



## INFORME FINAL DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**CÓDIGO PROYECTO:** RTA2015-00047-C05-03

**TÍTULO:** Desarrollo De Acolchados De Aplicación Líquida (Hidroacolchado) Para El Control De Malas Hierbas Y Ahorro De Agua De Riego En Cultivos Plurianuales

**INVESTIGADOR PRINCIPAL:** Marta María Moreno Valencia

**ENTIDAD SOLICITANTE:** Universidad De Castilla-La Mancha

**CENTRO:** Escuela Técnica Superior De Ingenieros Agrónomos De Ciudad Real

**FECHA INICIO DEL PROYECTO:** 26-06-2017

**FECHA FINALIZACIÓN DEL PROYECTO:** 25-06-2021

## EQUIPO INVESTIGADOR

### **Investigador principal del Proyecto:**

Marta María Moreno Valencia. Dra. Ingeniera Agrónoma

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSIA) de Ciudad Real. Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM).

### **Investigadores:**

Carmen Moreno Valencia. Dra. en Ciencia E Ingeniería Agraria. Licenciatura Ciencias Químicas (Especialidad Química Industrial). Escuela Técnica Superior De Ingenieros Agrónomos (ETSIA) De Ciudad Real (UCLM).

Juan Antonio Campos Gallego. Dr. en Ciencias Biológicas. Escuela Técnica Superior De Ingenieros Agrónomos (ETSIA) De Ciudad Real (UCLM).

Concepción Fabeiro Cortés. Dra. Ingeniera Agrónoma. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de Albacete. (UCLM).

Esaú Martínez Burgos. Ingeniero Agrónomo. IRIAF-CIAG El Chaparrillo. Consejería de Agricultura, Agua y Desarrollo Rural. JCCM.

Jaime Villena Ferrer. Dr. en Ciencias Agrarias y Ambientales. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSIA) de Ciudad Real (UCLM).



## OBJETIVOS, PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

### OBJETIVOS

**Objetivo 1.** Efecto de las mezclas consideradas más adecuadas como acolchado en cultivos plurianuales.

- **Subobjetivo 1.2.** Efecto sobre el control de las malas hierbas
- **Subobjetivo 1.3.** Efecto sobre el desarrollo de los cultivos y el rendimiento
- **Subobjetivo 1.4.** Duración de la capa y de sus propiedades mecánicas en el suelo y efecto sobre el suelo
  - 1.4.2. Estudio del efecto del hidroacolchado sobre propiedades físicas del suelo
- **Subobjetivo 1.5.** Efecto sobre el estado hídrico de los cultivos.
- **Subobjetivo 1.6.** Interacción de material con el medio ambiente.

### PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

#### 1. LOCALIZACIÓN DEL CAMPO DE ENSAYO

El ensayo de campo se realizó durante las campañas 2018 a 2020 en la finca de investigación “La Entresierra” del Centro de Investigación Agroambiental “El Chaparrillo”, perteneciente a la Consejería de Agricultura, Agua y Desarrollo Rural de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. La finca se encuentra en el término municipal de Ciudad Real. Sus coordenadas geográficas son: 3º56’ longitud W; 39º0’ latitud N y 640 m de altitud.

#### 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ENSAYOS. DISEÑO EXPERIMENTAL

En este trabajo se testaron diversas composiciones de hidromulch paralelamente en dos ensayos de campo, uno de almendro y otro de olivar con las siguientes características:

1. Plantación intensiva de almendros en espaldera, de cinco años de edad.
2. Plantación de olivos de dos años en contenedores de grandes dimensiones

Los materiales de hidromulch ensayados, incluyeron subproductos agrarios de distinta procedencia, mezclados con pasta de papel para dar consistencia y homogeneizar la mezcla, y yeso comercial de construcción en pequeña proporción como conglomerante para facilitar el secado y compactación del material.

Los tratamientos planteados en el ensayo fueron los siguientes:

**Tabla 1.** Tratamientos de acolchado ensayados.

Tratamientos	Almendro		Oливо	
	2018	2019-21	2018	2019-21
• Cascarilla de arroz + pasta de papel + yeso (AY)	x	x	x	x
• Cascarilla de arroz + pasta de papel + yeso + fibra Kraft + aceite de linaza (ACY)		x		x
• Sustrato postcultivo de champiñón y setas (SPCH) recompostado + pasta de papel + yeso (CY)	x	x	x	x
• Paja de cebada + pasta de papel + yeso (PY)	x	x	x	x
• Restos triturados de madera de pistacho + pasta de papel + yeso + fibra Kraft (PIY)				x
• Restos triturados de madera de viña + pasta de papel + yeso + fibra Kraft (SY)				x
• Desherbado manual (testigo desherbado)	x	x	x	x
• Testigo sin desherbar	x	x	x	x



### **3. CONTROLES REALIZADOS**

#### **3.1. Determinaciones sobre parámetros del suelo.**

Las medidas se realizaron aproximadamente cada mes a lo largo del ensayo en puntos prefijados en cada parcela elemental (una medida en todos los contenedores en olivo y en dos árboles por parcela elemental en almendro).

##### ***3.1.1. Seguimiento de la humedad del suelo.***

##### ***3.1.2. Seguimiento de la temperatura del suelo.***

##### ***3.1.3. Seguimiento del flujo de CO<sub>2</sub> del suelo.***

Durante el ensayo, se realizaron medidas relativas a la evolución de la resistencia de los materiales a la perforación, de su temperatura superficial y de su degradación.

#### **3.2. Determinación en los materiales de hidromulch.**

Periódicamente desde el inicio de los ensayos, se evaluó la degradación de los hidromulches a través del número y dimensiones de las grietas aparecidas en cada material, de la medida de su espesor y de la cobertura del suelo por los materiales durante el período de ensayo.

##### ***3.2.1. Seguimiento de la resistencia a la perforación del hidromulch.***

##### ***3.2.2. Seguimiento de la temperatura superficial del hidromulch.***

##### ***3.2.3. Seguimiento de la degradación del hidromulch.***

#### **3.3. Seguimiento del control de malas hierbas.**

También se evaluó la incidencia de las malas hierbas en todos los tratamientos, contabilizándose el número de hierbas y de especies emergidas a través de los hidromulches y en los testigos

#### **3.4. Determinaciones sobre parámetros de los cultivos.**

A lo largo del ensayo se realizaron medidas relativas al estado hídrico de los cultivos y a su crecimiento, como se describe a continuación.

##### ***3.4.1. Seguimiento del estado hídrico de los cultivos.***

Se realizó un seguimiento del estado hídrico de los cultivos a fin de detectar posibles estreses ocasionados por la presencia o la falta de la cubierta. Las medidas realizadas fueron:

- Potencial hídrico del tallo ( $\Psi_t$ , MPa).
- Intercambio gaseoso: fotosíntesis neta ( $A_n$ , resultante del balance Fotosíntesis – Respiración, en  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), conductancia estomática ( $g_s$ ,  $\text{mmol agua m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) y transpiración ( $E$ ,  $\text{mmol agua m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).
- Temperatura foliar con termómetro manual de infrarrojos (modelo DVM8861). La medida se realizó en ambos ensayos.

##### ***3.4.2. Seguimiento del crecimiento de los cultivos.***



## RESULTADOS ALCANZADOS EN EL PROYECTO

### **1. Efecto de los Hidromulches sobre parámetros del suelo.**

#### **1.1. Humedad del suelo.**

En relación al ensayo de **almendro**, la humedad volumétrica del suelo se mantuvo en el intervalo 15-25% en la mayor parte del ensayo en la mayoría de los tratamientos. Sin embargo, en 2018 estos valores fueron claramente inferiores, en el intervalo 10-15%, en el tratamiento control sin desherbar a 5 cm de profundidad durante gran parte del ciclo, posiblemente como consecuencia de una mayor evapotranspiración (cultivo más hierbas). Al comparar los tres tratamientos de hidromulch se observan escasas diferencias,

En relación al ensayo de **olivo**, se observa un incremento gradual de la humedad desde la superficie hacia las mayores profundidades, desde valores en torno al 5% de humedad volumétrica en superficie durante los meses estivales a valores en el intervalo 35-45% a 40 cm, lo cual indica una mayor salida de agua desde las capas superficiales del suelo hacia la atmósfera.

#### **1.2. Temperatura del suelo.**

En ambos ensayos se observa el efecto amortiguador del suelo sobre la temperatura, correspondiendo las máximas fluctuaciones a la temperatura del aire. Por otra parte, las temperaturas medias del suelo, con y sin cubierta, fueron superiores a la temperatura del aire durante los meses estivales, especialmente en los suelos sin cubierta y de forma más acusada en DD, igualándose a la temperatura aérea en los meses invernales.

Todos los tratamientos siguieron el mismo comportamiento a lo largo del ciclo en ambos ensayos, observándose escasas diferencias entre los distintos hidromulches (aunque con valores ligeramente más bajos para el tratamiento a base de paja, PY). Los valores más elevados correspondieron a los tratamientos sin cubierta, especialmente al testigo desherbado (DD) en la época estival de máximas temperaturas, seguido del testigo sin desherbar (DSD). La temperatura en este último fue ligeramente menor que en DD posiblemente debido a que las hierbas redujeron la incidencia de la radiación directamente sobre el suelo y pudieron crear un microclima con temperaturas menos elevadas.

#### **1.3. Flujo de CO<sub>2</sub> del suelo.**

La evolución del flujo de CO<sub>2</sub> del suelo a lo largo del ciclo, también conocido como respiración neta o tasa de intercambio neto de CO<sub>2</sub>, en 2018 la respiración del suelo fue mayor en el caso olivo que en el almendro, lo cual pudo deberse tanto al mayor contenido de materia orgánica como a las mayores temperatura y humedad del suelo registradas en el ensayo de olivo,

### **2. Evolución de los Hidromulches durante el ensayo.**

A continuación, se indican los resultados relativos a la evolución de la temperatura superficial de los distintos materiales en campo, su resistencia a la perforación y medidas de su degradación a lo largo del tiempo a través del seguimiento de su espesor, presencia y magnitud de grietas, así como de la cobertura del suelo por parte del material.

#### **2.1. Resistencia del hidromulch a la perforación.**

En términos generales, la dureza de los hidromulches en 2019 fue superior a la de 2018 debido al incremento del contenido de yeso y a la incorporación de la fibra Kraft en la composición de los materiales.

Comparando ambos ensayos (almendro y olivo), en general se observan valores ligeramente superiores en el ensayo de olivo que en el de almendro a excepción de las últimas fechas correspondientes al período invernal, donde los valores fueron similares en los distintos tratamientos e inferiores a los obtenidos en fechas anteriores, posiblemente debido a la humedad del ambiente y a la precipitación propia de estas fechas.

#### **2.2. Temperatura superficial del material/suelo.**

Las temperaturas evolucionaron de forma similar en ambos ensayos, si bien en el caso del olivo permanecieron más altas durante los meses estivales en 2018 y 2019, con valores en el intervalo 50-60°C. En todo caso, la temperatura de los distintos tratamientos fue superior a la temperatura ambiente. Las escasas diferencias entre las temperaturas de los materiales de hidromulch están en concordancia con los resultados de la temperatura del suelo anteriormente expuestos.



## **2.3. Degradación de los Hidromulches.**

### **2.3.1. Espesor.**

Este parámetro ha evolucionado de forma similar en ambos ensayos. Desde su colocación, CY fue el material con menor espesor, lo cual pudo deberse a su consistencia más líquida en el momento de su aplicación, lo que propiciaría el que una mayor parte del componente líquido de la mezcla se infiltrase en el suelo antes de solidificar, reduciendo así su espesor.

Atendiendo a la pérdida de espesor, es destacable el hecho de que, en el ensayo de olivo, los tres materiales redujeron su espesor en torno a un 20% (2,5-3 mm). En el ensayo de almendro, sin embargo, el mayor descenso se produjo en CY, alrededor de un 40% ( $\approx 7$  mm), seguido de un 25% en PY ( $\approx 4$  mm) y de un 24% en AY ( $\approx 4$  mm). En 2019, los mayores espesores correspondieron a ACY.

### **2.3.2. Cobertura del suelo por el material.**

Cabe destacar, como era de esperar, la menor degradación de los hidromulches en 2019 como consecuencia del mayor aporte de yeso.

En 2018, el tratamiento AY sufrió una escasa degradación, en torno a un 3% de su superficie, en ambos ensayos. En el caso del olivo, los tres materiales siguieron un comportamiento similar, presentándose diferencias significativas entre ellos únicamente en la última fecha de muestreo, antes de su retirada, donde los valores más bajos correspondieron a CY, que perdió en torno a un 5% de su superficie ( $P < 0,05$ ). En el ensayo de almendro, sin embargo, las pérdidas de material en CY y PY fueron más acusadas, especialmente en CY en las dos últimas fechas. Así, en el último muestreo, la cobertura de PY y CY se redujo en un 8 y un 12%, respectivamente, respecto de los valores iniciales.

Las diferencias entre ambos ensayos y el hecho de que CY sufriese la mayor degradación, especialmente en el almendro, está en concordancia con la pérdida de espesor de los hidromulches, achacable a que los materiales en los contenedores estaban más resguardados y menos húmedos por estar la tubería portagoteros más enterrada y a la propia naturaleza de CY, material más poroso en el que pequeños aportes de agua producen un aumento importante de su humedad.

En 2019, los hidromulches cubrieron la totalidad del suelo durante nueve meses; a partir de febrero de 2020 sufrieron una progresiva degradación, siendo, al igual que en el año anterior, mucho más acusada en CY que en el resto de tratamientos, y, en el caso del olivo, intermedia para el hidromulch con sarmiento de viña (SY).

## **3. Efecto de los Hidromulches sobre el control de malas hierbas.**

Comparando los años 2018 y 2019, se observa que, debido a la mayor compactación de los materiales por el aporte extra de yeso, existe una menor proliferación de malezas en el segundo año.

Comparando ambos ensayos (almendro y olivo) se aprecia que, en términos generales, la infestación por malas hierbas fue superior en el ensayo de olivo, especialmente en el testigo DSD, donde se llegó a alcanzar una cobertura del 70%. En los restantes tratamientos, tanto de hidromulch como en DD, los valores fueron muy inferiores, llegándose a registrar, en el ensayo de olivo, máximos en torno al 20% de cobertura a primeros de septiembre y en el último muestreo de marzo, y en el ensayo de almendro en el último muestreo, antes de ser retirados los materiales.

## **4. Efecto de los Hidromulches sobre parámetros de los cultivos.**

### **4.1. Efecto sobre el estado hídrico de los cultivos.**

En el ensayo de almendro, los valores de  $\Psi_t$  obtenidos fueron más bajos en los meses estivales, coincidiendo con la época de mayor demanda evaporativa de la atmósfera (mayor temperatura, mayor radiación, menor humedad ambiental). En relación al posible efecto del tratamiento de hidromulch sobre este parámetro, no se apreciaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos a excepción de en la primera fecha de medida (21 de junio), donde AY presentó valores de  $\Psi_t$  significativamente mayores (menos negativos) que CY y los tratamientos control (más negativos, indicativo de un mayor estrés hídrico). Considerando los valores medios promediados de todas las campañas, se observa, especialmente en 2019 y 2020, los mayores y menores potenciales en ACY y testigos sin hidromulch, respectivamente.

Atendiendo a la temperatura foliar en almendro, en general siguió un patrón paralelo a la temperatura del aire. En 2018 los valores fueron muy estables en todos los tratamientos durante el período de medidas, obteniéndose los datos más bajos en el primer y último muestreo. No se produjeron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos en las distintas fechas de medida, lo que indicaría que, atendiendo a este



parámetro, todas las plantas reaccionaron de forma similar a las condiciones hídricas de suelo y ambiente, independientemente de la presencia de cubierta y de la naturaleza de ésta, no observándose un aumento de temperatura como resultado de un posible cierre estomático y, consecuentemente, una reducción de la transpiración. En 2019 y especialmente en 2020, la temperatura foliar fue muy superior a la alcanzada en 2018, coincidente con los menores valores de potencial hídrico, llegándose incluso a sobrepasar los 40°C en agosto de 2020.

En el ensayo de olivo, la temperatura foliar también evolucionó de forma similar a la temperatura ambiente, alcanzándose los máximos valores en las medidas estivales. Tampoco en este caso se observaron diferencias acusadas entre tratamientos, tanto en las distintas fechas como en el promedio de las mismas, lo que indicaría que, según este parámetro, los diferentes estados de humedad del suelo registrados en los distintos tratamientos no se tradujeron en una diferente temperatura foliar, indicativa del estado hídrico de la planta.



## INFORMACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA PROPORCIONADA POR EL PROYECTO. POSIBLES APLICACIONES

Las ventajas del acolchado están fuera de toda duda, pero el uso masivo tanto del polietileno como de herbicidas conlleva necesariamente un importante efecto medioambiental, ya que, en el caso del polietileno, aun enterrado permanece inalterable, y, en el caso de los herbicidas, el efecto contaminante de agua, suelo y aire es evidente. La búsqueda de alternativas especialmente al uso de herbicidas es aún más necesaria en el caso de plantaciones jóvenes de cultivos leñosos, especialmente sensibles a las fitotoxicidades por herbicidas, como en agricultura ecológica, donde la utilización de los fitosanitarios de síntesis no está permitida.

Si bien la planificación del ensayo ha sufrido importantes limitaciones como consecuencia de la pandemia derivada del Covid-19, como el hecho de no poder aplicar mezclas nuevas de hidromulches en la primavera de 2020 y limitar así el estudio de campo en el tercer y cuarto año a la evolución de los materiales aplicados en la primavera de 2019, el proyecto ha generado una importante cantidad de información y de ella se pueden extraer las principales conclusiones de carácter técnico que se indican a continuación.

La principal conclusión derivada de los resultados obtenidos a lo largo de ambos ensayos (plantación en campo y en contenedores), en relación al control de las malas hierbas, es la importancia de que los materiales de hidromulch se mantengan lo más secos posible. Hemos podido constatar que, cuando el material se humedece (bien por el agua de riego, bien por lluvias o niebla), se reblandece, perdiendo así su resistencia frente a la perforación y por tanto permitiendo la emergencia de la flora espontánea. Además, cuando el material se humedece, se intensifica el ataque de la fauna (conejos, jabalíes, pájaros, etc.), acelerando el proceso de deterioro del hidromulch. Todos estos inconvenientes han quedado mucho más patentes en el ensayo de campo, ya que en el experimento en contenedores, al encontrarse la tubería de riego a una mayor profundidad y al estar el material más protegido del exterior, los problemas anteriores no se han presentado, lo que posicionaría a los hidromulches como una alternativa interesante en cultivos de maceta, por ejemplo en viveros y prácticas de jardinería.

En relación a los materiales ensayados, el hidromulch a base de sustrato postcultivo de champiñón y setas recompostado (CY) sufre una fuerte disgregación, integrándose por completo en el suelo, especialmente en los cultivos en campo. En el ensayo en contenedores, los mejores resultados, especialmente en cuanto a degradación y control de malas hierbas, se observó en el tratamiento de cascarilla de arroz con aplicación de aceite de linaza como impermeabilizante (ACY); también el tratamiento a base de restos de poda de pistacho ofrece mejores resultados que el de sarmientos de viña en cuanto a degradación, ya que este componente da una mayor consistencia al material.

Ha quedado patente en el ensayo la importancia de realizar parcheos de los materiales conforme se van degradando. Por otra parte, la dificultad de adquirir la pasta de papel de celulosa de industrias papeleras, tanto por la distancia de dichas empresas al usuario final (lo que sin duda encarece el precio y la huella ambiental del material), como los problemas de malos olores derivados de su transporte -que han llevado en algunos casos a que las empresas de transporte se nieguen a su entrega-, nos ha conducido a replantear, con la base del presente proyecto y la experiencia adquirida en cuanto a la formulación y manejo de los hidromulches, un nuevo proyecto coordinado, recientemente aceptado en la última convocatoria nacional de Proyectos de I+D+i (PID2020-113865RR-C43), la utilización de materiales propios de cada zona, en base a un sistema de economía circular, y su extensión a otro tipo de cultivos, incluyendo tanto cultivos de campo como viveros y parques y jardines.



## FORMACIÓN DE PERSONAL EN RELACIÓN AL PROYECTO

### Beca de colaboración:

Adscrita al Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria de la Universidad de Castilla-La Mancha, concedida por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Estudiante: Manuel Ramírez Luna. Tutor: Marta María Moreno Valencia. Curso académico 2018/2019. Grado: Ingeniería Agrícola y Agroalimentaria. Mención: Explotaciones Agropecuarias. Plan de trabajo en el marco del proyecto RTA2015-00047-C05-03.

### Tesis doctorales (en fase de elaboración)

Título. *Evaluación de acolchados de aplicación líquida (hidromulches) en cultivos leñosos en Ciudad Real.*

Doctorando: Sara González Mora.

Directores: Marta María Moreno Valencia, Carmen Moreno Valencia.

Escuela / Universidad: Escuela / Universidad: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Ciudad Real / Universidad de Castilla-La Mancha.

Programa de doctorado: Ciencias Agrarias y Ambientales. Área de conocimiento: Producción Vegetal.

### Trabajos fin de grado

Título. *Evaluación de hidromulches en cultivos leñosos en Ciudad Real.*

Estudiante: Manuel Ramírez Luna

Directores: Marta María Moreno Valencia, Jaime Villena Ferrer.

Escuela / Universidad: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Ciudad Real / Universidad de Castilla-La Mancha.

Grado: Ingeniería Agrícola y Agroalimentaria. Mención: Explotaciones Agropecuarias

Fecha de lectura: enero de 2020.

Calificación: Matrícula de Honor (10).

## TRABAJOS PRESENTADOS A CONGRESOS, SIMPOSIOS,

Autores: González-Mora S., Villena J., Moreno C., Atance C., Moreno M.M.

Título: Hidromulches en plantaciones jóvenes de olivo: ¿Una alternativa al uso de herbicidas convencionales?

Tipo participación: Poster científico y comunicación escrita.

Congreso: XXVII Jornadas Técnicas de SEAE-VI Congreso Valenciano de Agricultura Ecológica.

Publicación: Libro de actas.

Lugar celebración: Gandía (Valencia) Fecha: 03-04/10/2019

Autores: Moreno M.M., Villena J., Gonzalez S., Atance C., Ramírez M., Campos J.A., Moreno C.

Título: The use of hydromulches in organic farming: Effect on different soil parameters in Central Spain.

Tipo participación: Poster científico y comunicación escrita.

Congreso: European Geoscience Union (EGU) General Assembly.





MINISTERIO  
DE CIENCIA,  
INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES



IRIAF  
Instituto Regional de Investigación y Desarrollo  
Agroalimentario y Forestal de Castilla-La Mancha



Publicación: Libro de actas, Geophysical Research Abstracts EGU2020-17394

Lugar celebración: Viena (Austria) Fecha: 03-08/05/2020

Autores: Moreno M.M., Villena J., Gonzalez S., Atance C., Ortega C., Ruiz-Orejón A., Campos J.A., Moreno C.

Título: Hydromulches as a possible alternative to herbicides in organic woody crops.

Tipo participación: Poster científico y comunicación escrita.

Congreso: European Geoscience Union (EGU) General Assembly.

Publicación: Libro de actas, Geophysical Research Abstracts EGU21-13141

Lugar celebración: Viena (Austria) Fecha: 19-30/04/2021