

ANEXO VIII

INFORME RESUMEN JUSTIFICATIVO- FICHA RESUMEN.

Justificación octubre 2023.

Tipo de informe (marcar el que proceda):

Anual, proyecto en curso (se presentará en la justificación de octubre o en la de junio si se justifica la anualidad entera en este mes)

Final de proyecto (justificación de junio o de octubre, en función de cuando termine el proyecto). Terminan los de la convocatoria 2020. Se acompañará de power point de 30 imágenes de las distintas fases con una breve explicación de cada una de ellas.

Nº Código del grupo de cooperación: GCP2020003300
Nombre del grupo de cooperación: Acolchado de paja en líneas de frutales
Ámbito de actuación (señalar el que corresponda: productividad y sostenibilidad de explotaciones, mejora del regadío o aumento del valor añadido): productividad y sostenibilidad de explotaciones
Número de miembros del grupo: 6 Beneficiarios: <ul style="list-style-type: none">- Tulare Creek SL- Fruit Luxury Company S.L.U.- AFRUCCAS- María Pilar Camarasa Lacruz Miembros no beneficiarios: <ul style="list-style-type: none">- Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA)- Estación Experimental de Aula Dei (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC)
Reseña de reuniones celebradas: <p>1.- De coordinación del grupo: - Reunión entre David Negueroles (Tulare), Javier de Pablo (Luxury), Carlos Carceller (AFRUCCAS), María Pilar Camarasa, David Moret y M^a Victoria López (EEAD-CSIC), Javier Rodrigo (CITA), para visitar las parcelas y ensayos (octubre 2022) De coordinación de la aplicación de la paja - David Negueroles (Tulare), Javier de Pablo (Luxury), Carlos Carceller (AFRUCCAS), Javier Rodrigo (CITA) (mayo 2023)</p> <p>2.- Entre beneficiarios o socios del propio grupo: - Entre Javier Rodrigo (CITA) y David Negueroles, periódicas (1/mes) para discusión aplicación paja, mantenimiento ensayos y toma de datos (marzo, abril, junio 2023) - Entre Javier Rodrigo (CITA) y Javier de Pablo periódicas (1/mes) para discusión aplicación paja, mantenimiento ensayos y toma de datos (marzo, abril, junio 2023) - Entre Javier Rodrigo (CITA) y personal de AFRUCCAS periódicas (1/mes) para discusión aplicación paja, mantenimiento ensayos y toma de datos (marzo, abril, junio 2023) - Entre David Moret y M^a Victoria López (EE Aula Dei) y Javier Rodrigo (CITA) (1/mes) para coordinación viajes a parcelas, toma de datos discusión de resultados (marzo, abril, junio, sep, 2023)</p>

Descripción de los trabajos realizados por el grupo y cronograma (resumen):

Se han realizado todas las actuaciones previstas según el plan de trabajo y cronograma:

+ Actuación 1 (2020): Redacción de la memoria. Selección de campos, elaboración de diseño experimental y delimitación de parcelas experimentales. Colocación de carteles.

- + Actuación 2 (2021): Preparación de parcelas experimentales, caracterización inicial del suelo y aplicación de paja, evaluación de la productividad.
- + Actuación 3 (2021, 2022, 2023): Evaluación del efecto de la cubierta de paja sobre la eficiencia del riego y la producción agrícola Monitorización del contenido de humedad del suelo y Evaluación de la calidad y productividad
- + Actuación 4 (2022, 2023): Evaluación del efecto de la cubierta de paja sobre la eficiencia del riego y la producción agrícola. Estudio del balance hídrico y determinación de propiedades del suelo
- + Actuación 5 (2022, 2023): Evaluación del efecto de la cubierta de paja sobre la floración, cuajado de fruto, maduración, calidad y cosecha.

Objetivos alcanzados (si no se han alcanzado los objetivos esperados, indicarlo):

Se han alcanzado los objetivos esperados y previstos en la memoria.

Resultados alcanzados en cada objetivo:

Objetivo 1. Efectos en el contenido de materia orgánica y la estructura del suelo

Se ha evaluado el impacto del acolchado de paja sobre la calidad del suelo a través de la determinación del contenido de materia orgánica, el estado de agregación y la salinidad del suelo en las dos campañas de estudio. También se ha llevado a cabo una caracterización básica del suelo antes de la aplicación de la paja, al inicio del proyecto.

Toma de muestras de suelo y determinación de materia orgánica y agregación del suelo

- El día 10 de mayo de 2023, inmediatamente antes de la cosecha de cereza de la campaña 2022-23, realizamos el muestreo de suelo en las parcelas de las dos variedades *Earlise* y *Lapins*. Para ello, seguimos el mismo diseño de muestreo que la campaña anterior y que aparece en la Fig. 1 del Informe de la anualidad anterior. Se trata de la segunda y última caracterización de suelo tras algo más de dos años de la aplicación de la paja (2 marzo 2021). En la **Foto 1** se aprecia el aspecto del suelo (en el Control, C, sin paja) y del acolchado de paja (tratamiento rP, con riego reducido, y PR, con riego normal) en el momento del muestreo de suelo.



Foto 1. Aspecto del suelo (C) y de la cubierta de paja (rP y PR) en el momento del muestreo de suelo.

Tomamos 3 muestras de suelo de 0 a 5 cm de profundidad en todas las parcelas elementales para la determinación de la estabilidad de agregados en húmedo (EAh) y del contenido en carbono orgánico (C org.). Para completar el análisis de C org., se tomaron muestras adicionales a 5-20 cm. En los tratamientos con paja (rP y PR), esta se retiró de la superficie del suelo antes del muestreo.

- Tras dos campañas transcurridas desde la aplicación del acolchado de paja (rP y PR vs. C) y de la reducción del riego (rP vs. PR y C), los datos de C org. nos muestran que, a pesar de no encontrar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para cada una de las variedades de cerezo, sí que se ha producido un incremento de C org. con respecto a los valores iniciales (**Tabla 1**). Este enriquecimiento ha sido bastante mayor en los tratamientos con paja (PR y rP) en *Earlise* (40% vs 10% en el C). Y, en *Lapins*, este aumento ha sido, asimismo, mayor en PR (27%), seguido por rP (15%) y el C (8%).

Tabla 1

Variedad	Tratamiento	C org. (g C kg ⁻¹)		Incremento (%)
		Previo tratamientos	Tras 2 campañas	
		02/03/2021	10/05/2023	
Earlise	C	13.01	14.33	10.1
	rP	10.66	14.64	37.4
	PR	9.75	13.73	40.9
Lapins	C	10.08	10.87	7.8
	rP	10.57	12.12	14.7
	PR	9.15	11.63	27.1



Los datos de EA_h muestran diferencias entre tratamientos, especialmente en la variedad *Lapins* (**Fig. 1**). Así, el suelo bajo los tratamientos con acolchado de paja (rP y PR) presenta una menor susceptibilidad a la formación de costra y a la erosión hídrica que el suelo control (C), sin acolchado. Aunque han pasado solo dos años y hay que esperar a disponer de más datos, sí que podemos afirmar que estas diferencias se explican en gran medida por el contenido en materia orgánica del suelo, tal y como lo muestra la estrecha relación encontrada entre en los valores de EA_h y los de C org. (**Fig. 2**).

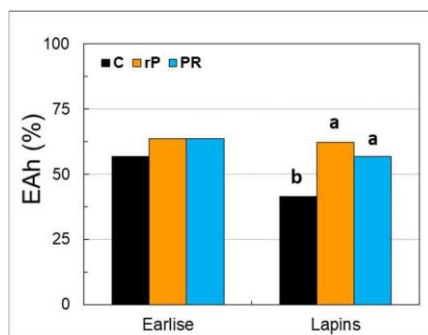


Fig. 1. Estabilidad de suelo en húmedo (EA_h) bajo los diferentes tratamientos y para cada variedad de cerezo.

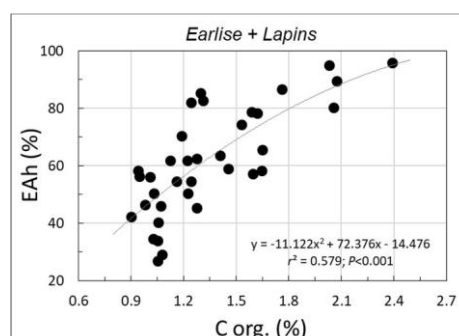


Fig. 2. Relación entre el contenido en C orgánico y la estabilidad de agregados de suelo en húmedo (EA_h).

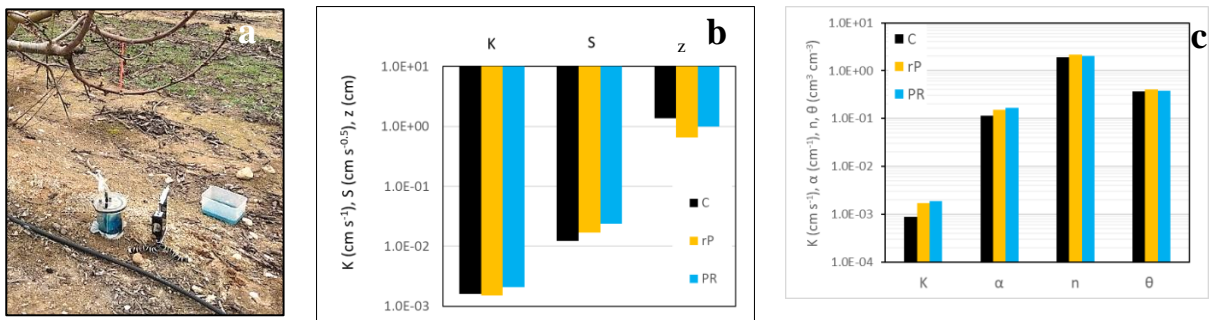
Objetivo 2. Efectos en el estado hídrico del suelo

Se han determinado las propiedades hidráulicas de la costra superficial y el horizonte 1-20 cm de profundidad del suelo antes de la aplicación de acolchado. A su vez, se ha medido el contenido de agua en el suelo durante la fase vegetativa del cultivo y simulado la influencia de la cobertura de paja sobre el balance de agua del suelo. De acuerdo a los resultados obtenidos, se determinaron los beneficios de la utilización del acolchado de paja tanto en base a la mejora del suelo y sus propiedades como de mejora de la eficiencia hídrica, indicándose la reducción en el consumo de agua obtenida.

Caracterización de propiedades hidráulicas del suelo

- A lo largo del año 2022 se procedió las medidas de infiltración (Fig. 3a) y muestreo de cilindros inalterados de suelo dentro del perfil 0-20 cm, cuyos análisis fueron realizados a lo largo del año 2022. Estas medidas permitieron obtener los parámetros hidráulicos de curva de retención y conductividad hidráulica del perfil 0-20 cm de profundidad del suelo.

- En relación a los parámetros analizados, los resultados (Fig. 3b y c) no muestran diferencias significativas entre tratamientos (**C**, control sin acolchado de paja y riego normal; **rP**, riego reducido y acolchado de paja; y **PR**, acolchado de paja con riego normal).

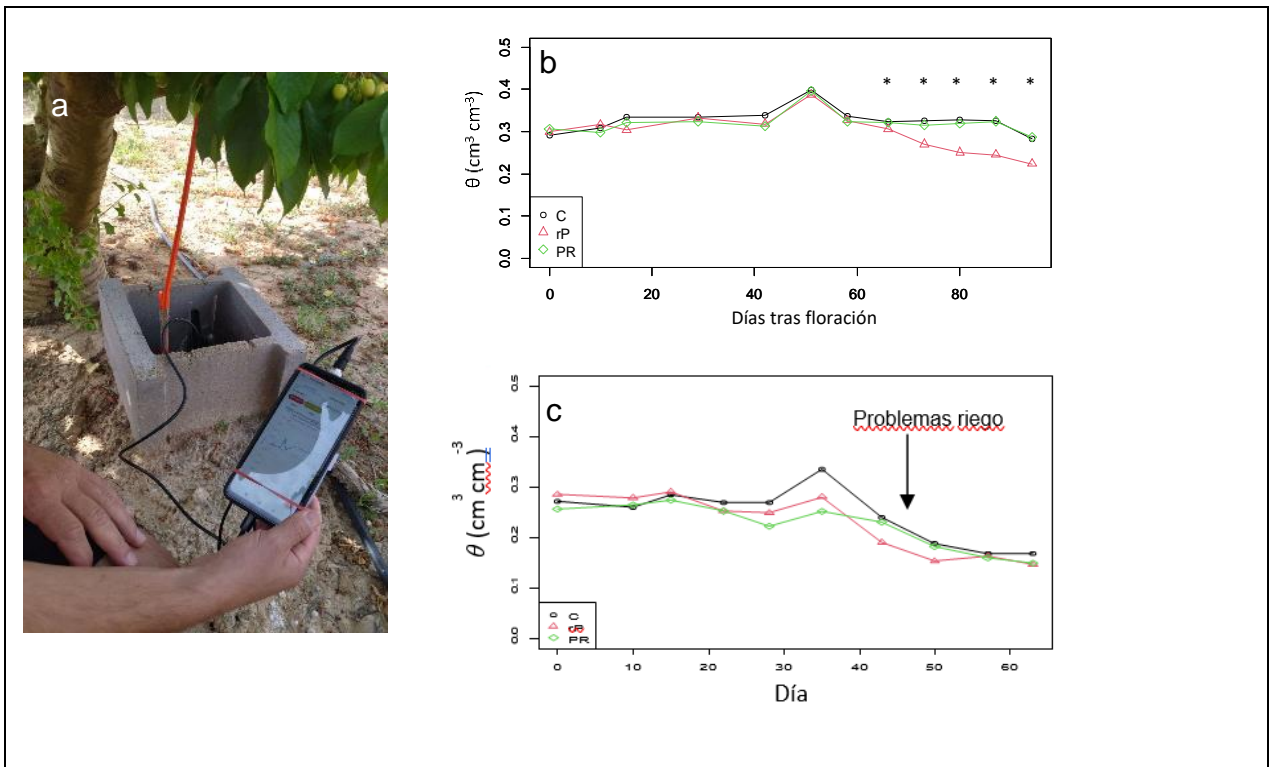


Monitorización del contenido de humedad del suelo

- Entre finales de marzo y mediados de junio de 2022 y 2023 se procedió a la medida semanal de la humedad del suelo, θ , dentro del horizonte 0-40 cm (**Fig. 4a**).

- En la campaña 2021-22, se observaron diferencias significativas en el contenido de humedad del suelo entre tratamientos, donde PR y C mostraron una mayor acumulación de agua en el suelo que rP, no observándose, sin embargo, diferencias entre C y PR (**Fig. 4b**).

- Debido a problemas con la aplicación de riego durante el periodo entre floración y cosecha del año 2023 (problemas ajenos a la realización de estas medidas), a diferencia de la campaña anterior, en 2022-23 no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Por esta ausencia del riego, se observa cómo a partir de mediados del mes de mayo (día 40 en **Fig. 4c**) disminuye el agua almacenada en el suelo en los tres tratamientos debido al aumento de la demanda evapotranspirativa.



Modelado del balance de agua en el suelo

- El objetivo del modelado del balance de agua del suelo es aportar información cualitativa que permita explicar el diferente comportamiento de almacenamiento de agua en el suelo observado en los tres tratamientos.
- La simulación se realizó utilizando el programa de balance agua HYDRUS-2D.
 - Se representó un perfil de suelo de 40 cm de profundidad en cuya superficie de insertaron dos puntos de suministro de agua o goteos, separados 50 cm entre sí (**Fig. 5a**).
 - Se consideró que, durante el riego, la humedad del suelo en los puntos de goteo era igual a la humedad a saturación, lo que implica que el caudal de entrada de agua, Q , se correspondió con la conductividad hidráulica saturada del suelo K_S (≈ 3 cm/h) medida en la Actividad 3. Este valor representa el volumen de agua máximo que puede penetrar en el suelo en condiciones de no encharcamiento.
 - En la superficie del suelo de los tratamientos PR y rP se dispuso una capa de paja de 10 cm de espesor (**Fig. 5b**).
 - Se definieron las propiedades hidráulicas del suelo según los parámetros hidráulicos medidos en 2023 (Actividad 3).
 - La paja se asoció a un material poroso, tipo grava, con $\theta_S \approx 80\%$, altas K_S y n , y pequeño valor de α .

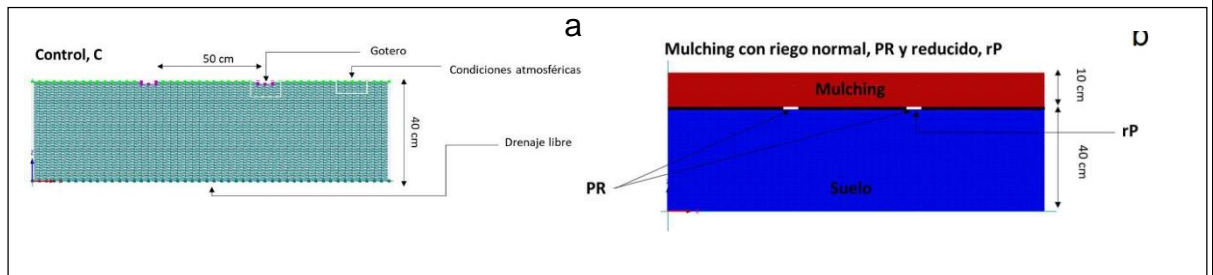


Fig. 5. (a) Esquema de perfil de suelo y distribución de goteros en el tratamiento C, y (b) distribución de la capa de mulching y suelo en el tratamiento PR y rP.

- La simulación se realizó para un periodo de 5 días en el que se definió una tasa de evaporación y precipitación tipo para el periodo de primavera (Fig. 6).
- Los periodos de riego considerados fueron de 4 h intercalados por 8 h de descanso.

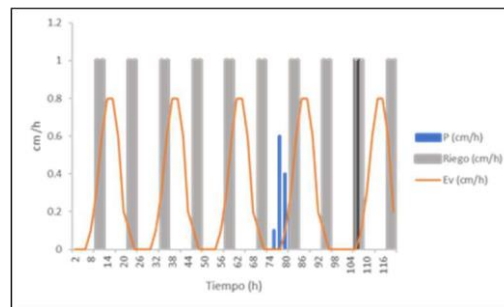


Fig. 6. Evaporación, flujo atmosférico acumulado y flujo suministrado por el gotero simulado con HYDRUS-2D para los tratamientos C y PR.

- Los resultados de la simulación muestran que, aunque C presenta una evaporación significativamente mayor que RP, estas menores pérdidas en RP se compensan con un mayor flujo atmosférico y flujo de agua suministrado por el gotero en RP (Fig. 6). Este comportamiento probablemente hizo que las diferencias de acumulación de agua entre C y RP observadas en 2022 (Fig. 4b) no fueran significativas.

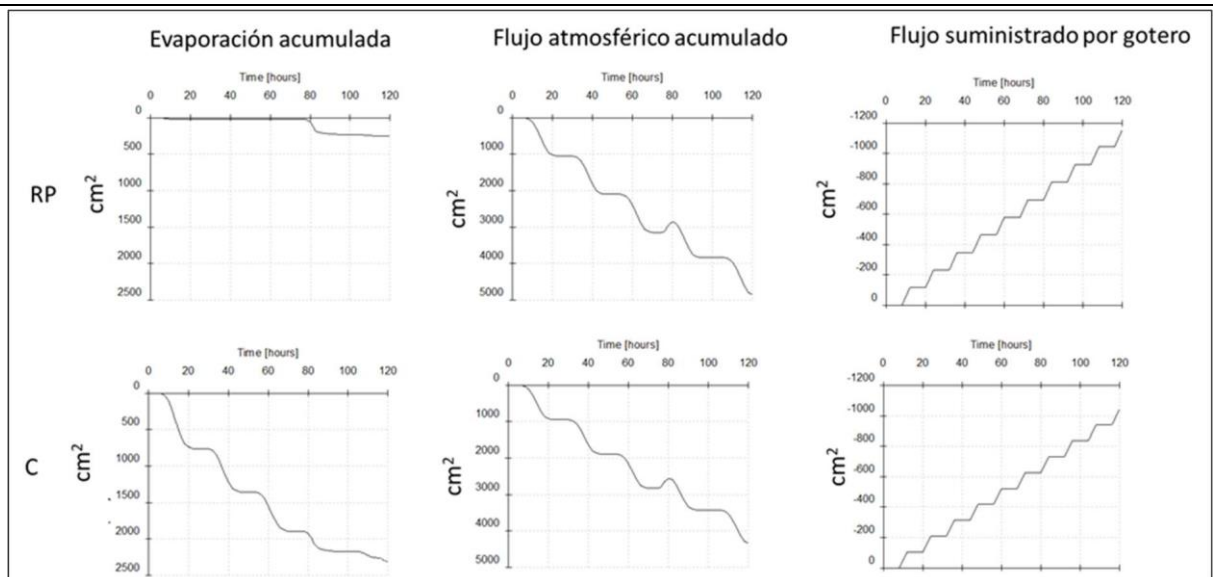


Fig. 7. Evaporación, flujo atmosférico acumulado y flujo suministrado por el gotero simulado con HYDRUS-2D para los tratamientos C y PR.

- Estos mayores valores de flujo suministrado por el gotero y flujo atmosférico en RP se deben posiblemente a la gran capacidad del acolchado de paja para absorber el agua de riego (**Fig. 7**), que hace que parte del agua quede retenida en la paja, y posteriormente transmitida a la atmósfera.
- Finalmente, el menor contenido de agua en el suelo observado en el año 2022 en rP se debe al menor suministro de agua, al disponer solo de un gotero (**Fig. 8**).

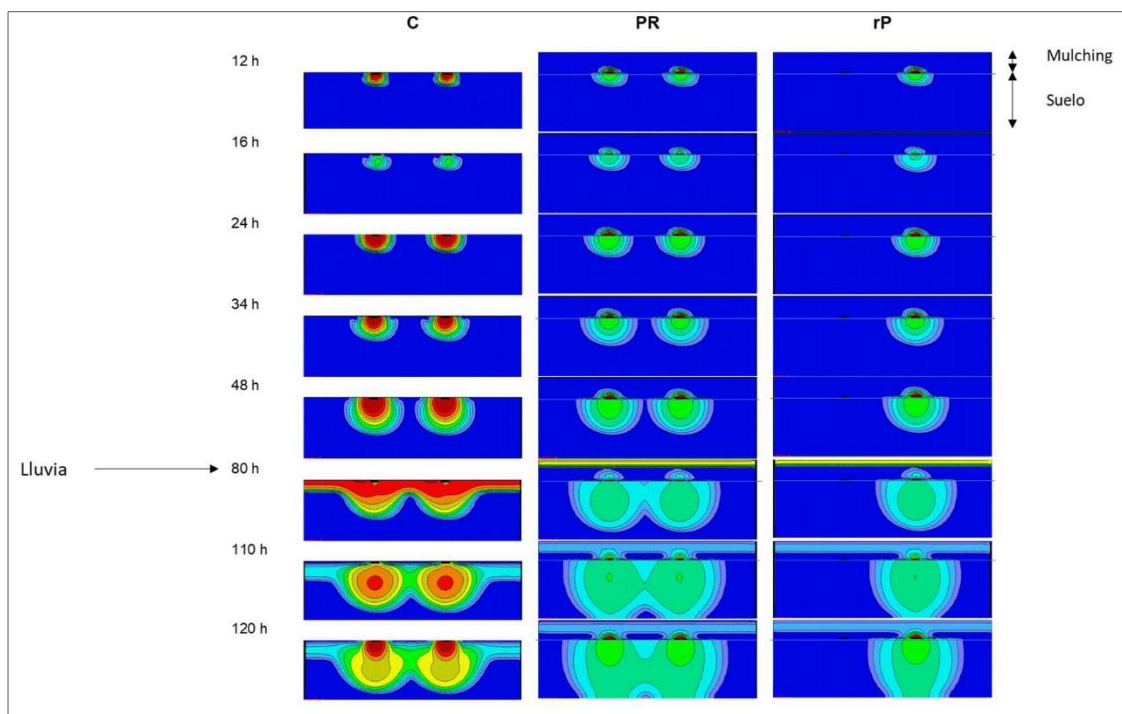


Fig. 8. Evolución del perfil de agua en el suelo simulados por HYDRUS-2D para los tratamientos C, PR y rP.

- No se observaron diferencias significativas en humedad de agua en el suelo entre C y PR, cuyas mayores pérdidas de agua por evaporación en C se compensaron posiblemente por un mayor flujo atmosférico y flujo de agua suministrado por el gotero en RP debido al exceso de agua almacenada en el acolchado de paja.
- A partir del periodo de maduración de la fruta, rP almacena menos volumen de agua en el suelo.

Objetivo 3. Eliminación de herbicidas y efectos en la fenología, cosecha y calidad de fruto

Para determinar el impacto de la eliminación de herbicidas y la reducción de riego en la producción, se han evaluado los efectos del acolchado en la productividad, teniendo en cuenta los siguientes parámetros que están interrelacionados: floración, cuajado de fruto, maduración, cosecha y calidad de fruto.

En todos los ensayos de cerezo (Caspé, Albalate de Cinca), ciruelo (Caspé) e higuera (Albalate de Cinca), se controlaron con éxito las malas hierbas en las líneas sin necesidad de tratamientos con herbicidas ni tratamientos mecánicos.

En las plantaciones jóvenes de cerezos y ciruelos se redujeron las mareas de los plantones en más del 40%, debido a que no se aplicaron herbicidas.

Para determinar el efecto del acolchado de paja sobre la floración, cuajado de fruto, maduración y cosecha, se seleccionaron 5 árboles de cada tratamiento en las dos variedades de cerezo (Earlise y Lapins). En cada árbol se seleccionaron 4 ramas en las que se realizaron todos los conteos y muestreos (Figura 9)



Figura 9. Ramas seleccionadas y marcadas con el color correspondiente a cada tratamiento en la variedad de cerezo Lapins.

Efectos sobre la floración y el cuajado

Para determinar el efecto del acolchado de paja sobre la época de floración, en los días previos a la floración se realizaron conteos de flores cerradas y flores abiertas. No se observó ningún efecto en la época de floración en ninguno de los tratamientos en las dos variedades (Figura 10), ya que en todos los casos el porcentaje de flores abiertas y cerradas en las fechas de conteo fue similar.

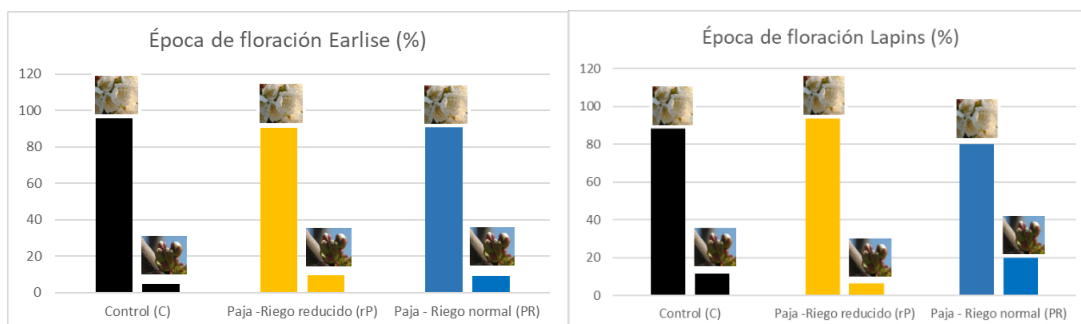


Figura 10. Época de floración. Porcentaje de flores abiertas y cerradas en los días previos a la floración en árboles control (C), con acolchado de paja y riego reducido (rP) y con acolchado de paja y riego normal (PR) en las variedades de cerezo Earlise (izquierda) y Lapins (derecha).

Para determinar el efecto del acolchado de paja sobre el cuajado de fruto, se realizaron conteos de los frutos de cada rama (Figura 11) y se cuantificó el porcentaje de frutos respecto al número inicial de flores (Figura 12).



Figura 11. Frutos en desarrollo después del cuajado inicial en la variedad de cerezo Earlise.

Se observaron grandes diferencias entre años para cada variedad, siendo los cuajados mucho mayores en las dos variedades en 2022. Sin embargo, el acolchado de paja no afectó negativamente en ningún caso, siendo incluso mayor en el tratamiento PR de la variedad Lapins los dos años.

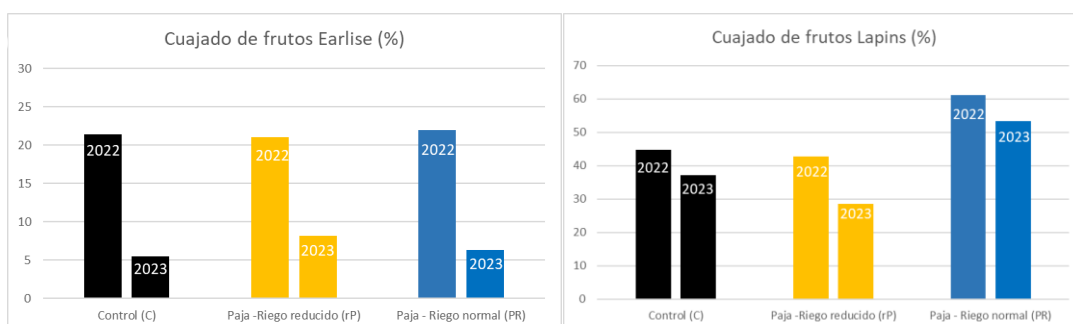


Figura 12. Cuajado de frutos. Porcentaje de frutos cuajados respecto al número inicial de flores en árboles control (C), con acolchado de paja y riego reducido (rP) y con acolchado de paja y riego normal (PR) en las variedades de cerezo Earlise (izquierda) y Lapins (derecha).

Efectos sobre la maduración, cosecha y calidad de fruto

Para determinar el efecto del acolchado de paja sobre la época de maduración, en los días previos a la cosecha se realizaron conteos de frutos maduros e inmaduros. No se observó ningún efecto en la época de maduración en ninguno de los tratamientos en las dos variedades (Figura 13), ya que en todos los casos el porcentaje de frutos maduros e inmaduros en las fechas de conteo fue similar.

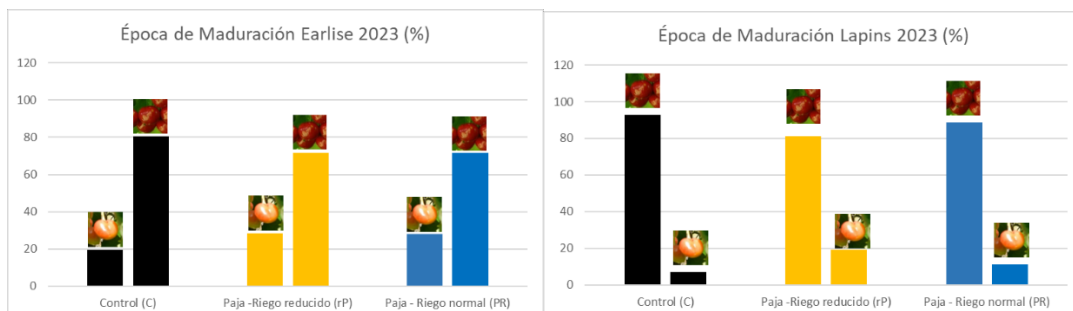


Figura 13. Época de maduración. Porcentaje de frutos maduros e inmaduros los días previos a la cosecha en árboles control (C), con acolchado de paja y riego reducido (rP) y con acolchado de paja y riego normal (PR) en las variedades de cerezo Earlise (izquierda) y Lapins (derecha).

Se recolectaron los frutos de cada uno de los cinco árboles de cada tratamiento y variedad. La cosecha total siguió unas proporciones similares a las observadas en los porcentajes de cuajado de fruto. Se observaron grandes diferencias entre años para cada variedad, siendo la cosecha mucho mayor en 2022 en las dos variedades. Sin embargo, el acolchado no afectó negativamente en ningún caso, siendo incluso mayor en el tratamiento PR de la variedad Lapins, especialmente en 2022.

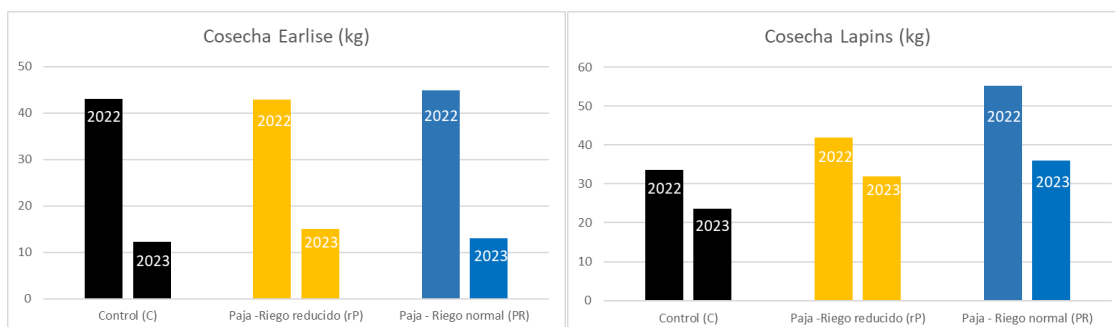


Figura 14. Cosecha. Peso de los frutos recolectados en árboles control (C), con acolchado de paja y riego reducido (rP) y con acolchado de paja y riego normal (PR) en las variedades de cerezo Earlise (izquierda) y Lapins (derecha).

Se muestrearon 100 frutos maduros de cada variedad y tratamiento, sobre los que se caracterizó el tamaño, color, peso, sólidos solubles y ácidos. No se encontraron diferencias de calibre ni color entre tratamientos para la misma variedad. El análisis del peso de los frutos maduros (Figura 15) mostró diferencias en Lapins respecto al control, pero se consideran normales debido al mayor porcentaje de cuajado (a mayor número de frutos, estos presentan menor calibre) y no se relaciona a un efecto fisiológico provocado por los tratamientos.

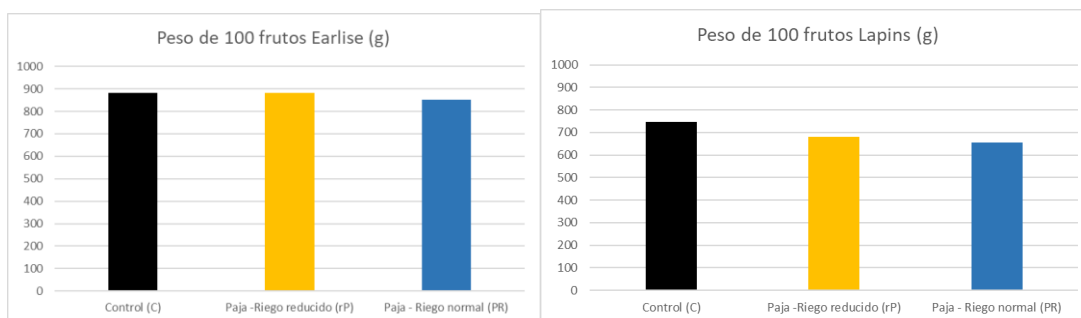


Figura 15. Peso de una muestra de 100 frutos recolectados en árboles control (C), con acolchado de paja y riego reducido (rP) y con acolchado de paja y riego normal (PR) en las variedades de cerezo Earlise (izquierda) y Lapins (derecha).

El análisis de la calidad de frutos a través del contenido de azúcares (sólidos solubles) (Figura 16) y acidez (ácido málico) (Figura 17) del zumo procedente de los 100 frutos muestreados en maduración no mostró diferencias significativas en ningún parámetro.

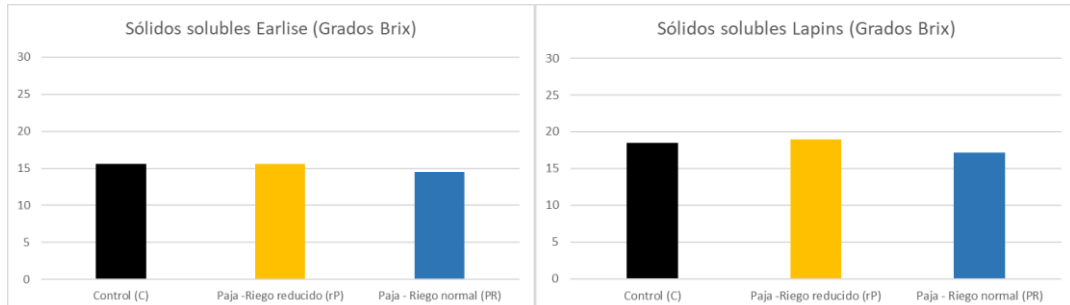


Figura 16. Contenido de sólidos solubles de frutos maduros recolectados en árboles control (C), con acolchado de paja y riego reducido (rP) y con acolchado de paja y riego normal (PR) en las variedades de cerezo Earlise (izquierda) y Lapins (derecha).

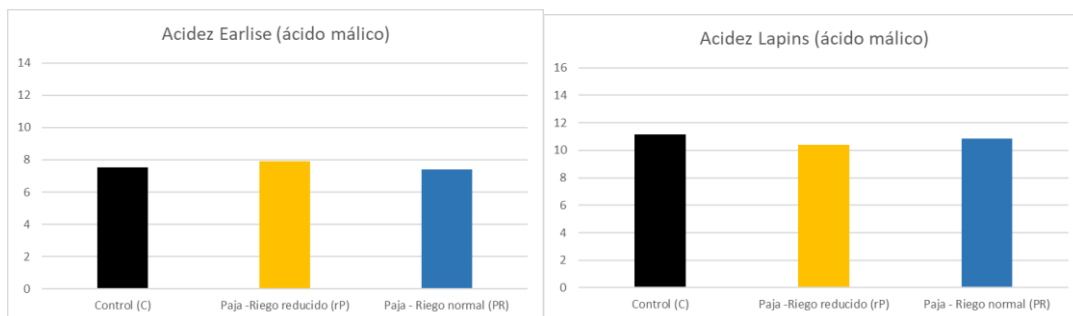


Figura 17. Acidez de frutos maduros recolectados en árboles control (C), con acolchado de paja y riego reducido (rP) y con acolchado de paja y riego normal (PR) en las variedades de cerezo Earlise (izquierda) y Lapins (derecha).

Descripción de los potenciales beneficiarios de los objetivos alcanzados (p.e.: regantes, ganaderos de ovino, industrias conserveras...):

Los resultados tendrán un impacto directo en las más de 1.000 ha de superficie de frutales que aglutinan los socios del grupo, pero pueden tener impacto en el sector frutal aragonés en general, con todos los fruticultores aragoneses como potenciales beneficiarios, ya que presentan la misma problemática e interés en reducir el uso de herbicidas, y ocupan más 100.000 ha, incluyendo fruta dulce, frutos secos y olivos. Este ámbito de aplicación puede ampliarse tanto a nivel nacional como internacional.

Conclusiones del proyecto (éxito o fracaso del proyecto y motivos, si es aplicable en el sector al que va dirigido, si debe tener continuidad, etc.):

El acolchado orgánico (paja de cereal) en las líneas de frutales ha producido diferentes beneficios económicos y medioambientales, ya que ha permitido la eliminación del uso de herbicidas, la reducción del número de marras ocasionada por los herbicidas en los primeros años de plantación y el aprovechamiento de subproductos del sector agrario.

Además, no ha afectado negativamente a la fenología, la cosecha ni la calidad de fruto, teniendo una influencia positiva en la estructura y el contenido de humedad del suelo.

El acolchado de paja en las líneas de frutales incrementa el contenido de carbono orgánico y la resistencia del suelo al efecto erosivo y disgregador del agua (menor susceptibilidad al encostramiento). Con respecto al riego, su reducción no parece producir un efecto significativo sobre la calidad del suelo ya que, generalmente, las diferencias entre riego reducido y riego normal con paja son menores que las encontradas con respecto al suelo desnudo.

En relación a la conservación de agua en el suelo, el uso de cobertura de paja tuvo un comportamiento similar al tratamiento control sin paja, mostrando el tratamiento de riego reducido una disponibilidad de agua significativamente menor. Así pues, el uso de cobertura de paja para el control de hierbas adventicias no afectó negativamente al balance de agua del suelo.

El acolchado de paja y la reducción del riego no afectaron a la fenología (época de floración y maduración) ni a la calidad de la fruta. Tampoco se observaron efectos negativos en el porcentaje de cuajado de frutos ni en la cosecha final, llegando a aumentar en una de las variedades analizadas en el tratamiento de paja y riego normal (RP).

Estos resultados muestran los efectos beneficiosos del acolchado de paja en las líneas sobre la estructura del suelo, el estado hídrico del suelo y la fenología, producción y calidad de la cosecha, aunque deberían confirmarse a más largo plazo ya que solo se han obtenido resultados en dos campañas desde la aplicación del acolchado de paja.

Indicar los medios de divulgación de los resultados obtenidos (publicaciones, manual de buenas prácticas, recomendaciones, folletos divulgativos, página web u otros):

Publicaciones

- Informe final del proyecto y presentación final de diapositivas

<https://www.aragon.es/-/resultados-grupos-cooperacion-2020>

- Acolchado de paja en líneas de frutales. María Victoria López, David Moret, Javier Rodrigo. Web RICA:

<https://rica.chil.me/index?m=1>

- Web CITA:

<https://www.cita-aragon.es/proyecto/grupo-de-cooperacion-acolchado-de-paja-en-lineas-de-frutales/>

Prensa escrita

- Heraldo de Aragón: <https://www.heraldo.es/noticias/aragon/2020/12/29/paja-a-los-pies-del-arbol-para-protger-los-frutales-1412291.html>

- Diario Aragonés: <https://diarioaragones.com/el-cita-participa-en-10-proyectos-del-programa-de-desarrollo-rural-de-aragon-2014-2020/>

- El periódico de Aragón:

https://www.elperiodicodearagon.com/noticias/aragon/cita-investiga-acolchado-paja-lineas-frutales_1439590.html

Medios digitales

- Tecnología agrícola

<https://www.tecnologiahorticola.com/cita-frutales-alcolchado-paja/>

- Noticias de Aragón, <https://www.noticiasde.es/aragon/el-cita-participa-en-10-proyectos-del-programa-de-desarrollo-rural-de-aragon-2014-2020/>

- Aragón digital, <https://www.aragondigital.es/2020/09/13/el-cita-participa-en-diez-proyectos-del-programa-de-desarrollo-rural-de-aragon-2014-2020/-rural-de-aragon-2014-2020/>

- <http://comunicacionbajoaragon.com/el-cita-participa-en-10-proyectos-del-programa-de-desarrollo-rural-de-aragon-2014-2020/>

- Aragón hoy: <https://www.aragonhoy.es/agricultura-ganaderia-y-medio-ambiente/cita-investiga-acolchado-paja-71786>

- Web CITA:

<https://www.cita-aragon.es/es/noticias/el-cita-investiga-sobre-el-acolchado-de-paja-en-lineas-de-frutales>

- Aragón Hoy

<http://www.aragonhoy.net/index.php/mod.noticias/mem.detalle/area.1343/id.267002>

- Aragón digital:

<https://www.aragondigital.es/2020/10/11/el-cita-investiga-sobre-el-acolchado-de-paja-en-lineas-de-frutales/>

- Twitter (X): <https://twitter.com/GobAragon/status/1315670309001818112>

En Zaragoza a fecha de la firma electrónica

Firmado: LA PERSONA COORDINADORA

DIRECTORA GENERAL DE DESARROLLO RURAL