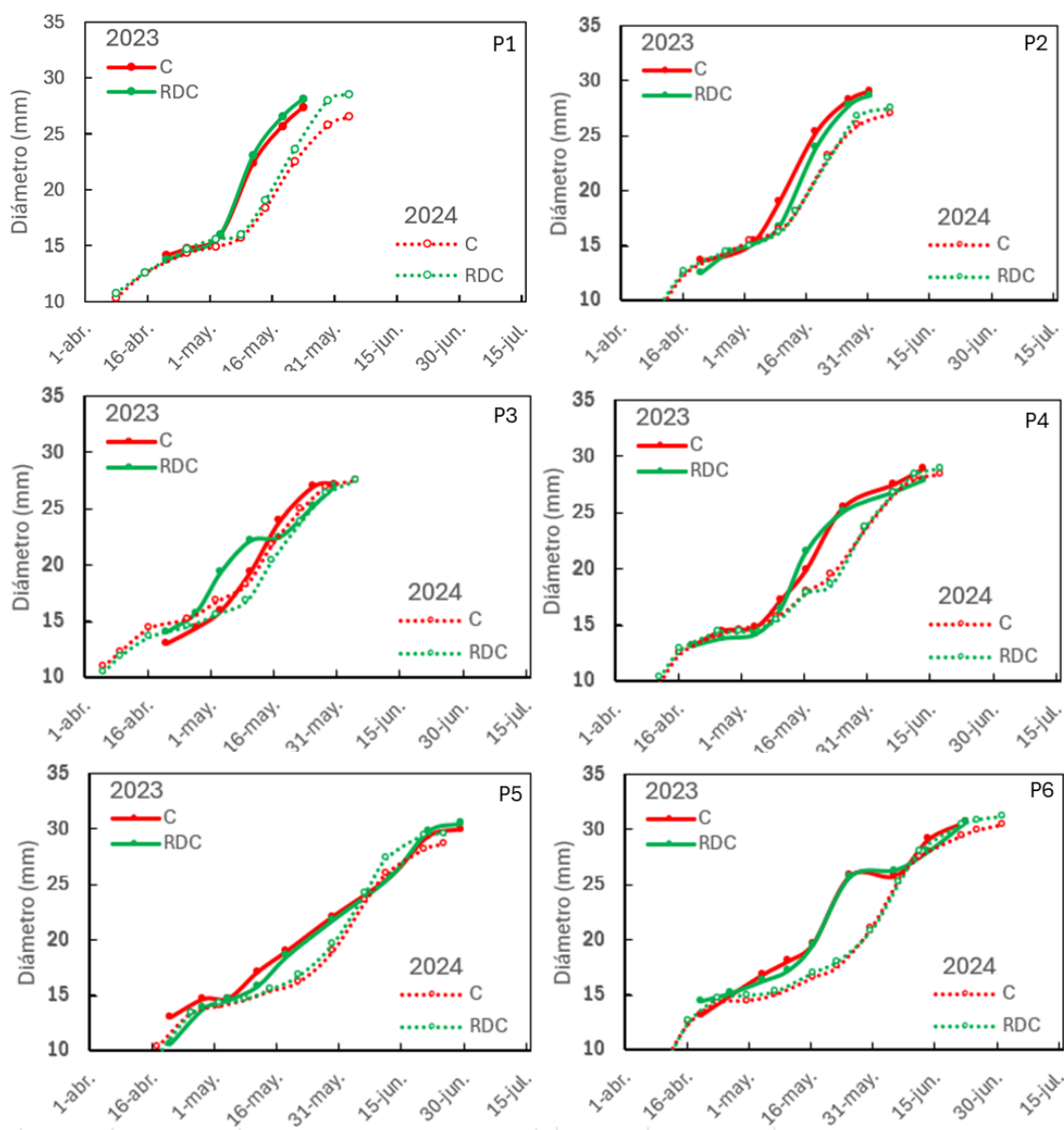


Figura 51.- Evolución del crecimiento de los frutos durante 2023 y 2024 medido el diámetro ecuatorial contrasutural de 10 cerezas por árbol en las parcelas P1, P2, P3, P4, P5 y P6.

8.10 Recolección y calidad fruto.

En la tabla 10, se observa una considerable variabilidad en la producción media por árbol entre las diferentes parcelas, con producción media por árbol que oscilan desde 7,32 kg/árbol en la P2 hasta los 25,77 kg/árbol de media en la parcela P5 en 2023. Las parcelas situadas a menor altitud (P1, P2 y P3) tuvieron mayor producción media por árbol en 2024, al contrario que ocurrió en las parcelas situadas a mayor altitud, al igual que ocurrió en la eficiencia productiva, teniendo en cuenta la producción por ASTT.

El rendimiento medio de cerezas calculado a partir de los datos de las seis parcelas evaluadas esta entre 6.264 y 7.021 kg/ha, para 2023 y 2024 respectivamente. Este valor proporciona una referencia general del rendimiento medio obtenido en el conjunto de parcelas. Además, se destaca que el rendimiento en kg por hectárea también varía considerablemente entre las parcelas, con valores que van desde 3.498 kg/ha en la parcela 2 en 2023 hasta 11.916 kg/ha en la parcela 1 en 2024 (Tabla 10).

La producción media de cerezas y el rendimiento por hectárea ofrecen una visión general de las parcelas del Valle del Jerte, con gran variabilidad en los datos. Estos resultados son útiles como base para ajustar prácticas agrícolas y estrategias de manejo del riego y fertilizantes con el objetivo de optimizar la producción de cerezas en el conjunto de las parcelas evaluadas.

Tabla 10.- Fecha de recolección, producción (kg) por árbol, rendimiento (kg/ha) y eficiencia productiva (kg de fruta/ cm² de ASTT) por parcela.

Parcela	Fecha de recolección	Producción árbol (kg/árbol)	Rendimiento (kg/ha)	Kg/cm ² de ASTT
P1	23/05/2023	15,26	7.494	0,09
P2	31/05/2023	7,32	3.498	0,14
P3	31/05/2023	15,24	5.547	0,23
P4	15/06/2023	12,80	4.262	0,19
P5	04/07/2023	25,77	7.628	0,30
P6	27/06/2023	19,99	9.153	0,09
	Media 2023	16,06	6.264	
P1	03/06/2024	24,27	11.916	0,11
P2	05/06/2024	11,49	5.494	0,18
P3	04/06/2024	17,95	6.535	0,27
P4	17/06/2024	9,57	3.187	0,04
P5	25/06/2024	23,21	6.871	0,23
P6	01/07/2024	17,74	8.124	0,08
	Media 2024	17,37	7.021	

En la producción de 2024 se observó variación en la producción. En una primera cosecha después de establecer las diferentes dosis de riego en 2024, no se observaron diferencias claras del efecto del riego en la producción por árbol. En algunas parcelas, los árboles con mayor estrés hídrico durante la campaña anterior (C) mostraron una mayor eficiencia productiva en términos de kg/ cm² de ASTT (Figura 52). Esto sugiere que los árboles bajo menor disponibilidad de agua podrían

haber priorizado la producción sobre el crecimiento vegetativo. Los efectos del RDC no son inmediatos, sino que se requieren varios años de implementación para lograr un equilibrio entre el rendimiento productivo y la eficiencia en el uso del agua. Para obtener conclusiones más robustas, es necesario continuar con el ensayo durante varias campañas y analizar indicadores fisiológicos adicionales como acumulación de reservas en raíces y ramas, número de yemas fructíferas y tasa de cuajado para determinar si el RDC mejora la producción respecto a la práctica habitual a largo plazo.

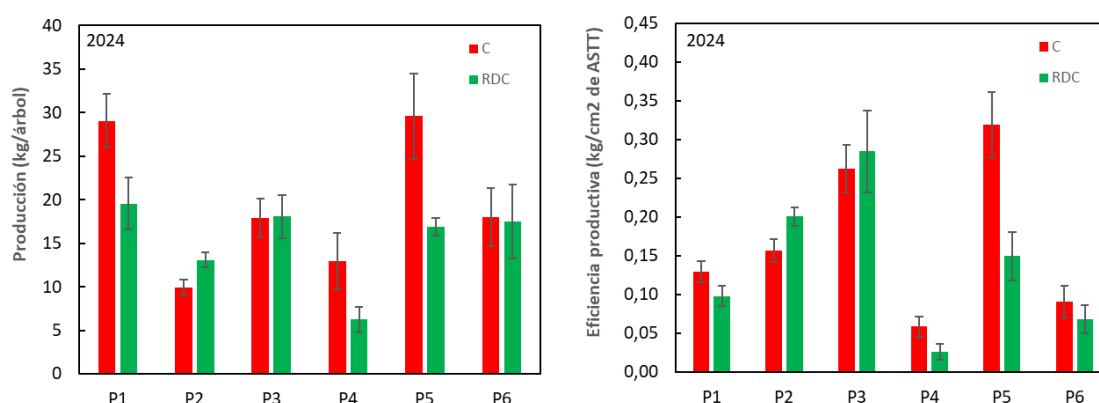


Figura 52.- Producción (kg/árbol) y eficiencia productiva (kg/cm² de ASTT, para las diferentes estrategias de riego en 2024.

Las parcelas 1 y 2, con altitudes de 470 y 520 metros respectivamente, tienen porcentajes relativamente altos de cerezas dobles o adosadas (5,3% y 6,4%) en 2023. A medida que aumenta la altitud en las parcelas 3, 4, 5 y 6 (600 a 1030 metros), los porcentajes de cerezas dobles o adosadas disminuye (Tabla 11).

Los daños debido a las lluvias en precosecha fueron muy elevados en 2023 en todas las parcelas, a excepción de la parcela P1, que finalizó la recolección antes de periodo de lluvias. En 2024 también se produjo un episodio de lluvias; en la parcela P5 se registraron 79,6 mm el 28 de junio, mientras que en la parcela P6 se acumularon 50,8 mm entre el 18 y el 28 de junio, lo que ocasionó importantes daños alcanzando esta última un 66% de pérdidas (Tabla 11).

Tabla 11.- Clasificación de los frutos de destrío en recolección en función del tipo de defecto o daño expresado en porcentaje de número en relación con el total de la muestra de frutos de cerezo de la variedad 'Lapins' en cada parcela.

Parcelas	Dobles	Rajado	Media luna	Partida estrella	Mancha	Otros
2023	3,3%	32,4%	1,7%	4,9%	0,6%	3,4%
1	5,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%

2	6,4%	33,6%	0,7%	4,8%	0,0%	6,5%
3	3,4%	31,0%	8,8%	3,8%	3,6%	2,3%
4	4,0%	41,8%	0,9%	4,0%	0,0%	3,5%
5	0,4%	33,9%	0,1%	8,0%	0,0%	2,3%
6	0,1%	53,8%	0,0%	8,9%	0,0%	4,7%
2024	0,4%	9,2%	6,8%	0,5%	0,1%	3,1%
1	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%
3	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4	0,0%	6,0%	18,4%	0,2%	0,4%	13,0%
6	0,0%	47,8%	17,8%	3,0%	0,0%	1,5%

En cuanto a la calidad del fruto (Tabla 1.12), los frutos tuvieron un mayor calibre y peso fueron los que de las parcelas situadas a mayor altitud en comparación con las de menor altitud, con variaciones entre 25,5 mm en la P3 y 30 mm en la P6, con diferencias de hasta 4 mm promedio. En 2024 en las parcelas P1, P3, P4 y P5 presentaron un ligero incremento en el calibre respecto al año anterior.

En 2023 las precipitaciones en precosecha fueron abundantes y no permitieron observar diferencias significativas en el peso del fruto y calibres entre las diferentes dosis de riego aplicadas debido a los elevados daños por rajado haciendo inviable comercialmente los frutos, especialmente lo de mayor calibre, si se observaron mayores diferencias en las parcelas a mayor altitud donde el periodo de riego en precosecha fue más prolongado.

Los factores ambientales influyeron en el calibre y peso medio final de fruto, fueron mayores en las zonas de mayor altitud en comparación con las zonas más bajas. La estrategia de RDC mejoró significativamente el calibre y peso medio de las cerezas en la mayoría de las parcelas en comparación con la práctica habitual de los agricultores (C).

Tabla 12.- Parámetros de calidad de cereza, calibre (mm) y peso medio del fruto (g) en la recolección de 2023 y 2024.

Año	Parcela	Calibre (mm)		Peso medio (gramos)	
		C	RDC	C	RDC
2023	P1-470	26,0	25,8	9,2	9,0
	P2-520	27,2	28,1	10,7	11,5
	P3-600	25,5	24,8	9,2	8,3
	P4-790	26,3	26,6	10,6	10,6
	P5-1030	28,9	30,0	12,6	13,5

	P6-1030	29,4	29,1	12,7	13,2
2024	P1-470	25,6	27,3	9,5	10,3
	P2-520	27,2	27,2	10,5	10,8
	P3-600	27,0	26,9	10,8	10,5
	P4-790	26,9	28,6	10,4	11,7
	P5-1030	28,0	29,0	11,6	12,5
	P6-1030	30,0	30,2	13,7	13,5

La firmeza media del fruto fue más elevada en las parcelas de recolección más temprana (P1, P2 y P3) debido a que el periodo de lluvias había comenzado recientemente

La firmeza media del fruto fue más elevada en las parcelas de recolección más temprana (P1, P2 y P3) debido a que el periodo de lluvias había comenzado recientemente, el 23 de mayo, prolongándose durante 22 días. Este evento climático afectó la firmeza del fruto en las parcelas de recolección más tardía (P4, P5 y P6). La variabilidad en el calibre y peso medio entre las parcelas destaca la importancia de considerar la altitud al aplicar estrategias de riego para adaptarse a las condiciones específicas de cada zona (Tabla 13).

Tabla 13.- Parámetros medios de calidad del fruto de cerezo de la variedad Lapins para el año 2023 en respuesta a las diferentes dosis de agua aplicada.

Parcela	Durofel		Brix (°)		Acidez (ml)		Acidez (%)		pH		Color	
	C	RDC	C	RDC	C	RDC	C	RDC	C	RDC	C	RDC
P1-470	78,3	80,7	20,2	19,8	2,9	3,0	0,6	0,7	3,6	3,6	24,5	27,0
P2-520	81,7	79,6	18,3	17,6	2,1	2,2	0,5	0,5	3,6	3,7	21,5	23,0
P3-600	76,5	85,8	17,0	18,5	1,9	2,0	0,4	0,4	3,7	3,6	19,8	16,6
P4-790	57,0	59,2	13,7	14,0	1,8	1,8	0,4	0,4	3,9	3,8	22,1	24,7
P5-1030	64,6	66,0	17,9	17,1	3,2	3,2	0,7	0,7	3,7	3,8	13,1	13,6
P6-1030	60,7	58,7	17,6	16,1	2,9	3,1	0,7	0,7	3,9	3,6	17,9	17,3

Cada valor es la media de 10 árboles y 25 frutos por árbol.

El calibre es un factor clave en la comercialización de la cereza, ya **que** las cerezas más grandes suelen alcanzar precios más altos en los mercados

8.11 Poda en verde

En la figura 53 se presentan la evolución de la conductancia estomática en cerezos podados en verano (PV) y en invierno (I) durante dos años consecutivos (2023 y 2024), en las 6 parcelas. En general, se observan patrones estacionales entre los años 2023 y 2024 similares. Durante los meses de verano (julio y agosto)



CENTRO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DE EXTREMADURA



son los más críticos en términos de reducción de la conductancia estomática, debido a las condiciones ambientales.

La poda de verano (PV) generalmente mostró una mayor conductancia estomática en comparación con los árboles podados en invierno (I), esto indica que mantuvieron una mayor capacidad de intercambio gaseoso. La poda en verde podría ser una estrategia favorable para mejorar el intercambio gaseoso y la eficiencia hídrica en periodos de mayor estrés.

Estos resultados sugieren que la poda en verde o de verano podría ser una práctica recomendable para mantener un mejor funcionamiento fisiológico en los cerezos durante la temporada de mayor estrés climático.



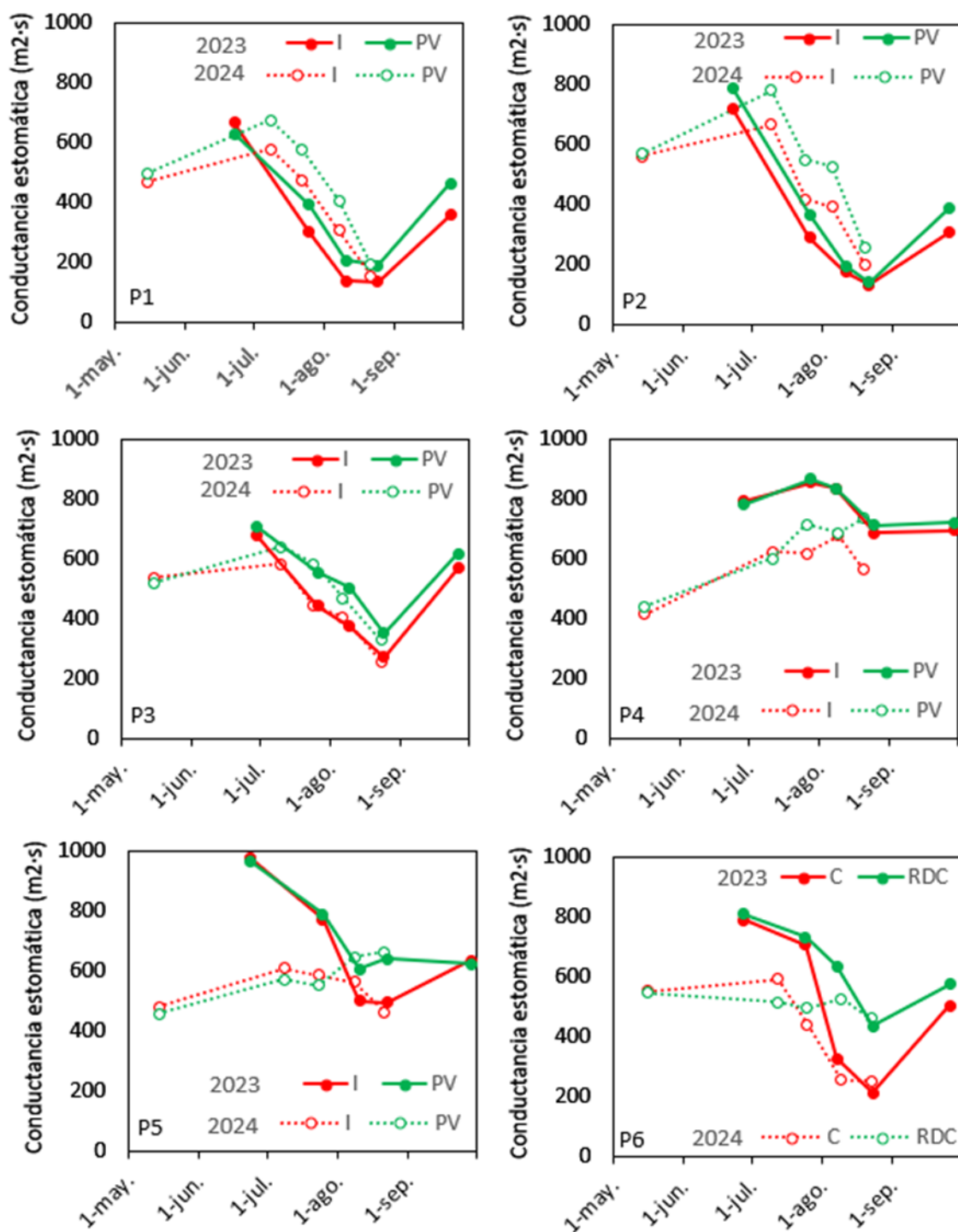


Figura 53.- Evolución de la conductancia estomática de los tratamientos de poda en verde (PV) y poda de invierno (I) para cada una de las parcelas.

9 ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

Se llevaron a cabo **8 actividades formativas** dirigida a los agricultores, técnicos, representantes de comunidades de regantes y estudiantes en las participaron **173 personas**. Se realizaron en las parcelas demostrativas para capacitarlos en el uso de tecnología para realizar programaciones de riego (ANEXO 5):

9.1 Formación a agricultores:

- **Talleres en el Valle del Jerte** (septiembre 2024). 3 talleres con **65** participantes.
- **Jornada en parcela demostrativa** de El Torno (7 de noviembre 2024): **32** agricultores, destacando la participación de jóvenes agricultores interesados en nuevas tecnología y digitalización.

9.2 Formación a técnicos del sector.

- **Taller en parcelas demostrativas** (30 de octubre de 2024): **33** asistentes, incluyendo técnicos de cooperativas y Servicio de Sanidad Vegetal de la Junta de Extremadura.

9.3 Formación a representantes de Comunidades de Regantes y alcaldes

- **Taller sobre riego, fertirrigación y digitalización en parcelas demostrativas** (14 de octubre de 2024): **34** participantes. También asistieron técnicos del Servicio de Regadíos de la Junta de Extremadura.

9.4 Talleres de riego inteligente

- **Taller en el CAEM -Plasencia** (1 de febrero de 2024): **8** asistentes.

9.5 Formación para estudiantes en prácticas

- Formación de la alumna María Chaparro Arias del Grado de Ingeniería Forestal y del Medio Natural de la Universidad de Extremadura.

10 ACTIVIDADES DE TRANSFERENCIA

Los datos presentados en el Anexo 6 reflejan el amplio alcance de la actuación nº 2 del proyecto REFEX en la difusión de resultados, llevada a cabo mediante **16 actividades de transferencia** que alcanzaron a más de **600 personas**.

10.1 Jornadas de transferencia:

- **Presentación del proyecto** (10 de marzo de 2023). Plasencia. **84** participantes. Se presentaron las infraestructuras y red de sensores y aplicaciones para que tuviesen acceso a los datos en tiempo real. Se facilitó el contacto del técnico responsable del proyecto a los representantes de las Comunidades de Regantes y técnicos de cooperativas.
- **Resultados del primer año** (16 de noviembre de 2023). Plasencia: **88** asistentes.
- **Presentación de resultado a la Comunidad de Regantes de Tornavacas** (30 de enero de 2024): **42** personas.
- **I Sesión de Resultados del Proyecto REFEX** (12 de diciembre de 2024). Plasencia: **61** asistentes.
- **III Sesión de Resultados del Proyecto REFEX** (18 de diciembre de 2024). Mérida: **49** asistentes.

10.2 Participación en Congresos.

- **XV Congreso Internacional de Agricultura Ecológica** (24-27 de abril de 2024, Cáceres). Presentación de dos comunicaciones orales sobre gestión del agua en cerezo.

10.3 Participación en Seminarios:

- **Seminario: El Agua que (no) viene. Adaptación y mesas de diálogo** (12 de abril de 2024, Casas del Castañar): **21** personas.
- **Seminario sobre problemática del agua en el norte de Extremadura** (14 de noviembre de 2024, Casas del Castañar): **45** personas.



10.4 Reuniones:

- **Reunión con miembros de la Comunidad de Regantes de El Torno** (17 de enero de 2024). **7** personas. Presentación de resultados.
- **Reunión con jóvenes agricultores de zona de montaña** (7 de mayo de 2024 en Plasencia): **14** personas.
- **Participación en la Asamblea de la Asociación de Comunidades de Regantes del Valle del Jerte** (4 de abril de 2024 en Soprodevaje). **14** personas.

10.5 Charlas

- **Charlas "Café con Ciencia"** (6 de octubre de 2023, Finca La Orden): **24** participantes.
- **Charla a alumnos del CEIP Máximo Cruz Rebosa de Piornal** (15/03/2024, Piornal).
- **Charla "El futuro de la cereza, retos y posibilidades"** (11 de mayo de 2024, Garganilla). **17** asistentes.

10.6 Participación en Jornadas Técnicas.

- **Tecnologías Digitales para el Sector Agrícola** (19 de noviembre de 2024, Garganta la Olla). **30** participantes.
- **Jornada sobre plagas y enfermedades del castaño.** (4 de noviembre de 2024, Plasencia). **120** personas.

10.7 Otras actividades

- Presentación de la actuación nº 2 del proyecto REFEX como un caso de éxito en la gestión del riego por la empresa Spherag en la Feria Internacional de Maquinaria Agrícola de Zaragoza. 13/02/2024.





11 LABORES DE ASESORÍA “IN SITU”.

Durante la ejecución del proyecto, se llevaron a cabo numerosas visitas de asesoramiento “in situ” en las diferentes parcelas experimentales/demostrativas, con el fin de proporcionar asistencia técnica directa y formación directa a agricultores y técnicos. Estas visitas permitieron una transferencia efectiva de conocimiento sobre la instalación y uso de tecnología avanzada de riego, así como sobre las estrategias de riego y gestión eficiente del agua en el cultivo del cerezo. A continuación, se detallan las principales actividades de asesoramiento realizadas:

1. **Solicitud de acceso a datos climáticos y sondas de humedad de suelo del proyecto REFEX.** 37 personas solicitaron las claves para poder acceder a los datos climáticos de las estaciones, a través del formulario que se presentó en las jornadas del día 10/3/2023.
2. **Instalación de sensores:** Visita de Alejandra Rodríguez (Técnica de la Agrupación de Cooperativas del Valle del Jerte) durante la instalación de riego y sensores en la parcela 2 de Casas del Castañar, para recibir formación sobre la instalación correcta de los sensores y su aplicación.
3. **Instalación de programador y electroválvulas:** En las parcelas de Navaconcejo y Jerte, se instaló una electroválvula programable a través de la aplicación móvil y se explicó el funcionamiento de los sensores a los agricultores.

4. **Visita de técnicos de Cooperativas a parcela de Tornavacas.** Los técnicos de las Cooperativas de Jerte y Tornavacas visitaron la parcela para conocer sobre los sensores instalados. (Fecha: 16/3/2023).
5. **Asesoría en sistema de riego digitalizado.** Se realizó una visita para la instalación de un sistema de riego digitalizado en una parcela de cerezos y castaños. (22/3/2023)
6. **Ampliación de la red de estaciones del proyecto.** La Agrupación de Cooperativas del Valle del Jerte instaló dos estaciones agroclimáticas en Barrado y Tejeda de Tiétar. Se asesoró a Sandra para incluir ambas estaciones en la misma cuenta del proyecto REFEX, permitiendo a los técnicos y agricultores acceder a todas las estaciones en una sola plataforma. (23/03/2023)
7. **Ensayo de cubiertas vegetales en la parcela de Casas del Castañar.** Investigadores del CICYTEX visitaron la parcela para realizar un ensayo de cubiertas vegetales y se instalaron sensores adicionales de humedad de suelo. (12/04/2023). Asesoramiento para la instalación de sondas de humedad (09/05/2024).



8. **Formación de poda de verano.** Se capacitó a los agricultores de las parcelas experimentales y técnicos en la técnica de poda de verano para mejorar el estado hídrico de los árboles.



Realización de la poda en las parcelas de Casas del Castañar y Navaconcejo, y explicaciones del técnico especialista en poda de cerezo del CICYTEX a los agricultores.

9. **Visita de los técnicos del proyecto “Valle del Jerte Territorio Inteligente”:** Se explicó el uso de los sensores del proyecto REFEX a los responsables de SOPRODEVAJE y la Mancomunidad de Municipios del Valle del Jerte (27/9/2023).

<https://soprodevaje.blogspot.com/2023/09/la-mancomunidad-de-valle-del-jerte-en.html>



Explicaciones de los sensores instalados en las parcelas de Navaconcejo del proyecto REFEX a Gerente de SOPRODEVAJE y Mancomunidad de Municipios del Valle del Jerte, y técnicos del proyecto “Valle del Jerte Territorio Inteligente”.



CENTRO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DE EXTREMADURA



10. **Asesoría sobre programadores y sensores:** Visita a las parcelas de ensayo para guiar sobre la instalación de diferentes programadores (AGRONIC y ATLAS) y sondas de humedad del suelo (Enviropro y LoraWan) con la empresa Jardintec, Agricultores, Técnico de la Comunidad de Regantes y Técnico de la Mancomunidad de Municipios.
11. **Instalación de sondas de humedad en Navaconcejo.** Se instalaron sondas de humedad del suelo y contador (LoraWan) en una parcela en ecológico de la Comunidad de Regantes de Navaconcejo, para probar la cobertura de la antena instalada. (9/5/2024)
12. **Datos de humedad de suelo para estudio del ataque de Antracnosis.** Asesoría solicitada por el Servicio de Sanidad Vegetal sobre la información de las sondas de humedad de suelo de la parcela 1 para analizar un brote de Antracnosis en la parcela (25/09/2024).
13. **Asesoría para ayudas de agricultura de precisión:** La Cooperativa de Piornal solicitó información para la solicitud para una convocatoria de ayudas para agricultura de precisión. (14/04/2023)
14. **Consulta sobre momentos y frecuencia de riego recomendada:** El presidente de la Comunidad de Regantes de Navaconcejo realizó una consulta que se le informara del momento adecuado para iniciar los riegos. El presidente de La Cooperativa de Cabrero solicitó recomendaciones sobre la frecuencia de riego más adecuada. (20/04/2023)
15. **Valoración de daños por lluvias en cerezas.** Se utilizaron los datos de las estaciones climáticas para valorar los daños en las cerezas por lluvias, solicitado por la Agrupación de Cooperativas del Valle del Jerte. (01/06/2023)
16. **Colaboración en la planificación de actividades formativas.** Reunión con SOPRODEVAJE para organizar cursos sobre el riego del cerezo. (19/09/2023).
17. **Asesoría en riego y digitalización:** Reunión con la Mancomunidad de Municipios y SOPRODEVAJE para asesorar en el proyecto de digitalización de explotaciones agrarias. (23/01/2024).
18. **Colaboración para futuros ensayos de fertirrigación:** Reunión con técnicos de la empresa Fertiberia y Agroservicios Jaime posible ensayos de fertirrigación en el cultivo del cerezo. (09/04/2024).
19. **Informe climático para modificación del pliego de la D. O. Cereza del Jerte.** Se elaboró un informe climático para el Consejo Regulador. (20/09/2024).





CENTRO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DE EXTREMADURA



Se realizaron numerosas visitas y se asesoró a agricultores y técnicos pertenecientes a las Comunidades de Regantes, Agrupación de Cooperativa del Valle del Jerte, Cooperativas, SOPRODEVAJE, Mancomunidad de Municipios del Valle del Jerte, Servicio de Sanidad Vegetal de la Junta de Extremadura, D.O. Cereza del Jerte, empresas de riego e insumos, investigadores, etc.

12 PRESENTACIÓN EN MEDIOS:

El proyecto ha sido ampliamente difundido en medios de comunicación locales y regionales, incluyendo entrevistas en radio, artículos de prensa y redes sociales.

1. Entrevista radiofónica en CANAL EXTREMADURA RADIO, programa El Paliqueo de Elena Nieto Serrano sobre “Estrategias de Riego en la Agricultura de Montaña en el Norte de Cáceres”. 12/03/2023 minuto 17:55
<https://www.canalextremadura.es/a-la-carta/el-paliqueo/audios/el-paliqueo-120323>
2. Portal de la Junta de Extremadura. 16/11/2023
<https://www.juntaex.es/w/jornada-cereceros-gestion-agua-zonas-montana-cicytex>
3. Directo Extremadura. 16/11/2023
https://www.directoextremadura.com/noticias_region/2023-11-16/10/25281/investigadores-de-cicytex-dan-a-conocer-a-cereceros-del-valle-del-jerte-buenas-prcticas-para-el-uso-eficiente-del-agua-en-zonas-de-montaa.html
4. govclipping.com. 16/11/2023
https://govclipping.com/es/extremadura/press_release/2023-11-16/5298-investigadores-cicytex-dan-conocer-cereceros-valle-jerte-buenas-practicas-uso-eficiente-agua-zonas-montana
5. Periódico hoy. 17/11/2023 <https://www.hoy.es/plasencia/junta-extremadura-invita-cereceros-digitalizar-produccion-20231117080122-nt.html>
6. Onda Cero. 16/11/2023 <https://ondacerosur.es/investigadores-de-cicytex-dan-a-conocer-a-cereceros-del-valle-del-jerte-buenas-practicas-para-el-uso-eficiente-del-agua-en-zonas-de-montana/>
7. Extremadura.com 17/11/2023
<https://www.extremadura.com/noticias/2023/11/16/investigadores-de-cicytex-dan-a-conocer-a-cereceros-del-valle-del-jerte-buenas-practicas-para-el-uso-eficiente-del-agua-en-zonas-de-montana>



8. Plasencia Directo. 17/11/2023
<https://www.plasenciadirecto.com/region/2023-11-16/extremadura/regional/25281/investigadores-de-cicytex-dan-a-conocer-a-cereceros-del-valle-del-jerte-buenas-prcticas-para-el-uso-eficiente-del-agua-en-zonas-de-montaa.html>
9. RegiónDigital.com 16/11/2023
<https://www.regiondigital.com/noticias/caceres-y-provincia/386939-investigadores-de-cicytex-dan-a-conocer-a-cereceros-del-valle-del-jerte-buenas-practicas.html>
10. Cereza del Jerte www.cerezadeljerte.org. 17/11/2023
<https://cerezadeljerte.org/cicytex-organiza-unha-jornada-formativa-sobre-el-uso-eficiente-del-riego-en-el-cerezo/>
11. 7 Días Extremadura. 17/11/2023
<https://www.extremadura7dias.com/noticia/los-cereceros-del-valle-del-jerte-conocen-como-usar-eficientemente-el-agua>
12. Cerezoschile. 17/11/2023 <https://cerezoschile.cl/espana-la-revolucion-digital-llega-a-los-cerezales-de-extremadura-un-paso-hacia-la-sostenibilidad/>
13. Revista Fruticultura. 4/12/2023 <https://fruticultura.quatrebcn.es/el-cicytex-comparte-con-el-sector-sus-resultados-sobre-uso-eficiente-del-agua-en-zonas-de-montanas>
14. <https://cerezadeljerte.org/el-valle-del-jerte-trabaja-en-la-gestion-inteligente-del-riego/>
15. Web.spherag.com “Regadíos de montaña, Cáceres, Extremadura, España”.
16. Facebook. Soprodevaje.
17. <https://cicytex.juntaex.es/-/charla-el-futuro-de-la-cereza-retos-y-posibilidades-en-gargantilla?inheritRedirect=true&redirect=%2Fagenda-completa%2F>
18. <https://twitter.com/CICYTEX/status/1788850783993176291>
19. <https://x.com/CICYTEX/status/1806279402713456792>
20. <https://cadenaser.com/extremadura/2024/06/27/la-campana-de-la-cereza-mas-alla-del-verano-en-el-valle-del-jerte-radio-extremadura/>
21. Video del día Mundial del agua.
<https://www.youtube.com/watch?v=q579UOJI4rk>

13 PUBLICACIONES.

A lo largo del proyecto, se publicó un artículo en la revista **Vida Rural** (ANEXO 7), así como la aparición de la actuación nº 2 “Regadíos de Montaña del Norte de Cáceres” en el el *Dossier de elementos innovadores para la mejora de la competitividad y la sostenibilidad de las explotaciones agrícolas de la Red PAC del*

Ministerio, donde se presentó como una experiencia de éxito en la Gestión de agua en escenarios de escasez:

https://www.redpac.es/sites/default/files/documents/Dossier_innovaciones_agricolas_Red%20PAC.pdf

Además, se elaboró la Ficha Práctica nº 2 (Anexo 8) que completa los resultados y se entregaron en las Jornadas. También se presentaron comunicaciones en congresos nacionales e internacionales:

- Poster: **“Influencia de la altitud en las necesidades y el estado hídricos de los cerezos en el Valle del Jerte”** XVI Spanish-Portuguese Symposium on Plant Water Relations. 14-16 Febrero 2024. Zaragoza. (Anexo 9)
- Comunicación Oral: Nieto-Serrano E, Pérez-Izquierdo C, Mérida JR, Delgado I, Campillo C, Prieto MH. **“Efecto de factores ambientales sobre la fenología del cerezo en el Valle del Jerte, España”**. XV Congreso Internacional de Agricultura Ecológica. 24-27 de abril, 2024. Cáceres.
- Comunicación oral: Nieto-Serrano E, Mérida JR, Delgado I, Campillo C, Prieto MH. **“Avanzando hacia una agricultura de montaña más resiliente mediante una gestión eficiente del agua: Proyecto REFEX”**. XV Congreso Internacional de Agricultura Ecológica. 24-27 de abril, 2024. Cáceres. (Anexo 10).
- Artículo: Elena Nieto, Raúl Mérida, Carlos Campillo, María Chaparro y M^a del Henar Prieto (2024). **“Gestión eficiente del agua en el cerezo del Valle del Jerte - Mejorando la competitividad de la agricultura de montaña a través de la innovación en riego”**. Vida Rural. ISSN 1133-8938. Nº 559, 30-34. Especial Fertilización y Riego.

14 IMPACTO Y SOSTENIBILIDAD

Impacto directo:

El impacto de la formación y transferencia de conocimientos ha sido clave para mejorar la gestión del riego en las parcelas de ensayo, permitiendo a los agricultores tomar decisiones más informadas.

Impacto esperado a largo plazo:

Mejora de la eficiencia en el uso del agua: La introducción de tecnologías como sondas de humedad, estaciones agroclimáticas y programadores de riego automatizados ha proporcionado a los agricultores herramientas para optimizar el uso del agua. A largo plazo, se espera que estos conocimientos y tecnologías



CENTRO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DE EXTREMADURA



reduzcan significativamente el desperdicio de agua mejorando su eficiencia, lo que es crucial en escenarios de escasez hídrica con regadíos infradotados.

Agricultura más resiliente: La transferencia de conocimientos sobre el manejo hídrico, las estrategias de riego deficitario controlado y prácticas como la poda en verde están preparando a los agricultores para hacer frente a los desafíos del cambio climático. A medida que adopten prácticas más sostenibles, se espera una mayor resiliencia frente a fenómenos extremos como sequías o lluvias intensas, contribuyendo a la sostenibilidad de sus explotaciones.

Innovación y digitalización: La formación y asesoría técnica han permitido que técnicos y agricultores se familiaricen con herramientas digitales de gestión de riego. A largo plazo, esta adopción tecnológica permitirá una agricultura más precisa y eficiente, con un monitoreo constante de las condiciones climáticas y del suelo, optimizando la toma de decisiones y aumentando la competitividad de las explotaciones.

Mayor competitividad y sostenibilidad: Con el conocimiento adquirido, se espera que los agricultores implementen prácticas de riego más eficientes, mejorando su productividad y promoviendo un modelo de agricultura sostenible.

Sostenibilidad del conocimiento transferido:

Colaboraciones claves y capacitación continua: Las actividades de transferencia desarrolladas han sido fundamentales para establecer y consolidar redes de colaboración, además de asegurar la capacitación de los agricultores y técnicos en el uso de estrategias de riego y tecnologías innovadoras. A continuación, se destacan las principales colaboraciones y redes formadas:

- **Agrupación de Cooperativas del Valle del Jerte y Coop. del Campo de Navaconcejo:** Ambas entidades han tenido un papel clave en la capacitación y asesoría técnica proporcionada a los agricultores. Las visitas "in situ" de los técnicos han permitido fortalecer las capacidades locales, garantizando que un amplio número de agricultores puedan aplicar y perfeccionar las innovaciones transferidas a lo largo del tiempo.
- **Mancomunidad de Municipios del Valle del Jerte y SOPRODEVAJE:** Vínculos establecidos con estas entidades han sido fundamentales para integrar las innovaciones del proyecto REFEX en otras iniciativas como el proyecto "Valle



del Jerte Territorio Inteligente", facilitando la ampliar redes de digitalización en la zona y técnicas de fertirrigación.

- **Servicio de Sanidad Vegetal de la Junta de Extremadura:** Los técnicos de Sanidad Vegetal solicitaron acceso e información a los datos agroclimáticos y de sondas de humedad en el manejo fitosanitario de las parcelas. Esto ha permitido la toma de decisiones sobre el manejo de cultivos.
- **Empresas tecnológicas y proveedores de equipos agrícolas:** Las interacciones entre los investigadores, agricultores y sector privado con empresas como Jardintec, Fertiberia, Agroquímicos Jaime, Ris Iberia, Spherag... facilitan la adopción de tecnologías que mejoran la competitividad agrícola.
- **Comunidades de Regantes y SOPRODEAVJE:** A lo largo del proyecto, las actividades de asesoría técnica y formación "in situ" han asegurado la transferencia de conocimiento a un amplio número de regantes. Las redes a través de la Asociación de Comunidades de Regantes del Valle y los cursos de formación de Soprodeaje han desempeñado un papel fundamental en la difusión de resultado.

En conjunto, estas colaboraciones y redes locales han sido fundamentales para el éxito de las actividades de transferencia y la adopción de tecnologías, asegurando que el conocimiento generado continúe siendo aplicado y perfeccionado en el futuro, garantizando un impacto positivo y duradero.

Acceso a tecnologías y datos: La instalación de estaciones agroclimáticas y sensores conectados a plataformas digitales facilita el acceso constante a datos en tiempo real sobre clima y humedad del suelo. Esto garantiza que el conocimiento transferido se aplique de manera práctica y efectiva, favoreciendo la toma de decisiones basadas en datos objetivos, histórico y en tiempo real.

15 RECOMENDACIONES

Algunas de las recomendaciones clave que se desprenden de los resultados obtenidos son:

- Integrar los datos de Evapotranspiración de Referencia (ET_o) con sensores de humedad del suelo para una gestión más eficiente, optimizando el uso del agua en función de la ET_o y la disponibilidad hídrica en el suelo.

- Iniciar el riego durante la precosecha para asegurar una adecuada disponibilidad de agua en el suelo antes del periodo de máxima demanda hídrica del cultivo.
- Monitorear el estado hídrico del suelo y del cultivo utilizando sensores de humedad y microtensiómetros, lo que permitirá ajustar de manera más precisa la programación del riego.
- Continuar con la formación y capacitación de los agricultores en el uso eficiente del agua y en la interpretación de datos de sensores, mejorando así la toma de decisiones en la gestión del riego.
- Mantener un enfoque prioritario en el riego durante la fase de precosecha, crucial para el desarrollo y el calibre del fruto.
- Ajustar la cantidad de agua aplicada en función del tamaño de los árboles y la Evapotranspiración del Cultivo (ETc), evitando déficits hídricos en periodos críticos como la precosecha.
- Seguir promoviendo la capacitación y transferencia de conocimientos a los agricultores para consolidar el uso eficiente del agua y mejorar la productividad en las zonas de montaña.
- Tener en cuenta que las precipitaciones contribuyen a la recarga del suelo, pero son insuficientes durante el periodo crítico del cultivo (fase de precosecha) y en verano, lo que refuerza la importancia de una estrategia de riego bien planificada para garantizar el éxito del cultivo.

Con estas recomendaciones se busca optimizar el uso del agua, mejorar la productividad agrícola y asegurar la sostenibilidad de los cultivos en condiciones de regadíos de montaña.

16 CONCLUSIONES

La actuación nº 2 del proyecto REFEX ha constituido un avance significativo en la digitalización del riego y la gestión sostenible del agua en los regadíos de montaña del norte de Cáceres. Este proyecto ha permitido obtener un conocimiento detallado sobre las prácticas de manejo del agua para riego utilizadas por los agricultores locales, facilitando la recomendación de estrategias más adecuadas para optimizar su uso.



CENTRO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DE EXTREMADURA



El Riego Deficitario Controlado (RDC) ha demostrado ser una estrategia eficaz para mantener un adecuado estado hídrico en los cerezos, lo que se traduce en una mayor capacidad de intercambio gaseoso y una menor exposición al estrés hídrico. Además, las parcelas situadas a mayor altitud han mostrado un mejor comportamiento fisiológico, con conductancias más elevadas y una menor caída estacional, reflejando las ventajas climáticas asociadas a estas zonas.

Por otro lado, el riego aplicado por los agricultores (C) ha resultado insuficiente para mantener una apertura estomática adecuada durante los meses críticos, afectando negativamente la fotosíntesis, el crecimiento y el rendimiento final del cultivo. Estos resultados destacan la necesidad de **adaptar la planificación del riego a la altitud**, garantizando que el perfil de humedad del suelo se mantenga en niveles adecuados durante las distintas fases del crecimiento del fruto.

El riego en la precosecha se ha identificado como un factor clave para maximizar el calibre de la cereza, especialmente en condiciones donde el estrés hídrico puede afectar el desarrollo del fruto. Los resultados sugieren que la estrategia RDC permitió mantener calibres más altos, confirmando que una gestión adecuada del riego en esta fase puede ser determinante para la producción de frutos de mayor tamaño y calidad, mejorando así la rentabilidad de los agricultores de la zona.

A través de las actividades de transferencia desarrolladas, un amplio grupo de agricultores ha comenzado a adoptar tecnologías innovadoras y estrategias de riego para optimizar el uso eficiente del agua y mejorar la sostenibilidad agrícola. Numerosos agricultores han solicitado el Kit Digital tras asistir a estas jornadas. El Kit Digital es una iniciativa del Gobierno de España cuyo objetivo es subvencionar la implantación de soluciones digitales disponibles en el mercado para aumentar el nivel de madurez digital de las pequeñas y medianas empresas, microempresas y autónomos.

Entre los logros más destacados del proyecto se encuentran:

- **Implementación de infraestructuras clave para la toma de decisiones:**
Se han instalado seis puntos de control equipados con estaciones agroclimáticas y sistemas de monitoreo de suelo y planta en diferentes altitudes y orientaciones. Estas instalaciones permiten recopilar datos en





CENTRO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DE EXTREMADURA



tiempo real, fundamentales para respaldar decisiones estratégicas en la gestión hídrica en un entorno vulnerable al cambio climático.

- **Promoción del conocimiento técnico y la formación especializada:** Más de 770 participantes asistieron a cursos, jornadas y talleres sobre riego deficitario controlado en cerezos, digitalización, técnicas agrícolas y planificación eficiente de los recursos hídricos según las características del terreno.
- **Fomento de la colaboración entre actores clave:** El proyecto ha fortalecido la relación entre agricultores, técnicos de las Comunidades de Regantes, cooperativas y administraciones, creando un entorno favorable para la transferencia de buenas prácticas y el intercambio de conocimientos.

En términos de impacto directo, se ha asesorado y formado a más de **770 personas**, consolidando una base capacitada para utilizar herramientas tecnológicas y estrategias sostenibles en sus cultivos. Este informe subraya la importancia de proyectos como REFEX para afrontar los desafíos de la gestión hídrica en un contexto de cambio climático en regadíos infradotados de montaña.

Nombre: Elena Nieto Serrano

Firma:





CENTRO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DE EXTREMADURA



17 ANEXOS

- ANEXO 1.- Informe anual con detalle las parcelas demostrativas seleccionadas, la instalación de equipos y sensores, y el establecimiento de los ensayos.
- ANEXO 2.- Estudio agronómico de cada una de las parcelas.
- ANEXO 3.- Informe parcial para Comunidades de Regantes.
- ANEXO 4.- Informe anual y final para Comunidades de Regantes.
- ANEXO 5.- Actividades de formación con fotografías y listado de participantes.
- ANEXO 6.- Actividades de transferencia con fotografías y descripción de las actividades
- ANEXO 7.- Artículo en la revista Vida Rural
- ANEXO 8.- FICHA Nº 2
- ANEXO 9.- Poster Congreso de Relaciones Hídricas.
- ANEXO 10.- Comunicaciones al Congreso SEAE.

