



Universidad
Zaragoza



Escuela Politécnica
Superior - Huesca
Universidad Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Ensayos preliminares para la obtención de acolchados de aplicación líquida (hidromulch) en frutales jóvenes.

Preliminary trials to obtain liquid application mulches (hidromulch) for young fruit trees.

Autor/es

Rubén Baquero Foz

Director/es

Joaquín Aibar Lete
Alicia Cirujeda Ranzenberger

GRADO EN INGENIERIA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
2018

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mis directores Alicia Cirujeda y Joaquín Aibar, quienes con su experiencia y entrega me ayudaron y orientaron en la realización del presente Trabajo Fin de Grado.

Agradecer a toda la Unidad de Sanidad Vegetal del CITA, especialmente a la sección de Malherbología por su ayuda y colaboración en todas las tareas llevadas a cabo.

Agradecerle a Pilar el apoyo y la ayuda recibida durante la elaboración del proyecto.

Y, por último, a mis familiares, amigos y compañeros por su constante apoyo, ayuda y consejos aportados.

Muchas gracias a todos.

Índice general

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. LAS MALAS HIERBAS	9
1.2. LOS FRUTALES EN ESPAÑA	10
1.3. LAS MALAS HIERBAS EN FRUTALES JÓVENES	10
1.4. MÉTODOS DE CONTROL DE MALAS HIERBAS	11
1.4.1. <i>Tratamientos con herbicidas</i>	13
1.4.2. <i>Escarda manual y mecánica</i>	18
1.4.3. <i>Piroescarda</i>	20
1.4.4. <i>Acolchados</i>	22
1.4.4.1. <i>Las cubiertas vegetales vivas</i>	22
1.4.4.2. <i>Cubiertas artificiales inertes</i>	25
1.4.4.3. <i>Cubiertas orgánicas naturales</i>	27
1.2.4.4. <i>Efectos de los acolchados en el crecimiento</i>	29
1.2.4.5. <i>Efectos del acolchado en la erosión</i>	29
1.2.4.6. <i>Efectos de los acolchados en la humedad del suelo</i>	30
1.2.4.7. <i>Efectos de los acolchados en la temperatura del suelo</i>	32
2. OBJETIVOS	37
3. MATERIAL Y MÉTODOS	41
3.1 LOCALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS	41
3.2 CARACTERIZACIÓN METEOROLÓGICA	43
3.3 MATERIALES UTILIZADOS	44
3.4 DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS	44
3.4.1 <i>Ensayo 1: Hidromulch x1</i>	45
3.4.2 <i>Ensayo 2: Hidromulch x1,5</i>	47
3.4.3 <i>Ensayo 3: Gramas 1</i>	48
3.4.4 <i>Ensayo 4: Gramas 2</i>	50
3.4.5 <i>Ensayo 5: Melocotoneros</i>	53
3.5 PARÁMETROS DETERMINADOS	57
3.5.1 <i>Evolución de las temperaturas</i>	57
3.5.2 <i>Cobertura de malas hierbas</i>	58
3.5.3 <i>Cobertura del hidromulch</i>	59
3.5.4 <i>Presencia de malas hierbas</i>	59
3.5.5 <i>Espesor del hidromulch</i>	59
3.5.6 <i>Evolución de las plantas de grama (Cynodon dactylon)</i>	60
3.5.7 <i>Brotación total</i>	60
3.5.8 <i>Eficacia en la brotación y en la materia seca</i>	61
3.5.9 <i>Materia seca</i>	61
3.5.10 <i>Número y longitud de los brotes de los melocotoneros</i>	61
3.5.11 <i>Número, longitud y espesor de las grietas</i>	61
3.5.12 <i>Penetromía</i>	62
3.5.13 <i>Temperatura en la superficie del hidromulch</i>	63
3.5.15. <i>Resultados comparativos de los diferentes ensayos</i>	64
3.6 TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS	65

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	69
<u>4.1 ENSAYO 1: HIDROMULCH X1</u>	69
<u>4.1.1 Evolución de las temperaturas.....</u>	69
<u>4.1.2 Presencia de malas hierbas.....</u>	72
<u>4.2 ENSAYO 2: HIDROMULCHX1,5</u>	73
<u>4.2.1 Cobertura de malas hierbas.....</u>	73
<u>4.2.2 Cobertura del hidromulch</u>	74
<u>4.2.3 Presencia de malas hierbas.....</u>	75
<u>4.2.4 Espesor del hidromulch</u>	78
<u>4.3 ENSAYO 3: GRAMAS 1.....</u>	78
<u>4.3.1 Evolución de las plantas de grama (Cynodon dactylon)</u>	78
<u>4.3.2 Brotación total.....</u>	79
<u>4.4 ENSAYO 4: GRAMAS 2.....</u>	80
<u>4.4.1 Eficacia en la brotación y en la materia seca.....</u>	80
<u>4.4.2 Materia seca</u>	81
<u>4.5 ENSAYO 5: MELOCOTONEROS</u>	82
<u>4.5.1 Cobertura de malas hierbas.....</u>	82
<u>4.5.2 Presencia de malas hierbas.....</u>	83
<u>4.5.3 Espesor del hidromulch</u>	87
<u>4.5.4 Número y longitud de los brotes en los melocotoneros.....</u>	88
<u>4.5.5 Número, longitud y anchura de las grietas.....</u>	90
<u>4.5.6 Penetromía</u>	93
<u>4.5.7 Temperatura en la superficie del hidromulch</u>	95
<u>4.6 RESULTADOS COMPARATIVOS DE LOS DIFERENTES ENSAYOS</u>	96
<u>4.6.1 Cobertura de malas hierbas.....</u>	96
<u>4.6.2 Cobertura del hidromulch</u>	96
<u>4.6.3 Presencia de malas hierbas.....</u>	96
5. CONCLUSIONES.....	99
<u>RESPECTO A LAS TEMPERATURAS.....</u>	99
<u>SOBRE EL CONTROL DE MALAS HIERBAS.....</u>	99
<u>ENSAYO ESPECÍFICO CON GRAMAS (CYNODON DACTYLON)</u>	100
<u>CARACTERIZACIÓN Y DEGRADACIÓN DE LOS MATERIALES</u>	100
<u>EFFECTO DE LOS HIDROACOLCHADOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE LOS BROTES DE MELOCOTONEROS.....</u>	101
CONCLUSIONES GENERALES.....	101
6. BIBLIOGRAFÍA	105

Índice figuras

Figura 1: Programa de gestión para la eliminación de malas hierbas.....	12
Figura 2: Diagrama ombrotérmico de Zaragoza.....	42
Figura 3: Diagrama ombrotérmico de la estación de Montañana.....	43
Figura 4: Distribución ensayo 5: Melocotoneros.....	55
Figura 5: Temperatura máxima diaria a 5 cm de profundidad y la temperatura ambiente tomada a 1m del suelo en la estación de la oficina del regante, situada en el municipio de Montaña. En el ensayo 1: <i>Hidromulch X1</i>	69
Figura 6: Temperatura mínima diaria en el ensayo 1: <i>Hidromulch X1</i>	70
Figura 7: Temperatura media diaria en <i>Hidromulch X1</i>	71
Figura 8: Presencia de malas hierbas en el ensayo 1: <i>Hidromulch X1</i>	72
Figura 9: Cobertura de malas hierbas en el ensayo 2: <i>Hidromulch X1,5</i>	73
Figura 10: Cobertura del hidromulch en el ensayo 2: <i>Hidromulch X1,5</i>	74
Figura 11: Presencia de malas hierbas en el ensayo 2: <i>Hidromulch X1,5</i>	75
Figura 12: Presencia de malas hierbas en el ensayo 2: <i>Hidromulch X1,5</i>	76
Figura 13: Presencia de malas hierbas en el ensayo 2: <i>Hidromulch X1,5</i>	76
Figura 14: Presencia de malas hierbas en el ensayo 2: <i>Hidromulch X1,5</i>	77
Figura 15: Espesor de los hidroacolchados en el ensayo 2: <i>Hidromulch X1,5</i>	78
Figura 16: Evolución de las gramas en el ensayo 3: <i>Gramas 1</i>	79
Figura 17: Brotación total en el ensayo 3: <i>Gramas 1</i>	79
Figura 18: Eficacia abbot en el ensayo 3: <i>Gramas 2</i>	80
Figura 19: Peso de la materia seca en el ensayo 4: <i>Gramas 2</i>	81
Figura 20: Cobertura de malas hierbas en el ensayo 5: <i>Melocotoneros</i>	82
Figura 21: Presencia de malas hierbas en el ensayo 5: <i>Melocotoneros</i>	83
Figura 22: Presencia de malas hierbas en el ensayo 5: <i>Melocotoneros</i>	84
Figura 23: Presencia de malas hierbas en el ensayo 5: <i>Melocotoneros</i>	85
Figura 24: Presencia de malas hierbas en el ensayo 5: <i>Melocotoneros</i>	86
Figura 25: Espesor de los hidroacolchados en el ensayo 5: <i>Melocotoneros</i>	87
Figura 26: Número de brotes en el ensayo 5: <i>Melocotoneros</i>	88
Figura 27: Longitud de los brotes en el ensayo 5: <i>Melocotonero</i>	89
Figura 28: Número de grietas en el ensayo 5: <i>Melocotoneros</i>	90
Figura 29: Longitud de las grietas en el ensayo 5: <i>Melocotonero</i>	91
Figura 30: Anchura máxima de las grietas en el ensayo 5: <i>Melocotoneros</i>	92
Figura 31: Penetromía en el ensayo 5: <i>Melocotoneros</i>	94
Figura 32: Temperatura en la superficie del hidromulch en el ensayo 5: <i>Melocotoneros</i>	95

Índice imágenes

Imagen 1: Localización de los ensayos.....	41
Imagen 2: Localización del municipio.....	41
Imagen 3: Localización del invernadero	41
Imagen 4: Localización de la finca “San Bruno”	41
Imagen 5: Vista ensayo <i>Hidromulch X1</i>	46
Imagen 6: Colocación <i>Hidromulch X1,5</i>	47
Imagen 7: <i>Hidromulch X1,5</i> en campo.....	48
Imagen 8: Hidratación bordes Hidromulch y su instalación.	51
Imagen 9: Proceso de mezcla de los diferentes materiales.....	52
Imagen 10: Apertura de surcos para posterior plantación.	53
Imagen 11: Instalación hidromulch en campo.	54
Imagen 12: Hidromulch en campo una vez instalado y secado.....	56
Imagen 13: Máquina esquiladora de ovejas.....	57
Imagen 14: <i>Tinytag Plus2</i>	58
Imagen 15: Cobertura de malas hierbas.....	58
Imagen 16: Brotación gramas.	60
Imagen 17: Medida de las grietas en el hidromulch.....	62
Imagen 18: Medición penetromía.....	63
Imagen 19: Termómetro infrarrojos Dual ITEMP PRO PCE-IR 100.....	64

Índice tablas

Tabla 1: Clasificación de los herbicidas según su modo de acción para prevenir resistencia.....	16
Tabla 2. Ventajas e inconvenientes de la utilización de las cubiertas vegetales vivas para el control de malas hierbas.....	24
Tabla 3: Ventajas e inconvenientes del uso de cubiertas artificiales inertes para el control de especies de malas hierbas no deseadas.....	26
Tabla 4: Ventajas e inconvenientes de la aplicación de cubiertas orgánicas inertes para el control de malas hierbas.....	28
Tabla 5: Nombres de los diferentes tratamientos.....	44
Tabla 6: Distribución del ensayo 1: <i>Hidromulch x1</i>	46
Tabla 7: Distribución del ensayo 2: <i>Hidromulch x1,5</i>	48
Tabla 8: Distribución ensayo 3: <i>Gramas 1</i>	49
Tabla 9: Parámetros de partida de las gramas.	50
Tabla 10: Distribución ensayo 4: <i>Gramas 2</i>	51

Resumen/ Abstract

Resumen

Entre diciembre de 2017 y julio de 2018 se realizaron diferentes ensayos en las instalaciones del CITA (Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón) localizadas en Montañana (Zaragoza), con el objetivo de evaluar la eficacia de hidroacolchados. Los investigadores del centro propusieron evaluar la capacidad de estos materiales en el control de malas hierbas y en qué manera influían en una plantación de melocotoneros jóvenes.

Los hidroacolchados estaban compuestos por pasta de papel, un residuo agrícola y un conglomerante. En el estudio se emplearon 3 tipos diferentes de residuo agrícola y 2 conglomerantes, por lo que, cada residuo agrícola se mezclaba con un conglomerante diferente, dando como resultado 6 tratamientos distintos, los cuales fueron PY, PS, CY, CS, AY y AS. En este proyecto no se detalla la composición de las diferentes mezclas para evitar problemas en la obtención futura de patentes. El estudio se dividió en 5 ensayos diferentes, en cada uno de los cuales el diseño estadístico fue totalmente aleatorizado con 3 repeticiones por tratamiento. Dos ensayos de campo fueron preliminares para posteriormente llevar a cabo un ensayo sobre melocotoneros. Los otros dos ensayos han sido específicos para el control de grama (*Cynodon dactylon*) y se realizaron en invernadero.

Se midió la temperatura del suelo dando como resultado temperaturas máximas del suelo a 5 cm de profundidad inferiores para hidroacolchado que en suelo desnudo. En el ensayo "Melocotoneros" se midió la temperatura alcanzada en la superficie de los hidroacolchados sin obtener diferencias estadísticamente significativas para los diferentes tratamientos.

Las malas hierbas se controlaron de manera eficaz durante los primeros, 74 y 79 días, en el ensayo 1 y 2, y en los primeros 51 días del ensayo 5 con los hidroacolchados que incluían conglomerante "Y" en su composición. AY fue el que mejor resultados ha dado, tanto en el control de la emergencia de malas hierbas como en el porcentaje de cobertura de las mismas. Las monocotiledóneas y dicotiledóneas plurianuales fueron las especies mejor controladas por todos los tratamientos, mientras que las dicotiledóneas anuales fueron las peor controladas.

Los hidroacolchados con "Y" como conglomerante son los que mayor durabilidad han demostrado; al igual que en el apartado anterior, el tratamiento AY fue el que menos se degradó después de casi 3 meses de implantación en el ensayo 2. En lo referido a la formación de grietas en la superficie del acolchado, hay que volver a destacar el tratamiento AY, en el cual en la mayor parte del estudio no se observaron grietas. La resistencia a ser penetrado, es decir, su dureza fue mayor en aquellos tratamientos con material "S" como conglomerante que aquellos que poseen "Y" en su composición.

Se demostró que los estolones de la grama brotan en mayor proporción con fragmentos de mayor longitud y con raíces. También se ha detectado una menor

cantidad de materia seca en las plantas que han brotado a través del acolchado posiblemente por ser debilitadas al tener que penetrar a través del hidromulch.

Los hidroacolchados han favorecido el crecimiento de los melocotoneros, dando como resultado mayor número de brotes y una mayor longitud de los mismos observado en las diferentes mezclas ensayadas comparado con el suelo desnudo. En ello puede haber influido la menor temperatura máxima registrada en el suelo o también que las temperaturas que se alcanzan en la superficie del hidroacolchado sean mayores a las del suelo desnudo.

Palabras clave.- hidromulch, hidroacolchado, malas hierbas, cobertura, emergencia.

Abstract

Between December 2017 and July 2018, different tests were carried out at the facilities of the CITA (Agrifood Research and Technology Centre of Aragon (CITA) located in Montañana (Zaragoza), with the aim of evaluating the efficiency of mulches applied in liquid form (hydromulch). The Center's researchers proposed to evaluate the ability of these materials to control weeds and how they may influence a young peach tree plantation.

The hydromulchs were composed of pulp (recycled paper paste), crop waste and a binder. For this research, 3 different types of agricultural waste and 2 binders were used, so that each agricultural residue was mixed with a different binder, resulting in 6 different treatments, which were PY, PS, CY, CS, AY and AS. In order to avoid problems in the future trying to obtain patents, in this report, the composition of the different mixtures is not detailed.

The study was divided into 5 different trials, in each of which the statistical design was completely randomized, with 3 repetitions per treatment. Two field trials were preliminary to later carry out an essay on peach trees. The other two trials were specific for the control of bahama grass (*Cynodon dactylon*) and were carried out in the greenhouse.

The soil temperature was measured: in a depth of 5 cm lower maximum soil temperatures for hydromulch were found than on bare soil. In the trial "peach trees", the temperature reached at the surface of the hydromulch was measured without obtaining statistically significant differences between treatments.

The weeds were effectively controlled during the first, 74 and 79 days in trial No. 1 and 2 and in the first 51 days in trial No. 5, with the hydromulch that included "Y" binder in its composition. Best results were obtained with AY, both in the control of the emergence and in the percentage of coverage of weeds. The monocotyledons and multiannual dicotyledons were the best controlled species under all treatments, while the annual dicotyledons were the worst controlled.

The hydromulchs with "Y" as a binder are those that have shown greater durability. As in the previous section, the AY treatment was the least degraded after almost 3 months of implantation in the field.

With regard to the formation of cracks in the surface of the mulch, we must again highlight the AY treatment, in which no cracks were observed during most of the study. The resistance to penetration, that is, its toughness, was greater in those treatments with "S" material as a binder than in those that had "Y" in its composition.

It was demonstrated that the stolons (creeping stems) of *Cynodon dactylon* sprout in greater proportion with fragments of greater length and with roots. A smaller amount of dry matter has also been detected in the plants that have sprouted through the mulch, possibly because they have been weakened by having to penetrate through the hydromulch.

The hydromulch has facilitated the growth of peach trees, resulting in greater number of shoots and a greater length of them in all of the tested hydromulch treatment, compared with the bare soil. The lower maximum temperature recorded in the soil or also the higher temperatures reached at the surface of the hydromulch may have caused these results.

KEYWORDS: hydromulch, weeds, coverage, emergency

Introducción

1. Introducción

1.1. Las malas hierbas

La Sociedad Americana de la Ciencia de las Malas hierbas (Weed Science Society of America) las define como cualquier planta que presenta un inconveniente o interfiere con las actividades o el bienestar del ser humano. Que una planta sea un inconveniente o no, depende de diferentes motivos técnicos, medioambientales, económicos, culturales y estéticos, en muchas ocasiones. Dependiendo de las circunstancias puntuales una determinada planta puede resultar perjudicial, y, por ende, indeseable tenerla y en otras su presencia es indiferente o deseada por determinados motivos. Ciertas plantas, las cuales pertenecen a la misma familia botánica, incluso pueden coincidir en el mismo género pueden ser: plantas cultivada y malas hierbas. Se puede citar la avena y la avena loca o la zanahoria y la zanahoria silvestre (Villarías, 2000).

Las malas hierbas pueden colonizar nuevas zonas, son capaces de permanecer en ellas pese a las cuantiosas dificultades introducidas por el hombre y rivalizar con las plantas deseadas de manera ventajosa. Estas acciones las consiguen gracias a ciertas características biológicas que poseen estas especies, como pueden ser: fácil dispersión (zoocoria, anemocoria o hidrocoria), una buena resistencia a la competencia (debido a una elevada densidad, buen vigor, capacidad para el rebrote, su morfología y fisiología, así como su nacemento sincronizada con el cultivo) y una gran persistencia en el terreno (debido a su alta productividad en la producción de semillas, una germinación escalonada con un largo periodo de viabilidad y una plasticidad fisiológica y genética) (García y Fernández-Quintanilla, 1991), anteriormente Marzocca *et al*, (1976) ya predijeron lo dicho por García y Fernández-Quintanilla (1991), pero añadieron que estas especies indeseables resisten mejor que las cultivadas los factores meteorológicos adversos, como pueden ser las sequías o las lluvias prolongadas, las bajas temperaturas, el granizo, la nieve, los vientos fuertes y persistentes.

Los daños producidos por las malas hierbas son (Maestre, 2002 y A. Marzocca *et al*,1976):

- Reducción de los rendimientos: debido a la competencia por la luz, el agua, los nutrientes o incluso el espacio.
- Interferencia con la recolección: las malas hierbas retrasan y dificultan la recolección.
- Incremento de los costes de producción: debido al coste de los herbicidas y a las tareas de control.
- Huéspedes de parásitos: las malas hierbas alojan diferentes especies de insectos que pueden dañar la cosecha, por ello no basta con aplicar métodos insecticidas sino destruir las plantas huéspedes.

Las pérdidas del cultivo originadas por la competencia pueden variar dependiendo de:

- El tipo de malas hierbas, la edad y tamaño del cultivo.
- Las densidades de las malas hierbas.
- Las condiciones meteorológicas del año.
- La duración y el periodo de competencia.

Los datos que generalmente se utilizan para conocer el grado de cobertura de las malas hierbas son la biomasa (peso seco/ superficie) y la cobertura del suelo por las especies no deseadas. De todos modos, la respuesta de un determinado cultivo a la colonización de malas hierbas es diferente dependiendo la localidad que nos encontremos y el momento del año.

1.2 Los frutales en España

España es un país tradicionalmente agrícola, en el cual cobra gran importancia la producción de frutas, por esta razón gran parte de su superficie útil es empleada en la producción de frutales. Durante el periodo 2008-2012 más de la mitad de las tierras destinadas a cultivos hortofrutícolas (921.000 ha) estaban utilizadas en la producción de fruta, en las cuales se incluyen los cítricos, las frutas de hueso, las frutas de pepita y las frutas tropicales. (MAPAMA, 2018).

El melocotonero en la actualidad es la fruta dulce más importante de España (Montserrat *et al*, 2012) y la tercera mundial después del manzano y el peral (Núñez *et al*, 2006). Esta fruta se encuentra presente en la mayoría de las comunidades autónomas de España, siendo el Valle del Ebro su principal área de producción, donde destaca Aragón y Cataluña (Montserrat *et al*, 2012).

La producción media del conjunto de todas las frutas en el periodo 2012-2016 fue de 8.578.000 toneladas, siendo la producción del melocotonero y la nectarina la más representativa en nuestro país con el 46% de la producción total, por delante del manzano 23% y el peral 17% (MAPAMA, 2018). La superficie destinada a la producción de melocotón y nectarina en España en 2017 fue de 80.305 ha muy por encima de las 32.204 ha del manzano y de las 19.898 ha del peral (Statista, 2018).

1.3. Las malas hierbas en frutales jóvenes.

La productividad de las explotaciones frutícolas depende de un correcto mantenimiento de las malas hierbas con la finalidad de evitar que se vuelvan un problema, ya que, estas especies están mejor adaptadas en resistir a estrés ambiental, sequías y competir por los recursos (Busto y Chueca, 2016). Algunas de las especies más frecuentes son: *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Conyza bonariensis*,

Conyza canadensis, *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus* etc. (Taberner, 2013) y (Papa *et al*, 2004). En muchas ocasiones el mal uso de los herbicidas, concretamente su abuso en la agricultura es una de las principales razones de esta resistencia (Papa *et al*, 2004).

Dentro de estas especies se debe destacar el grupo de las conyzas, puesto que su resistencia a los herbicidas actuales se ha convertido en un problema creciente en nuestras explotaciones como muestra el estudio de Pardo *et al*, (2016) donde afirma que su expansión no se debe a fallos de control de la especie si no a la aparición de resistencia. Otro estudio realizado por Langa *et al*, (2015) realizado poblaciones de conyzas de Aragón, obtuvieron que había poblaciones que presentaron una resistencia superior al 67% aportando la dosis máxima del producto comercial.

En un gran porcentaje de los frutales existe un periodo crítico, el cual va desde la implantación hasta los 3-4 años. A partir de esta edad el sistema radicular de los árboles se ha desarrollado y ha penetrado en el suelo (Busto *et al* Chueca, 2016). En el estudio de Pérez *et al* (1993) argumenta que la época del año que más susceptible está el árbol es durante la floración y es cuando se debe asegurar la ausencia de plantas competidoras con los frutales.

1.4. Métodos de control de malas hierbas

La lucha contra las malas hierbas es tan antigua como la propia agricultura, puede decirse que comenzó cuando el hombre consiguió distinguir las plantas útiles de las perjudiciales, viendo la necesidad de eliminar estas últimas para favorecer el crecimiento de las primeras.

Han existido y existen muchas soluciones para eliminar las malas hierbas, que han ido evolucionando con el paso de los años. Todas las soluciones implican ventajas e inconvenientes que el agricultor e ingeniero deben considerar para cada agrosistema y escoger e integrar los métodos que mejor se adapten a la situación.

Existen dos clases de medidas en la lucha contra las malas hierbas (A. Marzocca *et al*, 1976) y García y Fernández-Quintanilla (1991):

- Medidas preventivas, enfocadas a evitar la aparición de nuevas especies en un determinado lugar. Los métodos aconsejados son:
 - Utilización de maquinaria y utensilios limpios, ya que pueden servir de vehículo para la difusión de malezas, transporte de semillas u otros órganos de propagación.
 - Impedir que las malas hierbas que han invadido áreas sin cultivar, como caminos, produzcan semillas.
 - Controlar la posible introducción de malezas procedentes de la tierra de las macetas de los árboles jóvenes procedente de viveros.

- Controlar y limitar la entrada de ganado procedente de regiones o parcelas con malas hierbas.
- Parcelas con marco de plantación alto evitando la entrada de luz solar al suelo.

Medidas destructivas, pueden enfocarse hacia dos finalidades, por un lado, la erradicación de la maleza (completa eliminación de la planta, incluyendo sus formas de multiplicación y difusión, hasta que la especie haya desaparecido, son técnicas inviables económicamente) o Control (medidas que tienen a evitar o reducir su acción, es decir, tratar de evitar las pérdidas económicas producidas por las malas hierbas.

Desde hace ya unas décadas que tanto los expertos como las normativas europeas potencian el llevar a cabo un control integrado, es decir, la unión de métodos preventivos, agronómicos, químicos, físicos y biológicos para controlar determinadas especies (Powles y Matthews, 1996, (Hatcher y Melander, 2003 y Fernández-Quintanilla *et al* 1999). Liebmann y Gallandt (1977) describieron la teoría de “muchos pequeños martillos” la cual se basa en combinar muchas técnicas preventivas con otras de acción directa sobre las malas hierbas.

Antes de emplear cualquier método de control de malas hierbas hay que considerar por un lado el problema (las malas hierbas) y por otro lado los diversos factores que pueden actuar a su desarrollo (el medio ambiente). Una vez conocido el problema García y Fernández-Quintanilla (1991), en su libro *Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas*, apuestan por un programa de gestión de malas hierbas, que a continuación se representa en la figura 1:

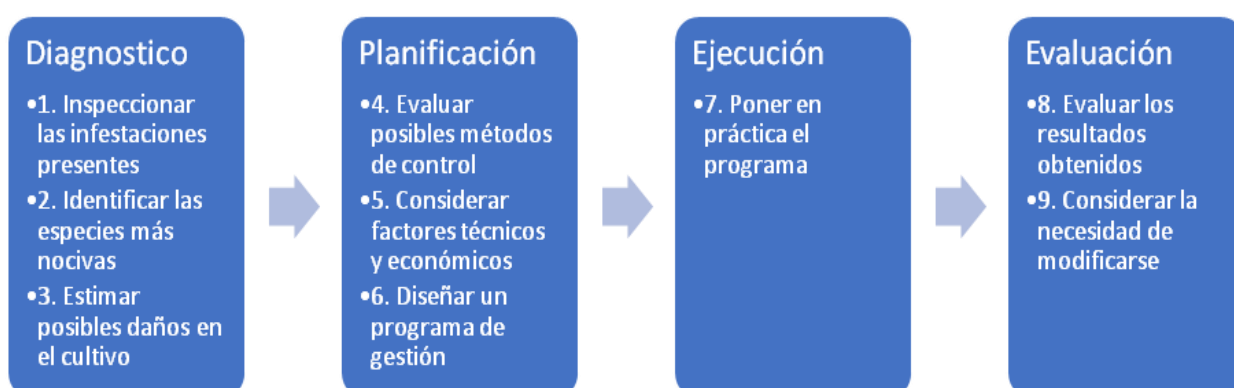


Figura 1: Programa de gestión para la eliminación de malas hierbas. García y Fernández-Quintanilla (1991)

1.4.1. Tratamientos con herbicidas.

El empleo de herbicidas dio comienzo después de la Segunda Guerra Mundial, algunas empresas dedicadas a la fabricación de armas tuvieron que transformarse hacia la producción de alimentos o elementos que mejoraran el rendimiento de los campos de cultivo, ya que éstos estaban destruidos por la guerra (Villa, 2002).

En España los herbicidas comenzaron a emplearse en la década de los años 50 del siglo XX, poco a poco fueron desplazando a otras técnicas culturales o físicas empleadas anteriormente para el control de las malas hierbas.

En el año 2016 el consumo de herbicidas en España fue de 15225 toneladas según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPAMA, 2018).

Los herbicidas permiten un control cómodo y efectivo, esto mantiene a las malas hierbas competidoras fuera de las filas de los árboles en los momentos críticos para que no exista competencia por los recursos y pueden tener un crecimiento óptimo. En un ensayo realizado por Meagher y Meyer (1990) sobre melocotoneros concluyeron, que en general, las parcelas con suelo desnudo tuvieron un mayor rendimiento de frutos y un mayor crecimiento del árbol (grosor del tronco y brote terminal del tallo), mientras que en las parcelas que se mantuvieron las malas hierbas hubo un porcentaje mayor de daño en la fruta debido a los insectos hemípteros que se refugiaban en la maleza.

En un agroecosistema, en el cual se persiga la conservación del suelo, se preferirá el uso de herbicidas antes que un método mecánico, si este último pueda destruir la estructura del suelo, disminuir la conservación de agua y/o la presencia de materia orgánica, por lo consiguiente la alteración del biotipo subterráneo. No obstante, no todo son ventajas y, por ejemplo, en el estudio de Lacasta (2003) se afirma que, aunque la mayoría de los herbicidas comercializados están considerados poco tóxicos para la fauna, sus efectos indirectos son notables.

Los problemas derivados del uso de productos herbicidas muy solubles en agua han provocado contaminación de agua de escorrentía y de capas freáticas y ha causado la prohibición de muchas materias activas desde la publicación de la Directiva Europea de regulación de productos fitosanitarios 91/414 y posteriormente la Directiva 2009/128 sobre el Usos Sostenible de los productos fitosanitarios, la cual se incorporó a España a través del Real decreto 2012/1311 (Zaragoza y Cirujeda, 2005).

Los herbicidas pueden clasificarse en los siguientes grupos desde el punto de vista del modo de acción de los herbicidas:

- Herbicidas residuales: son los productos que han marcado el principio de la escarda química en frutales. Se aplican sobre terreno desnudo previniendo el desarrollo de una gran parte de especies de malas hierbas anuales. Es recomendable realizar una rotación de materias activas para evitar la invasión

de plantas específicas resistentes. Deben de aplicarse con el fin de conseguir una correcta dosificación y distribución. Es recomendable la incorporación de un mojante cuando se trata de aumentar su acción sobre hierbas ya nacidas.

- Herbicidas sistémicos: son utilizados casi en su totalidad para controlar las hierbas perennes. Debido a su absorción foliar y a su posterior traslocación en el interior de la planta, hace que ejerzan una acción completa sobre ella misma. Es necesario un volumen reducido de gotas por cm², lo que favorece el ahorro de agua, aunque las gotas deben estar repartidas uniformemente.
- Herbicidas de contacto: son utilizados como complemento de la insuficiente acción del resto de herbicidas o por temor a la fitotoxicidad sobre estos en árboles jóvenes. Hay que prestar especial atención en no mojar las partes verdes de los árboles, ya que actúan “quemando” las partes que tocan. En este tipo de herbicidas el principal factor es la mojabilidad, por ello su distribución debe ser uniforme y homogénea para que su actuación sea lo más eficaz posible.

Otra clasificación de los herbicidas puede ser aquella que tenga en cuenta el momento de aplicación los herbicidas:

- Tratamientos pre-siembra o pre-plantación: es necesario conocer la duración de la acción para evitar causar daño al cultivo. El mejor herbicida sería el de contacto con escaso o nulo poder residual, a continuación, vendrían los sistémicos, aunque pueden tener un gran poder residual y finalmente los residuales.
- Tratamientos post-emergencia: se aplican una vez ha nacido el cultivo, estos tratamientos deben de ser selectivos y dirigidos únicamente hacia las malas hierbas para evitar que las plantas cultivadas reciban el tratamiento. Una vez haya nacido la planta pueden emplearse todos los tipos de herbicidas: residuales, sistémicos y los de contacto.

Según CPRH (Comité para la Prevención de Resistencias a Herbicidas) otra clasificación sería atendiendo a su modo de acción para prevenir resistencia. Su clasificación se basa en diferentes grupos a los que se les ha asignado una letra, según se muestra en la tabla 1 (CPRH, 2018).

GRUPO	MODO DE ACCIÓN	FAMILIA QUÍMICA	MATERIA ACTIVA MAS EMPLEADAS
Grupo A	Inhibición de la acetil coenzima carboxilasa (ACCasa)	Aryloxfenoxipropionatos Ciclohexanodionas	Cicloxidim Clodinafop Propaquizafop Setoxidim
Grupo B	Inhibición de la acetilacetato sintetasa ALS (acetohidroxiácido)	Sulfonilureas Imidazolinonas Triazolpirimidinas	Amidosulfuron Azimsulfuron Bispiribac-na

	sintetasa AHAS)	Pirimidinil	Prosulfurol
Grupo C1	Inhibición de la fotosíntesis en el fotosistema II	Triazinas Triazinonas Uracilos Piridazinona Fenil-carbamatos	Metribucina Terbutilacina
Grupo C2		Ureas Amida	Clortoluron, Isoproturon Linuron
Grupo C3		Nitrilos, Benzotiadiazol Fenil-piridazina	Bromoxinil Bentazona
Grupo D	Desviación del flujo electrónico en el fotosistema I	Bipiridilos	Diquat
Grupo E	Inhibición de la protoporfirinógeno oxidasa (PRO)	Difeniléteres N-fenil-ftalimidas Tiadiazoles Oxadiazol Triazolinona	Bifenox, Carfentrazona Oxifluorfen
Grupo F1	Decoloración: inhibición de la síntesis de los carotenoides a nivel de la fitoeno desaturasa (PDS)	Piridazinona Nicotinánilida Otros	Diflufenican
Grupo F2	Decoloración: inhibición de la 4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenasa (4-HPPD)	Triketona Ixsazol Pirazol	Sucotriona
Grupo F3	Decoloración: inhibición de la síntesis de los carotenoides (punto desconocido)	Triazol Isoxazolidinona Urea	Amitrol
Grupo G	Inhibición de la EPSP sintetasa	Glicinas	Glifosato Sulfosato
Grupo H	Inhibición de la glutamino sintetasa	Ácido fosfínico	Glufosinato
Grupo I	Inhibición del DHP (dihidropteroato) sintetasa	Carbamato	Asulam
Grupo K1	Inhibición de la unión de los microtúbulos en la mitosis	Dinitroanilinas Fosforoamidatos Piridazina ácido benzoico	Pendimetalina Trifluralina Orizalina

Grupo K2	Inhibición de la mitosis	Carbamatos Benzileter	Clorprofam
Grupo K3	Inhibición de la división celular	Cloroacetamidas Carbamato Acetamida	Dimetenamida Propizamida Napropamida
Grupo L	Inhibición de la síntesis de la pared celular (celulosa)	Nitrilos, benzamida	Isoxaben
Grupo M	Desacopladores (alteración de la membrana)	Dinitrophenoles	DNOC Dinoserb Dinotterb
Grupo N	Inhibición de la síntesis de los lípidos (no ACCasa)	Tiocarbamatos Fosforoditioato Benzofurano Ácidos clorocarbónicos	Prosulfocarb Butilato
Grupo O	Auxinas sintéticas (como la acción del ácido indolacético IAI)	Ácidos fenoxi-carboxílicos Ácido benzoico Ácido piridin-carboxílicos Ácidos quinolin-carboxílicos Ftalamato Diflufenzopir Otros	2,4D 2,4DP Clopiralida MCPA MCP
Grupo P	Inhibición del AIA	Ftalamato Diflufenzopir	Naptalam
Grupo Z	Desconocido	Ácido arilamino Propiónico Organoarsenicales Otros	Flupoxan Difenzoquat

Tabla 1: Clasificación de los herbicidas según su modo de acción para prevenir resistencia (CPRH, 2018).

En diversos estudios de Aibar *et al.* (1991a), Aibar *et al.* (1991b), Aibar *et al.* (1993) sobre una plantación de frutales se llegó a la conclusión de que los tratamientos herbicidas deben realizarse sobre las plantas en estado precoz para obtener más eficacia, ya que en estados avanzados es más difícil el control con productos sistémicos (a bajas dosis) y los herbicidas residuales pueden no alcanzar el suelo siendo interceptados por las hojas. La época más crítica de los árboles frutales se produce durante la floración, por ello conseguir mantener las líneas de los árboles limpias de malas hierbas ayudará a una mejor floración. Los estudios nombrados al principio del párrafo concluyen que el tratamiento con la primera fecha de aplicación fue el más efectivo ya que protegió más tiempo los árboles durante la época de floración. Esta fecha de aplicación se verá influenciada por las temperaturas invernales, siendo más temprana cuanto más suaves sean las temperaturas.

El herbicidas ya no se aplica a toda la calle, si no a las líneas de árboles, reduciendo de esta manera la superficie de suelo mojada por el producto.

Los consumidores están concienciados cada vez más con el desarrollo sostenible y el impacto que tienen las labores agrícolas con el suelo y el medio que les rodea (Keesstra *et al.* 2016). Se habla de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) a la aplicación de los conocimientos de que se dispone para lograr la sostenibilidad ambiental, económica y social de la producción y de los procesos posteriores a la producción en la explotación agrícola con el fin de obtener alimentos y productos agrícolas no alimenticios inocuos y sanos (FAO,2003).

De este modo de pensar surgió la Producción Integrada (PI) la cual se define como los sistemas agrícolas de obtención de vegetales que utiliza al máximo los recursos y los mecanismos de producción naturales y aseguran a largo plazo una agricultura sostenible, introduciendo en ella métodos biológicos y químicos de control, y otras técnicas que compatibilicen las exigencias de la sociedad, la protección del medio ambiente y la productividad agrícola, así como las operaciones realizadas para la manipulación, envasado, transformación y etiquetado de productos vegetales acogidos al sistema (MAPAMA, 2018).

Zaragoza y Cirujeda (2005) y posteriormente Bustó y Chueca (2016) ya hablaron sobre la preocupación y presión por parte de los consumidores que no quieren encontrar ningún tipo de residuo en los productos cosechados. La abundancia de alimentos, la reducción de la producción a pequeña escala, la preocupación generada por los medios de comunicación y la cada vez mayor concienciación en favor del medio ambiente, provoca un uso más cuidadoso de los herbicidas por parte de los agricultores para evitar presencia de residuos en los productos agrícolas. Esto conlleva a que cada vez más agricultores muestren interés por métodos no químicos para el control de malas hierbas. La agricultura no deja de ser un negocio y como tal, uno de los aspectos que más preocupan a los agricultores es el económico.

En 2016 Keesstra *et al.* (2016) realizaron un estudio sobre como afectaban los diferentes métodos de control de malas hierbas (herbicidas, cubiertas y labrar) en el suelo. Llegaron a la conclusión de que la parcela donde se había aplicado herbicida tuvo las mayores pérdidas de suelo y una disminución de microorganismos. Las parcelas menos sostenibles con el medio ambiente, debido a las pérdidas de suelo y agua, fueron las aradas y las tratadas con herbicidas. La ausencia de conocimientos y de tecnología eficaz, frecuentemente, conlleva al uso erróneo de los herbicidas, produciendo problemas de salud, daños ambientales, problemas de residuos, daños en el cultivo y pérdidas de rendimiento. (Labrada y Parker, 1994).

Respecto a los elementos contaminantes que influyen en el medio ambiente, se tiene especial inquietud por la contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, sobre todo en zonas cercanas a ríos, lagos etc., con la capa freática muy alta (Zaragoza y Cirujeda, 2005).

Otro de los inconvenientes que se encuentran los agricultores es la escasez de productos para combatir las malas hierbas. La ausencia de materias activas hace que

no se pueda realizar una buena rotación de las mismas con el fin de evitar que estas especies se vuelvan resistentes a los productos, lo que provoca que se hayan detectado hasta 210 especies resistentes a herbicidas siendo *Lolium rigidum*, *Amaranthus palmeri* y *Conyza canadensis* las especies que presentan los mayores problemas de resistencia a los mismos.

Esto complementa el estudio de Villalba (2009) en el que afirma que una gran cantidad de estas plantas resistentes provienen de países desarrollados con gran impulso y apoyo a la investigación. A continuación, se muestran los herbicidas permitidos para melocotonero, según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación:

- 2,4D ÁCIDO 60% [SL]
- ACIDO CAPRILICO/CAPRICO 2,97% [AL] P/V
- ACIDO PELARGONICO 23,76% [EW] P/V
- CARFENTRAZONA-ETIL 6% [ME] P/V
- CLETODIM 12%[EC]
- DIFLUFENICAN 4% + GLIFOSATO 16% (SAL ISOPROPILAMINA) [SC] P/VGLIFOSATO 20% (SAL ISOPROPILAMINA) + OXIFLUORFEN 3% [SC] P/V
- DIFLUFENICAN 4% +OXIFLUORFEN 15% [SC]
- DIFLUFENICAN 50% [SC]
- DIQUAT 20% [SL]
- GLIFOSATO 20% + OXIFLUORFEN 3% [SC]
- GLIFOSATO 54% (SAL ISOPROPILAMINA Y SAL AMÓNICA) [SL] P/V
- ISOXABEN 50% [SC]
- MCPA 75% [SL]
- NAPROPAMIDA 45% [SC]
- OXIFLUORFEN 24% [EC]
- OXIFLUORFEN 48% [SC]
- PENDIMETALINA 33% [EC] P/V
- PROPAQUIZAFOP 10% [EC]
- QUIZALOFOP-P-ETIL 10% [EC]
- QUIZALOFOP-P-ETIL 5% [EC]

Todos los productos nombrados anteriormente están autorizados para su uso en plantaciones de frutales jóvenes según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

1.4.2. Escarda manual y mecánica

La escarda manual es el método más antiguo y sencillo para el control de las malas hierbas y se realiza con diferentes herramientas como pueden ser la azada, azadilla o azadón (González, 2006). Es una técnica que actualmente en países desarrollados y con grandes superficies se encuentra en desuso (García, 2001), aunque aún se lleva a cabo en estas diferentes situaciones:

- Países o áreas subdesarrolladas, en los cuales predomina la agricultura de subsistencia.
- Explotaciones familiares o pequeños huertos, donde la mano de obra es barata o la realizan miembros de la familia.
- En lo que se denomina como “agricultura de detalle”, podrían ser viveros o semilleros. Las superficies son escasas y los productos de alto valor lo que permite un uso intensivo de la mano de obra.
- También se realiza escarda manual en explotaciones en periodos concreto de menos trabajo, para reducir o eliminar especies concretas o superficies que no han quedado limpias mediante la utilización de otros métodos.

Se obtienen mayor eficacia cuando las hierbas están poco desarrolladas, ya que su eliminación es mucho más fácil (Busto y Chueca, 2016), además su eficacia suele alcanzar como máximo el 80% por lo que no es recomendable considerar a los métodos basados en escarda manual y mecánica como métodos únicos y deben ser usados en combinación de otros métodos químicos o no químicos (Cirujeda, 2012; Busto y Chueca, 2016 y Fernández-Quintanilla, 1999).

La escarda mecánica es la que se lleva a cabo con maquinaria y aperos más sofisticados, cuya misión es enterrar, arrancar, fragmentar o cortar aquellos órganos que pudieran dar nuevas plantas. Se utiliza para plantas que se encuentran en toda la superficie del suelo, entrelíneas de cultivo, alrededor de los cultivos, etc. Estas labores pueden realizarse antes o después del establecimiento del cultivo (González, 2006).

El control de malas hierbas mediante la escarda manual o mecánica se ha practicado desde siempre, pero los herbicidas y su implantación en el mercado hizo que estos métodos se fueran quedando en el olvido. Con la aparición de la agricultura ecológica y la preocupación con el medio ambiente, como se ha comentado en apartados anteriores, junto con la investigación para la obtención de métodos efectivos de eliminación de malas hierbas de manera sostenible, se han rediseñado nuevos aperos para su eliminación, como cepillos de materiales sintéticos o picadoras provistas de una gran sensibilidad y rapidez para el desplazamiento lateral, lo que permite eliminar las malas hierbas de la línea de frutales sin dañar los árboles (Fernández-Quintanilla, 1999).

La eficacia de la escarda mecánica depende de tres factores según los autores González (2006) y García y Fernández (1991):

- El tipo de apero utilizado, cada uno tiene una eficacia distinta dependiendo de la construcción y del tipo cultivo.
- Las malas hierbas existentes, dependiendo de las especies que encontremos el tipo de apero puede variar.
- Tiempo de actuación, se ve influido por el desarrollo de la planta; en especies anuales cuanto más jóvenes sean y más seco se encuentre el terreno, mayor eficacia habrá.

Las labores mecánicas también pueden ocasionar daño en las raíces o incluso en el tallo de los árboles más jóvenes si no se realizan con delicadeza, esto es debido a que la mayoría de las raíces en los primeros años no son muy profundas y todas las labores de cultivo, a excepción de las más superficiales tienden a dañar el sistema radicular como concluyen Terry (1996) y Fruhner (2016) afirmando que la concentración de sedimentos por escorrentía es “significativamente mayor” en superficies labradas.

Otro inconveniente del laboreo en frutales es aquel encontrado por Gil-Albert (1995) en cuyos ensayos se determinó que, si el suelo no se allana después de la labor, el riesgo por helada de irradiación en primavera aumenta al aumentar la superficie radiante.

Una de las principales razones de utilizar la escarda mecánica es ir agotando las reservas de las raíces y que las plantas capaces de rebrotar mueran por falta de nutrientes. Si se voltea la superficie los rizomas, estolones o bulbos enterradas salen a la superficie y pierden su viabilidad por sequedad o heladas (González, 2006). Pero voltear la tierra tiene su inconveniente, ya que hay semillas fotosensibles, es decir, la exposición a la luz las puede estimular y ayudar a germinar como puede ser el caso de *Cynodon dactylon* (Terry, 1996 y González, 2006).

Estudios de diferentes autores enumeran una buena variedad de maquinaria para la eliminación de malas hierbas en las líneas como “las interceptas”. El sistema más empleado en las calles de árboles frutales jóvenes es la siega, la cual consiste en cortar las malas hierbas a la altura del suelo (Busto y Chueca, 2016). Se recomienda realizar el corte antes de que las malas hierbas lleguen a alcanzar un alto desarrollo que les permita reproducirse. Cirujeda *et al*, (2017) afirma que es necesario complementar los escardadores de dedos y de torsión con maquinaria cuyos brazos y cuchillas estén adaptados a cada caso.

1.4.3. Piroescarda

Consiste en la aplicación directa de calor a las malas hierbas que se pretenden controlar, mediante la utilización de maquinaria compuesta por un quemador de butano, propano o gas licuado de petróleo (Busto y Chueca, 2016).

Hay que tener en cuenta que la piroescarda no debe relacionarse con el fuego, ya que este método no quema, en el sentido estricto de la palabra, sino que calienta rápidamente las plantas, produciendo la ruptura de las células de las membranas consiguiendo la deshidratación de las células de los tejidos de crecimiento, lo que ocasiona la muerte o su debilitamiento (Ascard, 1995).

El fuego ha sido utilizado desde el principio de la agricultura como método de control de malas hierbas. En 1852 ya hay patentes de quemadores para desherbado, por lo que la idea de utilizar el fuego para desbrozar no es nueva, aunque no será hasta los años 40 del siglo pasado cuando los quemadores se utilizaron a gran escala

en los campos de algodón de EEUU. En los años 50 se produjo un aumento de interés sobre este método, pero el aumento del precio del petróleo y la eficacia de los herbicidas propició su decadencia a mitad de los años 60 (Kepner *et al*, 1978).

A finales de los años 80 y principios de los 90 las investigaciones para utilizar la piroescarda se reanudaron principalmente en el norte de Europa y EEUU. En España las investigaciones con respecto a este método de deshebrado han sido escasas hasta finales del siglo pasado, según recoge Romero (2001).

Los sistemas que se utilizan para eliminar las malas hierbas son a través de alta y bajas temperaturas o mediante campos eléctricos (Ascard, 1995). Los métodos más utilizados para conseguir la eliminación son a través del vapor de agua (Berling, 1993), radiación por infrarrojos mediante unas placas cerámicas, por lo que las llamas no entran en contacto con la vegetación (Busto y Chueca, 2016) y (González, 2006), mediante frío con nitrógeno líquido y dióxido de carbono (Fergedal, 1993) y diferentes métodos electrotérmicos (Vigneault *et al*, 2000).

La efectividad de los métodos antes nombrados se ve influenciada por factores biológicos como pueden ser la morfología de las especies a tratar, el estado de crecimiento, el estado fisiológico o la densidad de plantas (Busto y Chueca, 2016; González, 2006 y Pérez, 2008).

El coste de la piroescarda es sensiblemente mayor al coste de los métodos químicos, debido al alto coste de la maquinaria, al coste del combustible y el bajo rendimiento desarrollado. Otro aspecto a tener en cuenta es la velocidad de trabajo, ya que para el buen control de las malas hierbas se necesita una velocidad reducida para que la efectividad sea algo mayor. (Pérez, 2008). Esta técnica no debe desarrollarse en cultivos que posean un sistema radicular sensible al calor o muy superficial y es incompatible con sistemas de riego localizado en la superficie del suelo.

Los diferentes métodos de piroescarda no dejan residuos químicos en el suelo, ni causan erosión frente a los herbicidas o escarda mecánica. Cabe destacar que consiguen controlar un numeroso número de especies que se han vuelto tolerantes o resistente a los herbicidas (Ascard, 1995 y Zaragoza y Nogueroles, 1999).

Debido a la utilización de técnicas con fuego y calor existe riesgo de incendio de la parcela, así como también una creciente preocupación por el medio ambiente, ya que al quemar combustible se produce un alto volumen de gases de efecto invernadero a la atmosfera, principalmente CO₂. La necesidad de realizar muchas aplicaciones se ha visto reducido el uso de estas técnicas debido a que la eficacia es de corto plazo y debido a la alta cantidad de energía requerida esta técnica no ha tenido mucha aceptación, excepto en situaciones concretas como por ejemplo en control de malas hierbas en zonas concurridas por personas en zonas urbanas, en determinados cultivos de lenta emergencia en pre-emergencia del mismo como en remolacha, etc. (Ascard, 1995; Zaragoza y Nogueroles, 1999 y Busto y Chueca, 2016).

1.4.4. Acolchados

El acolchado es una técnica que consiste en cubrir total o parcialmente el terreno donde se encuentra el cultivo con una lámina de plástico u otros materiales alternativos. La principal función de estos materiales es evitar la emergencia de malas hierbas mediante la formación de una barrera, evitando la llegada de luz a las semillas que se encuentran latentes en el suelo y por lo tanto no podrán germinar, o simplemente formando una barrera física que impida su nascencia (Moreno *et al*, 2006).

La idea de acolchados surge de la necesidad de evitar los efectos negativos de los herbicidas y de los métodos mecánicos en cultivos de árboles jóvenes. De este modo estas cubiertas serán aplicadas a cultivos que quieran evitar el uso de herbicidas, por ejemplo, ecológicos, o que quieran hacer de su actividad un uso más sostenible y respetuoso con el medio ambiente (Rifai *et al*, 2002).

Los diferentes autores que han ensayado con acolchados los diferencian en tres grandes tipos: cubiertas vegetales vivas, cubiertas inertes artificiales y cubiertas orgánicas naturales.

1.4.4.1. Las cubiertas vegetales vivas:

Podemos definir las cubiertas vegetales vivas como la utilización de especies intercaladas en el mismo espacio (entre líneas de cultivo) y tiempo que la plantación principal. Su principal función es controlar las malas hierbas presentes en el campo y que puedan afectar al cultivo (González, 2006). El suelo se mantiene completamente cubierto de vegetación espontánea o bien una sembrada con ese fin (cereales, leguminosas y crucíferas principalmente), la cual mediante siegas de su parte aérea adopta una forma cespitosa (Gil-Albert, 1995) y (Alcántara *et al*, 2008). La misma línea sigue el autor González (2006) que además añade la función de mejorar el balance hídrico del suelo, evitar las pérdidas de suelo y nitratos por la erosión y aprovechar más la superficie para obtener mayores productos.

Para determinar que especie o especies son las indicadas para la parcela hay que tener en cuenta estos condicionantes:

- Que su ciclo se ajuste en función del manejo que lleve el campo asociado.
- Que sean especies adaptadas al medio, que creen cobertura suficiente y lo más rápida posible para evitar los efectos negativos de la erosión e impedir el desarrollo de malas hierbas.
- Elegir aquellas especies que posean nichos ecológicos diferentes, es decir, que no compitan en exceso con el cultivo, ni aérea ni radicularmente.
- Seleccionar especies que posean alta capacidad para absorber y movilizar nutrientes del suelo.

- Plantas que puedan poseer posibles efectos alelopáticos contra determinadas malas hierbas.
- Elección de especies que posean bajo crecimiento en altura, desarrollo radicular superficial, baja combustibilidad y buena capacidad para autosembrarse.
- Que no sean hospedadores de plagas ni patógenos.
- Especies que aporten ventajas al suelo, como las leguminosas que fijan en el suelo el nitrógeno atmosférico o las crucíferas que pueden aportar glucosinatos.

Una vez elegido la o las especies que van a formar la cobertura hay que establecer la cubierta, la cual consiste básicamente en la siembra y preparación previa del terreno. Conforme pasen los días hay que mantener la cubierta en buen estado, para ello hay que realizar las operaciones (riegos, abonados, siegas, etc) como para cualquier otro cultivo (Gil-Albert, 1995).

Las siegas, como ya se ha descrito anteriormente, consisten en cortar las malas hierbas a cierta altura del suelo (Busto y Chueca, 2016). Es uno de los factores más importantes, ya que de ella va a depender la no emergencia de malas hierbas, evitar la erosión, disminuir la transpiración etc. La periodicidad de las siegas dependerá de las condiciones ambientales y de la velocidad de crecimiento de la cubierta. En la zona dónde nos encontramos, mediterráneo continental, es recomendable la realización de una siega mensual entre los meses de marzo y septiembre (González, 1995).

Otra opción es utilizar herbicidas selectivos para la cobertura. Por ejemplo, la aplicación de herbicidas hormonales como 2,4-D o MCPA puede eliminar especies dicotiledóneas en una cubierta de gramíneas.

El principal problema que se nos presenta con esta técnica es la competencia entre la especie de cobertura y la plantación principal por el agua y los nutrientes. Gil-Albert (1995) afirma que realizando aportaciones hídricas adicionales y de nutrientes en la cantidad justa para que ambas especies puedan convivir sin competir. Otro problema que se debe solucionar es la dificultad de segar a los pies de los árboles, más si son jóvenes. Por ello, Gil-Albert (1995) recomienda aplicar técnicas mixtas como herbicidas, mulching o escarda manual en la base de los árboles.

Castro y Pastor (1994) en su ensayo de una cubierta viva de cebada en una parcela de olivo en la comunidad de Andalucía, concluyeron que la transpiración de la cubierta durante el invierno es compensada por las precipitaciones, debida a una mayor infiltración de agua en el suelo con respecto a los sistemas sin cubierta vegetal, observando que las reservas de agua en el suelo fueron mayores en la parcela con cebada.

Existen una serie de condiciones necesarias para la implantación y el mantenimiento de las cubiertas vegetales vivas recogidas por González (1995):

- El sistema no es aplicable si las necesidades hídricas no están garantizadas, tanto por precipitación como por agua de lluvia.
- Es necesario utilizar riego por aspersión, ya que los riegos “a pie” y localizados no permiten mantener la cubierta.
- La fertilización mineral debe cuidarse, ya que, si no se realiza adecuadamente, los efectos negativos sobre el cultivo se manifiestan rápidamente.
- Las heladas: al aumentar la superficie transpiraste, incrementa la irradiación y evaporación, aumentando la intensidad de la helada en -3°C y -4°C, entre una parcela cubierta y otra sin ella. En zonas con alto riesgo de heladas es recomendable tener las cubiertas “rapadas y ruladas”, si no este problema puede ser muy grave.

A continuación, se muestra una tabla 2 comparativa de ventajas e inconvenientes de las cubiertas vegetales vivas que resume González (1995):

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> •Mejora intensa de las características estructurales del suelo •Muy buena absorción de nutrientes •Buena circulación en la plantación •Reducción de pérdidas de fruta por caía en madurez •Reducción de riegos de erosión •Enraizamiento superficial intenso •Mantenimiento barato •Aspecto atractivo 	<ul style="list-style-type: none"> •Muy fuerte competencia hídrica y nutricional •Alto riesgo de heladas primaverales •Alto coste de establecimiento •El sistema requiere tecnificación y equipamiento •Requiere asltas pluviometrías o buenas dotaciones de agua de riego •No aconsejable en plantaciones jóvenes •Incompatible con riegos "a pie" o localizados •Gave riesgo de plagas de roedores y topes.

Tabla 2. Ventajas e inconvenientes de la utilización de las cubiertas vegetales vivas para el control de malas hierbas (González, 1995).

1.4.4.2. Cubiertas artificiales inertes:

Una de las técnicas más usadas desde hace años por los horticultores españoles son las cubiertas plásticas con polietileno (PE), el cual es un método alternativo al uso de herbicidas, debido entre otras razones a su bajo coste de instalación. (Moreno *et al*, 2006). Aunque Gil-Albert (1995) explica que su uso integral en la fruticultura española es muy reducido, mientras que como componente mixto de mantenimiento sí que se puede ver con frecuencia. En la actualidad no es un sistema utilizado en la fruticultura española sobre todo por los problemas fúngicos que pueden ocurrir en la zona basal de los árboles causando en ocasiones la muerte de los mismos.

Hay que destacar que algunas especies de malas hierbas perennes no son controladas por estos plásticos, traspasándolos o aprovechando pequeñas fisuras, especialmente por *Cyperus spp.* y *Equisetum arvense* siendo necesario en estos casos tratamientos químicos con herbicida o la eliminación de estas plantas mediante escarda mecánica (Cirujeda *et al*, 2007).

El principal problema de las cubiertas artificiales inertes es, en cultivos anuales, su retirada de la parcela de una manera económica y respetuosa con el medio ambiente. Las normativas de Producción Integrada y Ecológica recogen que es obligatorio eliminar los residuos de plástico de las parcelas, y que su quema está totalmente prohibida por la emisión de CO₂ y partículas tóxicas. El volumen de desechos generados es tan amplio que se cuestiona la sostenibilidad de esta práctica. Es por ello por lo que cada vez se sustituyen más los acolchados plásticos por polímeros biodegradables (Cirujeda *et al*, 2007), proviniendo éstos principalmente de almidón.

La dificultad en la retirada de los plásticos comienza por su retirada, ya que es una actividad lenta y laboriosa. En este proceso frecuentemente el material se rompe con facilidad, esto hace que su extracción mediante grandes láminas sea difícil de realizar. Generalmente el polietileno se encuentra unido a restos de suelo, de los que se debe de separar para su correcto reciclado. Los autores Cimadevila *et al* (2007) relatan que el transporte de estos residuos a un vertedero autorizado minimiza el residuo, pero no su completa eliminación. El reciclaje de estos residuos es factible si procede de invernaderos, sin embargo, para acolchados su reciclaje es costoso debido a las impurezas antes nombradas, con lo que conlleva a la proliferación de vertederos improvisados en la misma explotación o en lugares próximos a ella.

El porcentaje de opacidad de los plásticos también es un dato a tener en cuenta, mientras que los más opacos se utilizan principalmente para controlar la proliferación de malas hierbas, eliminando la luz, además para mantener la humedad, mientras que los más traslúcidos se utilizan para aumentar la precocidad del cultivo (Pérez, 2008 y Busto y Chueca, 2016).

Un estudio llevado a cabo por Tello *et al* (2016) sobre el efecto de acolchado de malla negra en clementina concluyen que los tratamientos con malla, de forma general, no ejercieron ningún efecto ventajoso para el cultivo, incluso en según qué casos se mostró contraproducente para el cultivo.

De forma experimental se han llevado a cabo ensayos en perales con láminas inertes no degradables y otras biodegradables fabricadas a partir de restos textiles y de sacos de yute, respectivamente (Cirujeda *et al.*, 2010). En ese caso se encontró que estas láminas eran eficaces durante unos meses incluso para plantaciones regadas por inundación y con cubierta vegetal permanente entre las filas. No obstante, la presencia de especies perennes como *Cyperus rotundus* y *Equisetum arvense* y plantas de porte rastrero que se encuentran en el borde del acolchado como *Cynodon dactylon* o *Portulaca oleracea* fueron capaces de atravesarlos o de crecer encima de los mismos. En plantaciones con riego localizado y con las calles desnudas, los problemas antes nombrados fueron esporádicos (Quero, 2017). En el estudio de Zaragoza *et al* (1995) coincidió que la planta más problemática fue la *Portulaca oleracea*.

En la siguiente tabla 3 se mostrarán las ventajas e inconvenientes de la utilización de cubiertas artificiales inertes, descritos por Gil-Albert (1995) y Moreno *et al* (2006):

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> • Buen control de la vegetación espontánea • Desarrollo radicular superficial • Reduce el riesgo de heladas primaverales • Reduce las pérdidas de agua por evaporación • Mejora las condiciones térmicas radiculares • Adaptable a suelos con riego localizado • Se reducen los problemas de podredumbre los frutos • Se reduce el lavado de elementos fertilizantes debido a la formación de humedad 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye la resistencia a sequía • Difícil vueltra a otros sistemas • Riesgo de incendio • Grave aumento de riesgo por asfixia radicular • Incompatible con riegos a pie • Alto riesgo de proliferación de enfermedades radiculares de carácter fúngico • No adecuado a plantaciones jóvenes • Alto riesgo de proliferación de roedores • Alto coste de eliminación • Inadecuado para suelos húmedos y pesados.

Tabla 3: Ventajas e inconvenientes del uso de cubiertas artificiales inertes para el control de especies de malas hierbas no deseadas (Gil-Albert, 1995 y Moreno *et al*, 2006)

1.4.4.3. Cubiertas orgánicas naturales

Las cubiertas vegetales naturales son un método de eliminación de malas hierbas, ahogándolas y sofocándolas a través de una capa o “mulch” de algún material lo suficientemente grueso para que no puedan atravesarlo (Gil-Albert, 1995).

Las cubiertas vegetales no solo se utilizan para el control de especies de malas hierbas, sino también para evitar la erosión del suelo (Scholl *et al*, 2013); el autor (Landlonch, 2002) comparte esta afirmación y cree que su utilización puede favorecer la infiltración y reducir el porcentaje de agua evaporada del suelo. Otro objetivo es el de evitar fluctuaciones extremas de temperatura en la superficie del suelo (O’Brien *et al*, 2018).

Estos acolchados conforme se degradan van suministrando materia orgánica al medio. El hecho de que el material se vaya degradando puede ocasionar un consumo excesivo de nitrógeno que pueda influir de manera negativa a la planta. Sin embargo, los ensayos de Cirujeda *et al* (2010) determinaron que tras la aplicación de “mantillos” de paja de cebada, maíz, restos de arroz o láminas de papel en una plantación de tomate no se observaron deficiencias nutricionales debido a inmobilizaciones de nitrógeno.

La eficacia a largo plazo, independientemente del tipo de acolchado empleado depende de la correcta preparación e instalación (Babcook y McLaughlin, 2008). A esta conclusión también llegó Landloch (2002) afirmando que los hidroacolchados con materiales vegetales necesitan unas cantidades aproximadas de 5t/ha para lograr buenos resultados, Anzalone *et al* (2010) determinó que hacían falta 10t/ha de paja de cebada para obtener buenos resultados.

Uno de los acolchados orgánicos inertes más utilizados son pajas, serrín, tallos de arroz etc. Utilizados principalmente para eliminar las malas hierbas, como se ha nombrado anteriormente, pero el control de la flora no deseada no es inmediato y puede ser necesario más de un año para que plantas perennes, con raíces profundas como *Rumex* sp. se eliminen (Bastida, 2006). Está comprobado que estos tipos de acolchado son beneficiosos para el suelo y el control de malezas (Sozzi, 2003), pero poseen dos problemas importantes: por un lado, la cantidad de material necesario para que su aplicación sea efectiva y por otro lado el gasto que supone su aplicación, la cual puede ser manual o mecanizada.

Otro tipo de “mulch” orgánico inerte es el denominado hidroacolchado, hidromulch o hydromulch. Es un método basado en una mezcla de agua con materiales de origen orgánico (pasta de papel o residuos vegetales), que al solidificar crea una barrera que no permite el nacimiento de malas hierbas, y no es contaminante (Anzalone *et al*, 2010). Un estudio realizado por Runham *et al* (1998) comprobó que la mezcla formada por agua y papel molido es un método de control de malas hierbas igual de resistente que el polietileno. Aunque este tipo de materiales tiene los inconvenientes de la cantidad de material necesario para su realización y que la

mecanización aún no está muy desarrollada. Aunque el hidromulch en determinados ensayos es capaz de controlar muy bien la germinación de malas hierbas, Warnick *et al* (2007) encontró resultados de control tan buenos como los obtenidos con la utilización del polietileno negro, con la ventaja de que el primero es biodegradable y no implica un impacto negativo al medio ambiente. El control de plantas dicotiledóneas fue posible con aplicaciones más gruesas de estas cubiertas. Lukas (2011) concluyo en sus ensayos que mantiene el control de la germinación de las especies no deseadas a través de hidroacolchados formados por pasta de papel y restos vegetales.

Uno de los inconvenientes que podría suponerse en la utilización del hidroacolchado es si dificultan la realización de labores (aplicación de fitosanitarios, poda etc.) mientras éste está presente en el suelo. No obstante, las cubiertas no interfieren con la realización de las tareas rutinarias de la explotación.

Por esta razón, en el presente Proyecto Final de Grado se utiliza una mezcla de pasta de papel reciclada, fibras de origen vegetal, las cuales son más baratas y ligeras y algún aditivo aglutinante para la mezcla. Se busca que este hidromulch cause un bajo impacto ambiental y sea de fácil aplicación.

Las ventajas e inconvenientes de la aplicación de cubiertas orgánicas inertes según Horton (1986) y Busto y Chueca (2016) son las que figuran en la tabla 4:

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none">• Es un medio estéril y no requiere ningún tratamiento químico• Permite aplicación precisa y económica• Presenta buena resistencia a su degradación• Regulador de temperatura• Son biodegradables• No consumen agua• Mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo• Evitan la emergencia de plantulas de malas hierbas	<ul style="list-style-type: none">• Fuertes lluvias inmediatamente después de la colocación provoca grietas• Si la mezcla salpica a las zonas verdes de la planta reducirá su crecimiento• Obstrucción de la máquina de aplicación• Problemas con levantamiento de polvo durante la aplicación• Aportan semillas• Pueden producir sustancias alelopáticas para el cultivo• Si no tienen mucho espesor su eficacia se reduce.

Tabla 4: Ventajas e inconvenientes de la aplicación de cubiertas orgánicas inertes para el control de malas hierbas (Horton, 1986 y Busto y Chueca, 2016)

1.2.4.4. Efectos de los acolchados en el crecimiento

Es importante conocer la repercusión que tiene el acolchado sobre el crecimiento y el desarrollo del cultivo, ya que modifica las condiciones bióticas y abióticas del suelo. A continuación, se muestran los resultados de diferentes ensayos donde comprueban la influencia de acolchados en el crecimiento de la planta.

En un estudio sobre el control de malas hierbas y crecimiento de una nueva plantación de mandarinos (*Citrus reticulata*) sobre acolchado textil, de Emre *et al* (2017), se demostró que los árboles correspondientes a los tratamientos de control y de siega obtuvieron valores inferiores de anchura, altura y área foliar que aquellos tratamientos que poseían acolchado (polietileno y textil sintético negro). Destacar también que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con acolchado y herbicidas, obteniéndose datos similares.

Un estudio realizado por Cline *et al* (2011) sobre el uso de diferentes tipos de acolchados (pasta de papel y pasta de papel con elementos orgánicos) y métodos tradicionales (aplicación de herbicida y cubiertas plásticas) sobre una parcela de manzanos recién plantada determinó que el uso de diferentes tipos de hidromulch sobre el suelo influyó de manera positiva sobre el cultivo. De la misma manera, un estudio realizado a posteriori Hussain *et al* (2017) sobre la comparativa entre el uso de mantillo de paja de arroz y la aplicación de glifosato en el cultivo del manzano reafirmó lo que ya había dicho Cline *et al*, (2011), que los árboles que tuvieron crecimientos mayores fueron los que tenían acolchado a base de pasta de papel con elementos orgánicos en el suelo.

En un ensayo realizado en una plantación de encinas (*Quercus ilex*) de Jimenez *et al* (2013) se cubrieron los pies de los árboles con mulch de piedras, mulch de paja y se comparó con el testigo. Los resultados que se obtuvieron fueron de un mayor porcentaje de supervivencia y una mayor área foliar de aquellos árboles que a sus pies se instaló el acolchado a base de paja.

Como se observa en los diferentes ensayos nombrados, la presencia de una cubierta favorece el crecimiento de los árboles. Hussain *et al* (2017) cree que este mayor desarrollo es debido principalmente a la eliminación de malas hierbas, lo que favorece una mejor traslocación de nutrientes y a una mayor humedad en el suelo.

1.2.4.5. Efectos del acolchado en la erosión

La necesidad de nuevas técnicas de control de malas hierbas respetuosas con el medio ambiente obliga a que éstas sean evaluadas para obtener resultados fiables de la repercusión que producen en el medio. La erosión es un problema de pérdida de suelo, y por tanto de fertilidad, en muchas zonas de España, siendo las áreas con mayor pendiente las que más acusan este hecho. Por ello es importante conocer si los acolchados favorecen la conservación del suelo. A continuación, se detallan una serie de ensayos y sus conclusiones sobre acolchados y su influencia en la erosión del suelo.

El trabajo de Babcock y McLaughlin (2018) concluye que la aplicación de un acolchado al menos en el 75% de la superficie influyó de manera muy positiva no solo en evitar la erosión, sino también en proporcionar un mejor ambiente para la germinación de semillas y ralentizar la escorrentía superficial en zonas de pendiente. Además, relatan que la eficacia a largo plazo de la cubierta del suelo, independientemente del acolchado utilizado, dependerá de la correcta preparación e instalación del mismo.

Cline *et al*, (2011) explica que se están buscando técnicas de control de malas hierbas menos agresivas con el medio ambiente y de eficacia similar a los herbicidas. Sus experimentos llevados a cabo demostraron que el hidromulch a base de fibra larga de cereal picado o paja de pino realizó una excelente conservación del suelo frente al uso de herbicidas.

El trabajo de Landlanch (2002) se basó en la aplicación de lluvia simulada y flujos de tierra para evaluar la efectividad de infiltración del agua y la reducción de la erosión en diferentes hidromulches. Se concluyó que la eficacia de los hidroacolchados en la retención del suelo es muy similar para una situación con lluvia y otra de lluvia más escorrentía superficial. Esta afirmación nos permite saber que podremos utilizar hidromulches para controlar la erosión en un amplio rango de longitudes y pendientes.

Un estudio realizado en 2013 vuelve a afirmar lo que demostraron autores en años anteriores, que los hidroacolchados orgánicos son efectivos en la protección de la erosión del suelo provocada por la lluvia (Scholl *et al*, 2013). Se utilizaron 16 mezclas de diferentes materiales procedentes de desechos agrícolas y se evaluaron en 2 tipos de suelo distintos, franco-arenoso y franco-limoso. No se encontraron diferencias significativas en la pérdida de suelo de los diferentes hidromulches, pero aquel acolchado que poseía mayor proporción de algodón obtuvo mejores resultados que el resto.

En el estudio anteriormente nombrado de un campo de encinas de Jimenez *et al* (2013) se determinó que los cambios en las propiedades físicas del suelo no se vieron modificadas por la presencia de los acolchados, por lo que, los cambios físicos del suelo son más lentos de lo que en un principio se esperaba.

1.2.4.6. Efectos de los acolchados en la humedad del suelo

Dentro de las modificaciones que pueden producir los acolchados en el medio ambiente es la humedad del suelo. A continuación, se resumen los principales resultados obtenidos por diferentes investigadores.

Uno de los ensayos fue realizado sobre una plantación joven de melocotoneros regada mediante riego localizado (Lordan, 2015). En el estudio se comparó los grados de infiltración del agua de riego en el suelo después de la colocación de un acolchado. Los resultados que se obtuvieron fueron que se aumentó la tasa de infiltración aproximadamente 50 veces, de 2,21mm/h a 121mm/h, lo cual mejora un problema

severo cuando se trabaja en sistemas de riego de alta frecuencia en condiciones de suelo limitantes. Durante los siguientes años los árboles a los que se les aplicó un mantillo en su base mostraron un mejor estado hídrico que los que no poseían cubiertas, lo que repercutió a una mejor respuesta del cultivo. En base a los resultados obtenidos, Lordan considera que la aplicación de una cubierta en la producción de árboles jóvenes en condiciones limitantes del suelo es una buena práctica para contrarrestar las condiciones de la superficie.

El estudio de Emre *et al* (2017) realizado sobre un cultivo de mandarinos concluyó que los árboles tratados con un acolchado plástico necesitaron menor aporte hídrico, frente a los tratamientos a base de siegas y aplicación del herbicida glifosato. Esto sucedió gracias a que se consiguió mantener de forma más efectiva el contenido de humedad en el suelo. El acolchado plástico forma una barrera casi impermeable al flujo de vapor de agua en la superficie del terreno cambiando la evaporación del agua y al flujo de calor (Tripathi y Katiyar, 1984).

Turney y Menge (1994) concluyeron que las técnicas de acolchado de suelo favorecen la conservación de la humedad en la superficie del suelo y aumenta la permeabilidad y la capacidad de retención de agua por parte del suelo, además disminuye la escorrentía superficial y la erosión del suelo. La reducción de la evaporación del agua del suelo es debido a que la cubierta debilita la intensidad del intercambio turbulento entre la atmósfera y el agua del suelo Dong y Qian (2002).

El ensayo de Zhang *et al*, (2008) determinó que la humedad del suelo aumentó de forma significativa en la capa superficial del terreno (0-5cm) frente a la misma capa en suelo desnudo.

Si comparamos los diferentes tipos de acolchado y su eficacia en su capacidad de retención de agua en el suelo encontramos diferentes estudios que coinciden en sus resultados. El ensayo de Hogue y Neilsen (1986) concluyó que el acolchado orgánico fue más eficiente que el acolchado inorgánico en el mantenimiento de la humedad. Por el contrario, Walsh *et al*, (1996) determina que las cubiertas geotextiles reducen de manera significativa la evaporación, pero en menor medida que las cubiertas plásticas. Además, afirma que la aplicación de acolchado geotextil mantiene una mayor proporción de humedad si se compara con un suelo desnudo o un manto de hierba. Lei *et al* (2004) afirmaron que el acolchado plástico es más impermeable al vapor de agua, es decir, conserva de forma más eficiente la humedad que los acolchados orgánicos.

Landlanch (2002) en sus estudios de diferentes materiales acolchados y la infiltración del agua de lluvia concluye que los acolchados a base de pasta de papel con restos vegetales conservan mejor la humedad del suelo y evitan la evaporación el agua directamente desde la superficie que aquellas cubiertas basadas en pasta de papel únicamente.

La eficacia en la conservación o aumento de la humedad del suelo reduciendo la evaporación directa del agua de la superficie depende de las características de los materiales utilizados y menos de las condiciones ambientales (Zribi *et al*, 2011).

1.2.4.7. Efectos de los acolchados en la temperatura del suelo

Es importante conocer el impacto que tienen los diferentes tipos de acolchados sobre la temperatura del suelo, ya que ésta influye de manera notoria al desarrollo del cultivo. A continuación, se detallan los resultados de una serie de ensayos donde se evaluaron los efectos de la temperatura en el suelo y en el cultivo.

En el estudio de López-López *et al* (2009) se explica que el acolchado modifica la energía que llega al suelo, el balance de energía, el régimen térmico y el intercambio de calor. Esto hace que se reduzcan las fluctuaciones térmicas en el suelo, lo que mitiga las temperaturas máximas y mínimas en la superficie del suelo (15 cm de profundidad) según el autor Leal (2007). Otro autor, Foshee *et al* (1996) afirma que esta mitigación favorece el crecimiento radicular, especialmente en árboles jóvenes y en zonas con veranos calurosos.

El estudio realizado por Robinson (1914) determinó que las características del acolchado influyen en la temperatura del suelo, siendo siempre la temperatura diurna más baja y la temperatura nocturna más alta en comparación con el suelo sin protección. Entre los distintos materiales destaca el acolchado plástico que actúa como efecto invernadero, es decir, acumula calor durante el día y lo libera por la noche evitando así posibles heladas (Valenzuela y Gutierrez, 2003).

El ensayo realizado por Cline *et al*, (2011) afirma las temperaturas registradas debajo de las cubiertas orgánicas fueron entre 1-4°C más bajas que debajo del polietileno. A su vez las temperaturas registradas debajo del hidromulch fueron superiores a las obtenidas en el suelo desnudo. En el trabajo de Warnick *et al*, (2007) también encontraron diferencias significativas entre las temperaturas obtenidas debajo de los acolchados frente a aquellas superficies que se encontraban sin protección.

Otros autores con sus respectivos estudios afirman lo que se ha nombrado en párrafos anteriores, que las temperaturas mínimas debajo del acolchado plástico son mayores a las temperaturas debajo de diferentes acolchados. Yang *et al* (2006) indica que la temperatura bajo el acolchado de paja se mantiene por debajo de las cubiertas plásticas tanto en días nublados como soleados. A esta misma conclusión llegaron Neilsen *et al* (1986) afirmando que las temperaturas registradas bajo la capa de una cubierta geotextil fueron mayores a las obtenidas bajo una capa orgánica.

En otro estudio sobre nectarinos por goteo de Zribi (2013) se obtuvo que las temperaturas bajo la superficie de los acolchados plásticos eran superiores todos los meses, incluyendo los meses más fríos, frente al resto de tratamientos con otros materiales y al del suelo desnudo.

Quero (2017) afirma que durante los meses de verano obtuvieron temperaturas inferiores bajo el geotextil y la corteza de pino frente al suelo desnudo y polietileno. Esto nos muestra que durante el invierno es recomendable las cubiertas plásticas capaces de aumentar la temperatura del suelo y, por otro lado, las cubiertas orgánicas al registrar menores temperaturas que el suelo plástico amortigua la temperatura evitando que se caliente en exceso durante el verano, sobre todo en áreas con calor excesivo.

El aumento de la temperatura del suelo puede tener efectos beneficiosos para el cultivo como la mineralización de los nutrientes del suelo, pero, por otro lado, un efecto negativo sería el aumento de la desecación del suelo y por lo tanto podría ocasionar un estrés hídrico en el cultivo.

Dos estudios afirman que la aplicación de una cubierta plástica aumenta la precocidad de los cultivos (Zribi *et al*, 2011) y Moreno *et al*, (2004) donde se extendió una cubierta plástica en el suelo donde había una variedad de ciruelo (*Prunus domestica*). Se obtuvo como resultado un adelanto medio de 15 días con respecto al testigo, el cual tenía el suelo desnudo.

Objetivos

2. Objetivos

Una vez revisada la problemática en árboles jóvenes se considera importante trabajar en el manejo de malas hierbas en este tipo de cultivos, ya que:

- A. Hay pocas materias activas disponibles.
- B. Los medios mecánicos son escasos, caros y causan daños a los árboles.

Por todo ello podemos concluir que existe una demanda de nuevos métodos de control de malas hierbas en cultivos leñosos en los primeros años de implantación, por lo que se plantean los siguientes objetivos:

1. Encontrar alternativas a los métodos de control de malas hierbas existentes en la actualidad en melocotoneros jóvenes mediante el uso de hidromulch.
2. Describir aspectos físicos de los hidroacolchados a lo largo del tiempo.
3. Valorar el efecto de control de malas hierbas de dichos hidroacolchados.
4. Valorar el efecto de los acolchados hidromulch sobre la temperatura del suelo.
5. Valorar el efecto de los acolchados sobre el crecimiento de los melocotoneros.

Material y Métodos

3. Material y Métodos

3.1 Localización de los ensayos

Los ensayos para la elaboración del presente Trabajo de Fin de Grado se han desarrollado íntegramente en el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), concretamente en uno de sus invernaderos y en una de sus fincas denominada “San Bruno” la cual pertenece a la Unidad de Sanidad Vegetal y está ubicada a escasos 500m del centro. Tanto los invernaderos como la finca se encuentran dentro del término municipal de Montañana (Zaragoza). Los ensayos se realizaron desde diciembre de 2017 hasta julio de 2018. En las Imágenes 1 y 2, se muestra la localización del municipio.



Imagen 1: localización de los ensayos

(Visor SIGPAC, 2018)



Imagen 2: Localización del municipio

(Wikipedia, 2018)

El municipio de Montañana se encuentra a una altitud de 202 msnm. Como se ha comentado anteriormente la realización de los ensayos se hizo en dos localizaciones, por un lado, se encuentra el invernadero, el cual está situado dentro del centro, y por el otro lado, la finca “San Bruno” localizada a unos 500m del invernadero. Geográficamente se encuentran en el Huso UTM 30 a una latitud de 41º 43’ N y una longitud de 0º 48’ W. En las imágenes 3 y 4 se muestra con un mayor detalle la localización de los lugares.



Imagen 3: Localización del invernadero

(Visor SIGPAC, 2018)



Imagen 4: Localización de la finca “San Bruno”

(Visor SIGPAC, 2018)

El clima de Montañana de acuerdo con la clasificación climática de Köppen y Geiger es un clima semiárido frío, propio de la depresión del Ebro. Presenta veranos muy cálidos y mayormente despejados, mientras que los inviernos son fríos, ventosos y muchos días con nubes bajas, niebla. Durante todo el año las temperaturas oscilan entre 3°C a 33°C, muy rara vez bajan de los -2°C o sube por encima de los 37°C. La temperatura promedio es de 14,7°C con precipitaciones medias anuales de 357mm.

Las precipitaciones se producen de forma desigual durante todo el año siendo el mes más lluvioso mayo con 44mm y el mes más seco julio con 17mm de media. Las temperaturas medias mensuales varían unos 18°C entre el mes más frío que es enero, cuya temperatura media es de 6,6°C, y julio que registra una temperatura media de 25,3°C, siendo el mes más cálido. Los datos nombrados corresponden al intervalo 1981-2010 de la estación de AEMET localizada en el aeropuerto de Zaragoza (AEMET, 2018), cuyos datos se muestran en la figura 2.

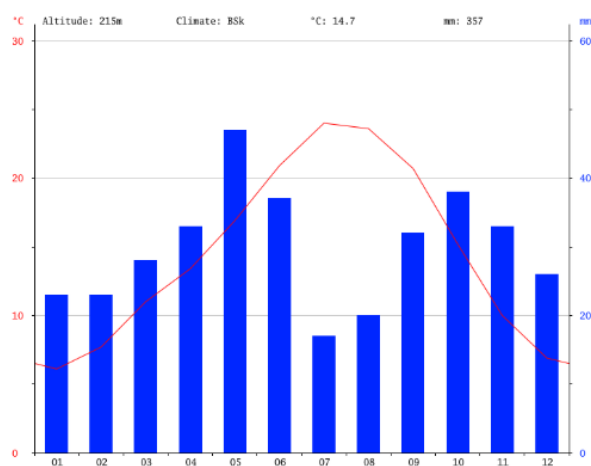


Figura 2: Diagrama ombrotérmico de Zaragoza. (AEMET, 2018)

La zona donde se van a realizar los estudios se encuentra integrada en el municipio de Montañana, el cual es un barrio rural de Zaragoza. Tanto el invernadero como la finca están situados a 15Km aproximadamente de Zaragoza. Se encuentra localizado en el eje del río Gállego y linda con los barrios de Montañana y Peñaflo.

El invernadero empleado para los ensayos es de tipo capilla, cubierta de cristal, con unas medidas de 6 metros de ancho por 15m de largo y una altura en cumbre de 6 metros. El interior está equipado con control de temperatura y humedad, además, existen 4 mesas no calefactadas para facilitar las labores del trabajo y la disponibilidad de agua para regar las plantas que dentro se hospedan.

La finca “San Bruno” es una parcela situada a 500 metros del CITA con una superficie de 1,16 ha dedicadas a la realización de ensayos de campo por parte del Laboratorio de Malherbología, perteneciente a la Unidad de Sanidad Vegetal. Como se puede apreciar en la imagen 4 en la parte superior derecha se encuentra un depósito utilizado para dotar de agua la finca con su caseta de riego. Debajo del depósito se

observa una “mancha” oscura, corresponde a estiércol bovino empleado para fertilizar los diferentes ensayos realizados.

3.2 Caracterización meteorológica.

Para la realización de la caracterización meteorológica de la zona de los ensayos, se han considerado los meses en los cuales se han desarrollado los diferentes estudios, de diciembre a julio. Los datos obtenidos han sido obtenidos gracias a la Oficina del Regante, organismo perteneciente al Gobierno de Aragón, la cual nos ha proporcionado los datos de su estación meteorológica localizada en el municipio de Montañana y se han plasmado en la figura 3.

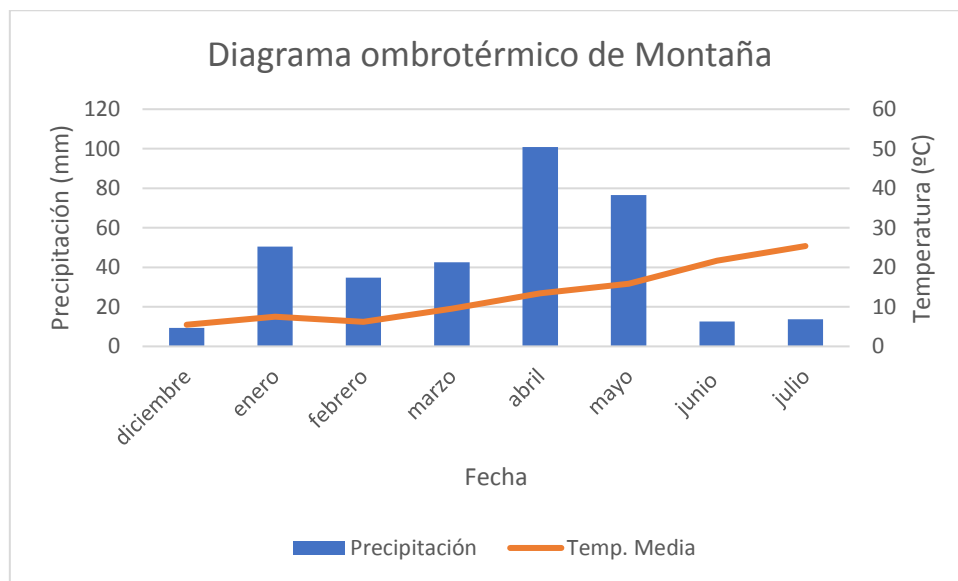


Figura 3: Diagrama ombrotérmico de la estación de Montañana (datos proporcionados por la Oficina del regante, gráfica realización propia)

Analizando los datos obtenidos se observa que la diferencia de temperatura entre el mes de diciembre, el más frío (5°C), y el mes de julio, el más cálido (25°C) es de aproximadamente 20°C. La evolución a lo largo del tiempo de la temperatura es similar a la figura 3, obteniendo valores parejos.

Otro dato meteorológico de interés en los ensayos es la precipitación acontecida durante los meses de estudio, ya que, el hidromulch puede verse afectado por ella, como se valorará en el apartado de “Resultados y discusión”. Como se observa en la gráfica 1 los meses en los que las precipitaciones fueron mayores fueron abril (101mm) y mayo (77mm), mientras los meses más secos fueron diciembre (9mm) y junio (13mm). Si realizamos una comparación entre la figura 2 y la figura 3 se observa que en 2018 se registraron 60mm más en abril que en la media de los últimos años y en mayo de este año, 2018, fue 30mm mayor a la media de los años acontecidos. Por contrario el mes de junio de 2018 registró una escasa pluviometría de menos de 15 mm mientras que la media anual para ese mes es de 38mm.

Cabe destacar el dato que, en el mes de abril, en 24h había llovido más que la media anual para todo el mes. En 24h las precipitaciones alcanzaron 53mm, y la precipitación media para el mes de abril no llega a 40mm (AEMET, 2018).

3.3 Materiales utilizados

Los materiales que fueron sometidos a estudio en el presente Trabajo Fin de Grado fueron 5 tipos de hidroacolchados, todos ellos biodegradables y 1 testigo desherbado manualmente.

Los materiales acolchados están formados por pasta de papel, un conglomerante y por un residuo agrícola en su primera vida útil, y que se han utilizado en este caso, impidiendo de este modo su acumulación y generando nuevos usos. Todos los componentes de todas las mezclas están constituidos por elementos naturales, es decir, no se les ha añadido ningún componente químico adicional. En el presente trabajo no se dan más detalles de la composición de las mezclas para evitar futuros problemas en el caso de solicitar una patente.

Todos los acolchados están compuestos por la misma pasta de papel, hay dos conglomerantes y 3 tipos de residuos agrícolas, es decir, es decir se han probado 3 acolchados con cada aditivo y 2 acolchados por cada material reciclado. A continuación, en la tabla 5, se muestran los nombres de los diferentes tratamientos que se aplicarán en los diferentes ensayos:

PY	PS	CY	CS	AY	AS	TESTIGO
----	----	----	----	----	----	---------

Tabla 5: Nombres de los diferentes tratamientos

Como se observa en la tabla superior cada nombre consta de 2 letras, a excepción del testigo, la primera indica el tipo de material residual del que está compuesto (P, C o A) y la segunda letra hace referencia al tipo de conglomerante (Y o S).

La pasta de papel se utiliza para dar homogeneidad a la mezcla, facilitar la aplicación y conseguir una capa más espesa. El conglomerante es empleado para dar dureza y consistencia al conjunto, así como unión al conjunto. El residuo agrícola es usado para aumentar la resistencia de la composición y dificultar la penetración de las malas hierbas.

3.4 Descripción de los ensayos

Lo que se pretende con los diferentes ensayos llevados a cabo es probar hidroacolchados con nuevos materiales biodegradables, así como reutilizar materiales que en su primera etapa han sido clasificados como residuos. Algunos subproductos (paja, virutas de madera, cortezas de pino o restos de poda triturados) se pueden utilizar en seco como cubiertas inertes, pero su uso podemos considerarlo, en nuestra zona, residual. Con este estudio queremos conocer su eficacia para la protección de malas hierbas en árboles jóvenes de frutales, de modo que demuestren su capacidad de

impedir la nesciencia de especies no deseadas, principalmente en la base de los árboles. El hidromulch está pensado para ser especialmente útil en los primeros años, hasta el tercer año más o menos, dado que es en este periodo cuando el árbol es más susceptible a los daños por herbicida y cuando menos herbicidas están autorizados.

A continuación, se procede a la descripción de los 5 ensayos realizados en el presente Trabajo Fin de Grado:

3.4.1 Ensayo 1: Hidromulch x1

Corresponde al primer ensayo realizado en campo, concretamente en la finca "San Bruno" después de realizar ensayos preliminares en invernadero. El estudio comenzó el 4 de diciembre de 2017 y se concluyó el 21 de marzo de 2018.

El este estudio se realizó un diseño estadístico con 6 tratamientos en parcelas completamente aleatorizadas con tres repeticiones por tratamiento.

Lo primero que se hizo fue realizar un pase de chisel y a continuación uno de rulo, ambos con el tractor. En el momento antes de la aplicación del hidromulch y al ver que el terreno no era del todo llano se procedió a realizar otro paso de rulo manual para dejar la superficie sobre la que se iba a colocar el acolchado lo más llana y homogénea posible.

Las cantidades de los diferentes materiales que componen el hidromulch utilizadas son el resultado de una serie de ensayos previos donde se determinados las cantidades que mejores resultados habían proporcionado. Una vez que el terreno estaba en condiciones óptimas y teníamos a disposición todos los materiales necesarios se procedió a la medición de los materiales.

La mezcla y colocación de las cubiertas fue realizada "in situ" en la finca "San Bruno" el 4 de diciembre de 2017. Para ello se mezcló de forma manual la pasta de papel con los demás elementos (subproducto y conglomerante) y por separado cada repetición del ensayo. El hidromulch se juntó en cubos de plástico de 40 litros.

Para la colocación en el suelo nos ayudamos de un marco de 0,5x1 metros de metal, el cual se colocó en el suelo y encima se vertió la mezcla procurando que estuviera lo más homogénea posible en composición, es decir, que todos los materiales estuvieran bien unidos, como una vez aplicada en el suelo, procurando que todas las zonas poseyeran el mismo espesor.

La distribución del ensayo es la que se muestra en la tabla 6, se dividieron en dos filas a 2 metros una de la otra, y cada una de las cuales con 9 parcelas de 0,5 m² y la distancia entre ellas de aproximadamente 1m.

Antes de extender el hidromulch en el suelo se excavó y se enterraron a una distancia de 1,5 centímetros de la superficie seis sensores de temperatura *Tinytag Plus2*, tres debajo de hidromulch (los cuales se especifica en la tabla 6 en color rojo) y 3 distribuidos a lo largo del pasillo entre las dos filas como comparación.

CY	X	AY
PY		AS
CS		PS
AY	X	CS
AS		PY
PS		CY
CY	X	AY
PY		CS
AS		PS

Tabla 6: Distribución del ensayo 1: *Hidromulch x1*

Durante el tiempo que estuvo el ensayo en campo se procedió cada cierto tiempo a un desherbado manual entre las dos filas y el borde de las cubiertas. En la imagen 5 se muestra una vista del ensayo ya instalado en campo.



Imagen 5: Vista ensayo *Hidromulch X1*

Finalmente se concluyó que este primer ensayo había llegado a su fin el 21 de mayo de 2018, cuando se procedió a su levantamiento y extracción de los sensores y se extrajeron sus datos.

3.4.2 Ensayo 2: Hidromulch x1,5

Este ensayo se realizó casi dos meses después del primero, el 31 de enero de 2018, al comprobarse que el ensayo 1 “Hidromulch x1” no daba los resultados esperados y se comprobó que la masa aplicada no fue suficiente para poder extender correctamente la mezcla. En este ensayo se procedió a aumentar la cantidad de cada material un 1,5 con respecto a la dosis original.

El diseño estadístico se realizó con parcelas totalmente aleatorizadas con tres repeticiones por cada tratamiento, en este caso hubo 7 tratamientos.

Las labores preparatorias ya se habían realizado previamente en el acondicionamiento del terreno durante en ensayo 1, solo hizo falta un paso de rulo manual ya que con el paso del tiempo el terreno se había desigualado un poco.

Al igual que en el anterior ensayo primero se realizaron los pesajes de los materiales en laboratorio, pero la mezcla se realizó “in situ” en la finca “San Bruno” localizado a continuación del estudio anterior y con las mismas características, es decir, dos columnas separadas 2 metros y con 10 y 11 parcelas de 0,5m² respectivamente, ya que en este ensayo se instalaron parcelas testigo sin desherbar. La mezcla se llevó a cabo en los mismos cubos de 40 litros y su colocación en el terreno se realizó con ayuda del marco de 0,5*1 metro. Del mismo modo se intentó que la mezcla fuera lo más homogénea posible y que su aplicación fuera lo más semejante en cuanto al espesor se refiere. La imagen 6 inferior muestra cómo se realizó la colocación del hidroacolchado en la finca San Bruno.



Imagen 6: Colocación *Hidromulch X1,5*

A continuación, en la tabla 7 se muestra la distribución de las parcelas en el suelo y en la imagen 7 como quedó el hidromulch una vez instalado:

CS	
AS	
PS	
CS	
PS	
AY	
PY	
CY	
TESTIGO	
AY	
CS	
	PY
	AY
	PS
	AS
	CY
	TESTIGO
	PY
	AS
	CY
	TESTIGO

Tabla 7: Distribución del ensayo 2: *Hidromulch x1,5*



Imagen 7: *Hidromulch X1,5* en campo

3.4.3 Ensayo 3: Gramas 1

Este estudio corresponde al primer ensayo realizado en uno de los invernaderos del CITA. Comenzó el 2 de marzo de 2018 y tuvo una duración de poco más de un mes, hasta el 16 de abril de 2018. Este ensayo fue preliminar al siguiente con el objetivo de averiguar en qué condiciones es capaz la grama de brotar desde diferentes tipos de fragmentos de sus estolones. Es el único de 5 ensayos llevados a cabo en el presente Trabajo Fin de Grado en el cual no se ha utilizado hidromulch para su realización y el primer ensayo que se ha realizado completamente en las instalaciones del CITA, concretamente en el laboratorio y cámara especial de control de temperatura.

La primera tarea que se realizó fue localizar grandes poblaciones de gramas (*Cynodon dactylon*), una vez encontradas se procedió a excavar para conseguir extraer

los rizomas con sus estolones, los cuales, son uno de sus métodos de propagación. Una vez separados de la parte aérea se conservaron en bandejas cubiertas de vermiculita e hidratadas hasta su procesado.

El diseño estadístico fue totalmente aleatorizado con 5 repeticiones para cada una de las 4 muestras estudiadas.

Los estolones fueron cortados y divididos en cuatro grupos atendiendo a diferentes longitudes: 1 cm a cada lado del nudo con o sin raíz y 2 cm a cada lado del nudo con o sin raíz. Una vez hecha la división se plantaron en macetas de plástico de 10cm de longitud, a una altura de 4-5cm de la superficie. El material utilizado para cubrir las gramas en las macetas fue turba mezclada con tierra procedente de la finca “San Bruno”. Una vez estuvo todo plantado se colocó en una bandeja de plástico de 0,54 metros de longitud y 0,37 metros de ancho, con el fin de poder verter agua en la bandeja y que esta consiga ascender por capilaridad a la maceta.

Los estolones fueron transportados a una cámara con control de temperatura para favorecer su rápido crecimiento.

La distribución del ensayo, que se observa en la tabla 8, consta de 4 grupos y cada grupo tiene 5 estolones, en macetas. Dos grupos tenía raíces, de 4,1cm de media, y otros dos grupos no tenían raíces y dos grupos tenían una longitud total de estolón de 1cm y los otros dos grupos su longitud total fue de 2 cm.

R+1	R+2	2	2
1	1	R+1	R+1
2	R+1	R+2	1
1	2	1	R+2
R+2	2	R+1	R+2

Los 4 grupos	
RAÍZ +1cm	RAÍZ + 2cm
1cm	2cm

Tabla 8: Distribución ensayo 3: Gramas 1

3.4.4 Ensayo 4: Gramas 2

El siguiente estudio se presenta como la continuación del ensayo anterior. Los resultados del anterior ensayo permitieron seleccionar el tipo de fragmentos de estolones a utilizar. El objetivo en este otro caso fue observar la capacidad de perforación de la grama brotada a partir de fragmentos del tamaño seleccionado a través de los diferentes hidroacolchados. La puesta en marcha comenzó el 16 de mayo de 2018 y se dio por concluido el 11 de julio de 2018. Como en el anterior trabajo, todo el desarrollo del mismo fue realizado en el laboratorio de la Unidad y en el invernadero.

El diseño estadístico fue aleatorizado con 3 repeticiones por cada una de las cuatro muestras de las que se compone el ensayo.

Durante este periodo se siguió utilizando la misma especie de mala hierba, la grama, la cual proviene de la misma población del ensayo anterior, ya que todavía quedaban estolones conservados enterrados en vermiculita en el frigorífico con humedad uniforme.

Una vez determinado que los fragmentos de los estolones que mejores resultados habían proporcionado fueron aquellos que de 2cm a cada lado del nudo y que poseían raíces, se procedió a la preparación del material vegetal. La preparación consistió en determinar cuáles de las gramas estaban en mejores condiciones para ello se observaron las que tenían raíces y mejor aspecto. A continuación, se procedió a cortar aquellas previamente seleccionadas. Una vez cortadas se midieron diez para determinar una serie de características que se reflejan en la tabla 9.

Longitud total estolón (cm) /Desviación estándar	Longitud total raíz (cm) /Desviación estándar	Diámetro estolón (cm) /Desviación estándar
4,6/ ±0,9	11,9/ ±3,28	0,32/ ±0,78

Tabla 9: Parámetros de partida de las gramas.

Una vez tuvimos los estolones cortados y preparados se realizó la mezcla de turba y tierra de “San Bruno”. Esta vez la tierra no fue introducida en macetas sino directamente sobre bandejas 0,54 metros de largo por 0,37 metros de ancho. Todas las bandejas se dividieron en dos mediante un pequeño trozo de plástico utilizando cada mitad para un tratamiento de hidromulch diferente.

Una vez seccionadas las bandejas se cubrieron hasta la mitad con la mezcla de tierra y turba antes nombrada. A continuación, se colocaron 10 estolones por recintos y se cubrieron con 1-2 cm de tierra y turba.

Una vez estuvo todo preparado se pesaron las cantidades de los materiales necesarios para elaborar los diferentes hidromulches, las cuales fueron iguales a las del hidromulch X1,5, con la diferencia de que durante este ensayo solo hubo un conglomerante, el que se creyó que respondería de la mejor manera. Por lo que al final se realizaron 4 tratamientos: 3 tipos diferentes de hidromulch, los cuales poseían el mismo conglomerado, pero diferente subproducto, y el testigo sin acolchar. Cada

muestra tenía 3 repeticiones, por lo que se utilizaron 6 bandejas y cada una de las cuales estaba dividida en 2 formando dos recintos por bandeja, 12 recintos en total. Este distribución se encuentra recogida en la imagen 8.



Imagen 8: Hidratación bordes Hidromulch y su instalación.

A continuación, en la tabla 10, se muestra la distribución de las bandejas en el invernadero durante la realización del ensayo.

TESTIGO	PY	AY	CY	TESTIGO	CY
PY	AY	TESTIGO	AY	CY	PY

Tabla 10: Distribución ensayo 4: Gramas 2

En el invernadero se realizó la mezcla de los materiales mediante cubos de plástico de 20 litros, ya que las cantidades a mezclar eran mucho menores que en campo, tal y como se observa en la imagen 9.



Imagen 9: Proceso de mezcla de los diferentes materiales

El mantenimiento de la humedad en la tierra simulando condiciones óptimas de brotación de la grama se realizaron a través de un pequeño orificio entre el hidromulch y la bandeja, donde con mucho cuidado de no mojar y reblandecer el acolchado se vertía agua directamente sobre la mezcla de turba y tierra, aunque fue inevitable que los bordes de los acolchados se hidrataran parcialmente. En la imagen 8 se observa la hidratación de los bordes de la bandeja y como quedó el ensayo.

En un primer momento se consideró terminar el ensayo el 22 de junio, donde se cortaron las gramas que habían conseguido atravesar el acolchado y las bandejas todavía con hidromulch intactas se mantuvieron en el invernadero. Cuando se volvió allí nos dimos cuenta de que la grama había rebrotado y se procedió a tomar una segunda medición de la biomasa. Finalmente, el 11 de julio, una vez obtenidos todos los datos necesarios, se dio por concluido el ensayo.

3.4.5 Ensayo 5: Melocotoneros.

Este es el último ensayo del presente Trabajo de Fin de Grado y el de mayores dimensiones. El trabajo se desarrolló completamente en la finca “San Bruno”, dando comienzo a principios del mes de marzo de 2018 las labores preparatorias del terreno, a finales del mismo mes, entre el 21 y 27, se realizó la plantación y la colocación del hidromulch y finalmente el 21 de julio de 2018 se tomaron los últimos datos del ensayo.

El comienzo fueron las labores preparatorias, como se ha nombrado en el párrafo anterior:

- 1) Lo primero fue realizar un pase de chisel para remover y airear el suelo.
- 2) Se aplicó abono orgánico procedente de ganado bovino del CITA.
- 3) Se volvió a realizar un pase de chisel para enterrar el abono.
- 4) A continuación, se procedió a medir y marcar las diferentes líneas de árboles.
- 5) Una vez se marcaron las filas de cultivo se abrió un surco de unos 60 cm, en el cual irán enterradas las mangueras de riego, tal y como se aprecia en la imagen 10.
- 6) Las tuberías principales fueron instaladas superficialmente en la cabecera de las líneas, mientras que las mangueras con emisores de riego fueron instaladas dentro de los surcos.
- 7) Una vez instaladas se cubrieron con tierra cada cierta longitud para impedir que se movieran mientras realizábamos otras labores y se comprobaron que salía agua al final de cada manguera.
- 8) A continuación, se marcó el lugar donde se iba a plantar cada árbol con una caña de un metro de longitud.



Imagen 10: Apertura de surcos para posterior plantación.

Una vez concluida las labores preparatorias fue el momento de realizar la plantación. Lo primero que se realizó fue cortar los extremos de las raíces de los árboles para favorecer su estimulación y con ello la supervivencia. Una vez estuvieron los árboles acondicionados se realizó la plantación de forma manual con una jada o azada, procurando que el injerto se encontrara en dirección al viento dominante (cierzo) para evitar su rotura.

Para este ensayo se emplearon los 6 tipos de hidromulch, es decir, los tres subproductos con los dos conglomerantes, más el testigo sumando 7 tratamientos. Cada tratamiento fue repetido tres veces y cada repetición consta de 5 árboles. Esto quiere decir que en total se plantaron 105 árboles, en 7 líneas con 15 árboles cada una de ellas. La distribución del mismo se observa en la figura 4.

Como se ha detallado en el párrafo anterior, cada repetición consta de 5 árboles; a los tres árboles centrales se les dibujó una línea perimetral al tronco a una altura de 30cm, la cual se utilizaría para medir su crecimiento a lo largo del tiempo.

Las cantidades de los diferentes componentes del hidromulch fueron las mismas que las del ensayo 2 “hidromulch X1,5”. Las mediciones se realizaron en el laboratorio y se pesaban conjuntamente la cantidad de 5 árboles para facilitar el trabajo.

Una vez se tuvieron todos los materiales pesados y separados se realizó la mezcla en la propia finca. Hubo dos modos de mezclado:

- 1) Método manual, los materiales fueron introducidos en cubos de basura, de 120 litros y removidos de forma manual por medio de una vara de madera. Este modo de mezclado duró un día.
- 2) Método mecanizado, viendo que el trabajo era muy laborioso y lento se procedió a realizar la mezcla de los diferentes materiales con una hormigonera acoplada al tractor, por medio del cardan.

El vertido de la mezcla al suelo se realizó a través de los cubos de plástico de 20 litros empleados para los dos primeros ensayos. Esta forma de aplicación fue la misma tanto para el método manual como para el mecanizado. A los cubos se les realizó una marca en su interior para conocer la cantidad de acolchado necesaria para cada árbol.

Se fabricó un marco de acero inoxidable de 1x1 metro para delimitar y facilitar la aplicación del hidromulch a la base de los árboles, como se aprecia en la imagen 11. Una vez colocado el marco a través de jarras se iba distribuyendo de una manera mucho más uniforme el acolchado hasta cubrir la superficie delimitada por el marco procurando que todas las zonas recibieran la misma cantidad de mezcla.



Imagen 11: instalación hidromulch en campo.

El diseño experimental fue totalmente aleatorizado con tres repeticiones para cada una de las 7 muestras, tal y como se muestra en la figura 4:



Figura 4: Distribución ensayo 5: Melocotoneros

El marco de plantación es de 6 metros de calle por 4 metros de separación entre árboles de la misma línea. También hay que especificar que las parcelas testigo son aquellas que su forma de eliminación de la mala hierba fue de forma manual, las letras "SH" (Sin Desherbar) corresponde a zonas de 1x1 metros entre árboles de la misma línea donde se evaluaron la emergencia de las malas hierbas sin control alguno. En la imagen 12 se muestra el hidromulchado una vez que se hubo secado.



Imagen 12: Hidromulch en campo una vez instalado y secado

Como el propio nombre del ensayo indica la especie frutal que se ha optado para este trabajo ha sido el melocotonero (*Prunus persica*). La variedad que se eligió fue *Babygold 6* injertado en vivero sobre un pie híbrido GF305.

Se ha optado por el sistema de riego subterráneo para impedir que el hidromulch se humedezca con cada riego, ya que, perdería su resistencia de forma continua. Los goteros de las mangueras están a una distancia de 60cm unos de otros y su caudal nominal es de 2,3 litros/hora.

Durante el tiempo que ha durado el proceso de toma de datos con el fin de que las malas hierbas que pudieran salir en las calles y fuera del hidromulch no interfieran con el ensayo se realizaban pases de cultivador a pocos centímetros de profundidad para su eliminación.

En las zonas colindantes a las cubiertas se utilizaban jadas o azadas y máquinas esquiladoras de ovejas, similares a la de la imagen 13.



Imagen 13: Máquina esquiladora de ovejas (Amazon, 2018)

3.5 Parámetros determinados

Durante la realización del ensayo se han ido obteniendo una serie de datos de diferentes parámetros, los cuales se han analizado primero individualmente y después entre sí. A continuación, se especificarán los diferentes parámetros analizados en los distintos estudios realizados.

3.5.1 Evolución de las temperaturas

Las temperaturas del suelo a 5 cm de profundidad es uno de los parámetros que se estudiaron en el ensayo 1: "Hidromulch X1". En uno de los tratamientos, concretamente el llamado CS, se colocó un sensor de temperatura en cada repetición, 3 sensores más a lo largo de la calle que separa las dos filas de hidromulches, tal y como se puede observar en la tabla 6, además de los datos proporcionados por *la Oficina del Regante* de la temperatura ambiente de la estación de Montaña. Los sensores se colocaron a una profundidad aproximadamente de 5cm del suelo y se taparon con tierra y en los que correspondió con hidromulch encima. De este modo se conoce el efecto que tiene las cubiertas sobre la temperatura en el suelo.

Los sensores para la medición de la temperatura fueron *Tinytags Plus 2*, los cuales se programaron para que registraran la temperatura cada 15 minutos. Algunas de las características de estos aparatos son que están preparados para condiciones climáticas extremas, son capaces de registrar temperaturas desde -40°C a 80°C y es impermeable.

Una de sus principales características es que tiene memoria no volátil, es decir, cuando el aparato es capaz de acumular 32000 registros, para, nunca sobrescribe los datos más antiguos. A continuación, se muestra el aparato en la imagen 14.



Imagen 14: *Tinytag Plus2* (Geminidataloggers, 2018)

3.5.2 Cobertura de malas hierbas

Los ensayos en los que se ha evaluado la densidad de malas hierbas han sido los ensayos 2 y 5, los cuales son “Hidromulch X1,5” y “Melocotoneros” respectivamente.

Para la evaluación de este parámetro se realizaron 4 valoraciones visuales por cada tratamiento. En cada uno de estos controles se evaluaba la cobertura por malas hierbas del hidromulch o del suelo, en el caso del testigo, que estaba cubierto por malas hierbas para determinar el porcentaje de la zona de estudio estaba cubierta por hierbas no deseadas, solamente en aquellos árboles testigo, es decir, aquellos que tuvieran la línea blanca en su tronco. En la imagen 15 se muestra la cobertura de malas hierbas tanto en el hidromulch como en el testigo sin desherbar, el cual está limitado por los 4 varillas de plástico rojo.



Imagen 15: Cobertura de malas hierbas

3.5.3 Cobertura del hidromulch

La cobertura del hidromulch se valoró durante en el ensayo 2 “Hidromulch X1,5”.

En las mismas fechas en las que se evaluó la densidad de malas hierbas también se evaluó el porcentaje de hidromulch que no se había degradado con el paso del tiempo. Para su estimación se realizaron inspecciones visuales para determinar el grado de cobertura del suelo como medida de su desgaste.

La valoración del desgaste del hidromulch nos sirve para determinar la durabilidad de los distintos materiales en el tiempo.

3.5.4 Presencia de malas hierbas

Los ensayos en los cuales se determinó la presencia de malas hierbas en las superficies a estudio fueron en los ensayos 1, 2 y 5, correspondientes a “Hidromulch X1”, “Hidromulch X1,5” y “Melocotoneros” respectivamente.

La toma de datos de este parámetro fue realizada cuatro veces para cada tratamiento, todas ellas de forma visual. Para todos los ensayos, a excepción del ensayo 1 “Hidromulch X1”, se determinaba que porcentaje de la superficie cubierta por malas hierbas correspondía a cada especie de estas y posteriormente en la valoración de los datos se agruparon en 3 grandes grupos: monocotiledóneas, dicotiledóneas anuales y dicotiledóneas plurianuales. En el ensayo 1 se resumieron en el porcentaje de dicotiledóneas que habían conseguido atravesar el acolchado, dado que ninguna especie monocotiledónea lo había conseguido; además las dicotiledóneas plurianuales fueron muy escasas frente a las anuales, por lo que se decidió agruparlas en un solo grupo.

Este parámetro nos indica qué tratamiento proporciona una mejor resistencia a la emergencia frente a las malas hierbas.

3.5.5 Espesor del hidromulch

Los ensayos que incluyeron un estudio sobre el espesor de la capa de acolchado fueron “Hidromulch X1,5” y “Melocotoneros”.

El método para medir el espesor de la aplicación del hidromulch en el suelo fue mediante una medición indirecta de su grosor. Para ello se introducía un lápiz en el acolchado todavía húmedo y posteriormente se medía el tramo que quedaba hundido.

3.5.6 Evolución de las plantas de grama (*Cynodon dactylon*)

Este parámetro únicamente se obtuvo durante el ensayo 3 “Gramas 1”.

Se realizó un seguimiento de forma visual de emergencia, muerte y supervivencia de las gramas plantadas en las macetas. Para ello se realizó un seguimiento cada 3 días aproximadamente de las emergencias de grama en sus respectivas macetas para determinar que tratamiento obtenía un porcentaje mayor de nascencia, y cuál era el que germinaba antes.

3.5.7 Brotación total

Solamente en el ensayo 3 “Gramas 1” se realizó una evaluación de la brotación total obtenida.

Durante todo el proceso se apuntaron las plantas que conseguían germinar y cuáles de ellas morían, al finalizar la toma de datos se sumaron el total de plantas germinadas en cada tratamiento y se determinó el porcentaje total de plantas que habían conseguido brotar durante todo el estudio.

En la imagen 16 se muestra como las gramas consiguieron brotar a través del hidromulch.



Imagen 16: Brotación gramas.

3.5.8 Eficacia en la brotación y en la materia seca

Este parámetro únicamente se utilizó en el ensayo 4 “Gramas 2”.

Después de la toma de datos de la germinación de cada tratamiento estudiado se realizó la eficacia de aquellos tratamientos que tenían hidromulch en la superficie en comparación con el testigo, de esta forma determinábamos la efectividad para el control de la grama con las cubiertas frente a un suelo desnudo, y, por otro lado, la comparación entre la materia seca de los diferentes tratamientos y el suelo desnudo.

3.5.9 Materia seca

El ensayo “Gramas 2” fue el único donde se realizó una comparativa de la cuantía de materia seca.

Es importante realizar el peso seco, ya que nos proporciona la cantidad de materia seca de la planta, y ello es un índice de su desarrollo vegetativo.

Para ello se cortaron las gramas se metieron en sobres y estos se introdujeron en una estufa a 60°C durante 3 días. Al finalizar este tiempo se extrajeron y se pesaron con una balanza de precisión.

Estas acciones fueron realizadas dos veces, ya que, al mantener el ensayo en el invernadero, las gramas consiguieron rebrotar y se repitió el proceso para obtener el peso de la materia seca.

3.5.10 Número y longitud de los brotes de los melocotoneros

Estos parámetros se determinaron en el ensayo número 5 “melocotoneros”.

Se determinaron el número y longitud de los brotes de los tres árboles centrales de cada repetición, ya que los dos de los extremos (uno por arriba y otro por debajo) no se contabilizan por efectos de deriva. Para ello se contaron el número de brotes de cada uno de estos árboles, pero sólo se midieron, mediante una cinta métrica, los 3 que eran más largos.

Con esta medición podemos determinar que tratamiento favorece más el desarrollo de los árboles.

3.5.11 Número, longitud y espesor de las grietas

Al igual que en el anterior caso “Número y longitud de los brotes” estas mediciones únicamente se llevaron a cabo en el ensayo 5 “Melocotoneros”.

Para la determinación del número de grietas se realizó de manera visual en los acolchados colocados junto a los tres árboles centrales de cada repetición. Solamente aquellas grietas que atravesaban todo el hidromulch y, por ende, se conseguía ver el suelo, fueron contabilizadas. Para medir la longitud se utilizó una cinta métrica flexible, la cual se introducía por la grieta siguiendo su recorrido para obtener un resultado lo más parecido con la realidad posible, tal como se puede ver en la imagen 17. La

evaluación de la anchura de las grietas se realizó, usando la misma cinta métrica, en aquel punto de la grieta que se alcanzaba una amplitud mayor.



Imagen 17: Medida de las grietas en el hidromulch

Estos parámetros unidos a la cobertura del hidromulch nos ofrecen datos precisos de la velocidad de degradación del material en el tiempo influenciado por las condiciones meteorológicas.

3.5.12 Penetromía

La realización de este parámetro se realizó en el ensayo 5 “Melocotoneros”.

Esta medición se realizó en los árboles de los extremos, ya que es un método destructivo y no se quería que interfiriera con los árboles centrales en los que se midieron los otros parámetros. Para su ejecución se extrajeron superficies de aproximadamente 5-7 cm² de tres zonas diferentes de la superficie y se les limpió la tierra adherida por debajo. Una vez limpio se colocó en un cilindro hueco y se procedió a realizar la medición con un penetrómetro digital para fruta (marca PCE-PTR 200).

La punta con la que se realizaron las mediciones tenía una superficie de 2mm². Esta acción se realizó dos veces a lo largo del ensayo. Se muestra en la imagen 18 como se realizó la medición de este parámetro.



Imagen 18: Medición penetromía

El penetrómetro PCE-PTR es un dispositivo de mano con una precisión de $\pm 0,5\%$. El rango de temperatura operativo se encuentra situado entre 10 y 30°C y con humedades situadas entre 15 y 80%.

La evaluación de la penetromía nos ayuda a conocer la reducción de la dureza del hidromulch con el paso del tiempo.

3.5.13 Temperatura en la superficie del hidromulch

Al igual que en los anteriores casos, este parámetro solamente se evaluó en el ensayo 5 “Melocotoneros”.

Este estudio fue realizado en los 3 árboles centrales de cada ensayo y hubo dos repeticiones a lo largo del tiempo, las cuales se realizaron en la misma franja horaria, la cual fue entre las 10 y las 12 de la mañana. El termómetro infrarrojo (Dual ITEMP PRO PCE-IR 100) se colocó a una altura de 53mm perpendicular a la superficie del hidromulch

y se realizó la medición sobre una superficie de 132mm². Cada parcela de hidromulch ha sido medida en cuatro puntos diferentes.

La forma de colocación del termómetro se observa en la imagen 19.

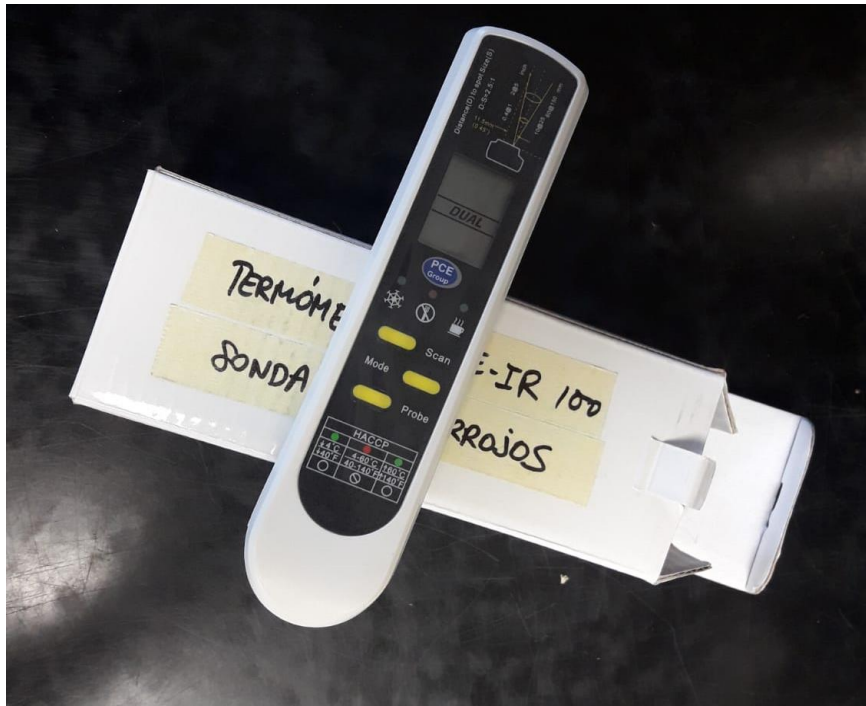


Imagen 19: Termómetro infrarrojos Dual ITEMP PRO PCE-IR 100

El termómetro realiza una lectura infrarroja con una precisión de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ y con un abanico de 0 a 65°C .

3.5.15. Resultados comparativos de los diferentes ensayos.

En esta parte se van a comparar el ensayo 2, “Hidromulch X1,5” y el ensayo 5, “Melocotoneros” en aquellas mediciones que se les realizó a ambos tratamientos, las cuales son:

- Cobertura de malas hierbas.
- Cobertura del hidromulch y grietas.
- Emergencia de malas hierbas.
- Espesor.

En los 4 apartados se comparará y se decidirá que hidromulch funciona mejor en los respectivos parámetros.

3.6 Tratamiento de los resultados

Durante todo el desarrollo de los ensayos se han ido obteniendo muchos datos, los cuales se han ido procesando con numerosas herramientas informáticas que a continuación se detallan.

- El primer programa informático que se ha empleado en el tratamiento de los datos fue la hoja de cálculo de Excel, con el cual se ordenaron los datos. Una vez se tuvieron estos datos ordenados se procedió a la realización de las tablas y gráficos. También se prepararon los datos para utilizar los programas que se utilizan posteriormente.
- El segundo programa que se utilizó fue Minitab, el cual se empleó para el tratamiento estadístico preliminar de los datos. El programa se ha usado para comprobar si los datos se distribuyen de forma normal. Lo primero que se observó era si el histograma se distribuía de forma normal. Si el histograma se asemejaba a una “campana de Gauss” se procedió a realizar el test de normalidad de Anderson-Darling y posteriormente se comprobó la distribución de las varianzas (homocedasticidad) mediante los tests de Levene y Bartlett. En aquellos datos que no cumplían estos criterios, se procedió a realizar una transformación recomendada por el programa estadístico Minitab, mediante la función de Box-cox. Si no fue posible transformar los datos hasta conseguir cumplir estos criterios, los datos fueron analizados mediante barras de error.
- Una vez se comprobó que los datos se distribuyen de forma normal se procedió a realizar el análisis de varianza ANOVA con el programa informático SAS (versión 9). El análisis nos sirve para conocer si existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. Si la P obtenida fue significativa, se hizo una separación de medias por medio del test Tukey, para conocer la diferencia entre los distintos tratamientos.

Resultados y Discusión

4. Resultados y Discusión

4.1 ENSAYO 1: HIDROMULCH X1

4.1.1 Evolución de las temperaturas

La temperatura máxima diaria en el suelo a 5 cm de profundidad a lo largo del tiempo de estudio fue variando, tal y como se observa en la figura 5. A comienzo del mes de diciembre hasta mediados de febrero la tendencia de mayor temperaturas corresponde a la del aire, seguida muy de cerca por la temperatura registrada en el suelo desnudo. Mientras la temperatura máxima alcanzada por el hidromulch, que en este caso es el llamado CS, se encuentra por debajo de las anteriores nombradas.

A mediados del mes de febrero las máximas temperaturas alcanzadas corresponden a las del suelo desnudo, seguidas del hidromulch, pero las temperaturas ambientales se observan inferiores en ambos casos.

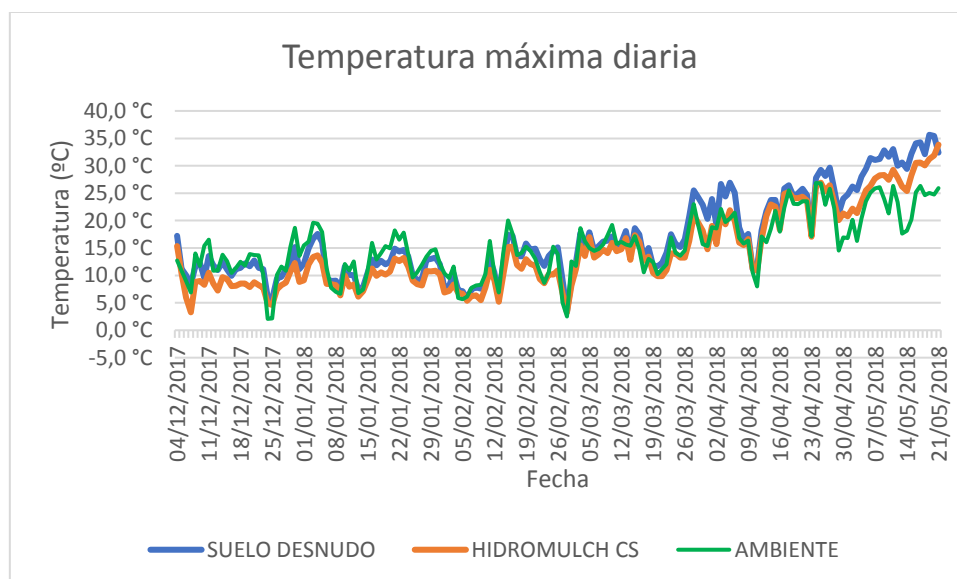


Figura 5: Temperatura máxima diaria a 5 cm de profundidad y la temperatura ambiente tomada a 1m del suelo en la estación de la oficina del regante, situada en el municipio de Montaña. En el ensayo 1: *Hidromulch X1*.

Si realizamos la media de las máximas temperaturas diarias de cada medición obtenemos los siguientes resultados

- Suelo desnudo: 16,8°C con una desviación estándar de $\pm 0,59$.
- Hidromulch: 14,4°C con una desviación estándar de $\pm 0,55$.
- Ambiente: 15,3°C con una desviación estándar de $\pm 0,42$.

Esto nos demuestra que las máximas temperaturas las encontramos en el suelo desnudo y las temperaturas máximas más bajas se encuentran debajo del hidromulch.

Si observamos las temperaturas mínimas registradas para el mismo periodo de tiempo observamos la misma tendencia de altas temperaturas registradas en el ambiente tal y como se contempla en la figura 6. Aunque la diferencia entre las tres no es tan evidente como podía ser con las temperaturas máximas sí que se puede determinar que hasta finales del mes de febrero las temperaturas recogidas por los dataloggers *Tinytags Plus 2* son inferiores a las del ambiente.

Por el contrario, y tal como sucedía en el caso anterior, la diferencia entre las temperaturas obtenidas debajo del suelo son muy similares. A partir de finales de febrero se observa que la temperatura ambiente es inferior a las temperaturas registradas bajo tierra.

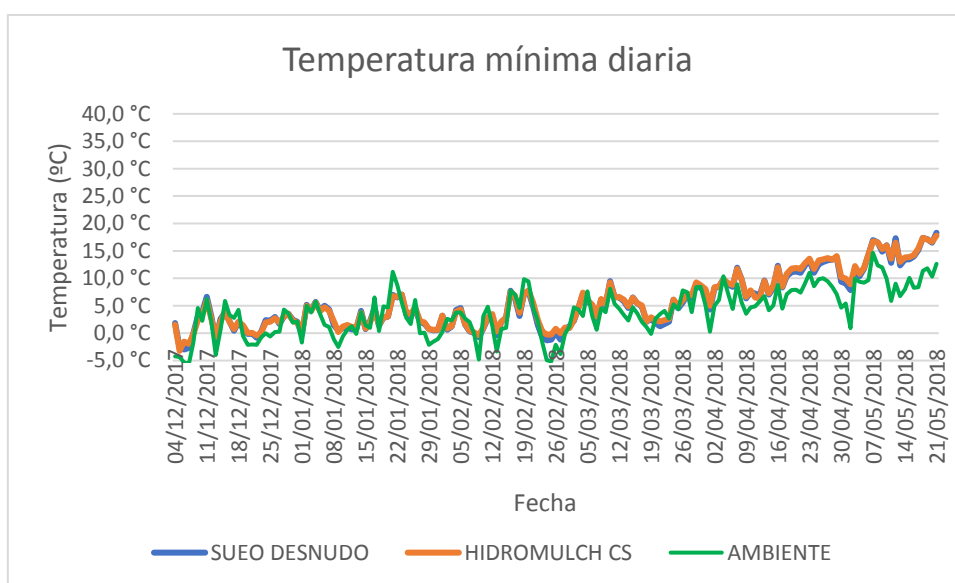


Figura 6: Temperatura mínima diaria en el ensayo 1: *Hidromulch X1*

La temperatura media de las temperaturas mínimas registradas son las siguientes:

- Suelo desnudo: 5,6°C con una desviación estándar de $\pm 0,38$.
- Hidromulch: 5,8°C con una desviación estándar de $\pm 0,38$.
- Ambiente: 3,9°C con una desviación estándar de $\pm 0,32$.

Conociendo estos datos nos damos cuenta de que la superficie de suelo cubierta con el hidromulch registra temperaturas mínimas más elevadas que bajo el suelo desnudo y la temperatura ambiente.

Las temperaturas medias diarias registradas para el periodo de diciembre 2017 a mediados de abril de 2018 son muy similares para los tres casos, tal y como se observa en la figura 7, por lo que podemos afirmar de que no existen diferencias significativas durante este periodo. Solamente a partir de mediados de abril se observa un descenso de la temperatura media en el ambiente con respecto a las temperaturas que se encuentran bajo la superficie del suelo.

Por lo tanto, el hidromulch amortigua la temperatura del suelo, reduciendo las temperaturas máximas y aumentando ligeramente las mínimas.

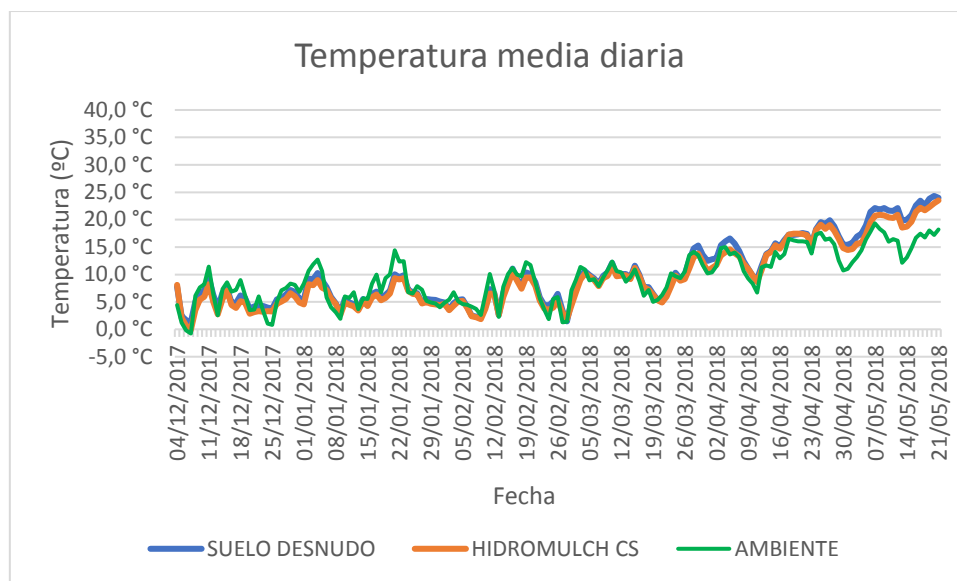


Figura 7: Temperatura media diaria en Hidromulch X1

Las temperaturas medias diarias en los tres casos durante estos 6 meses se presentan a continuación:

- Suelo desnudo: 10,1°C con una desviación estándar de $\pm 0,45$.
- Hidromulch: 9,4°C con una desviación estándar de $\pm 0,44$.
- Ambiente: 9,4°C con una desviación estándar de $\pm 0,35$.

Podemos afirmar que en los trabajos realizados el suelo desnudo posee una media diaria 0,7°C superior al hidromulch y al ambiente. Estos resultados obtenidos son contradictorios a los obtenidos por Warnick *et al*, (2007), donde afirma que las temperaturas medias registradas por el hidromulch fueron superiores a las del suelo desnudo. En cambio, Zribi (2013) afirma en su estudio que se obtuvieron temperaturas inferiores bajo la corteza de pino frente al suelo desnudo.

Nuestro estudio corrobora lo que ya demostró Robinson (1914), que las temperaturas diurnas (registran las temperaturas cálidas del día) son más bajas, y las temperaturas nocturnas (registran las temperaturas más bajas del día) son más altas en el suelo con acolchado frente al suelo sin acolchado, teniendo en cuenta que las temperaturas más bajas se registran por la noche y las temperaturas más altas a lo largo del día.

4.1.2 Presencia de malas hierbas

Como se observa en la figura 8 el número de malas hierbas por metro cuadrado aumenta de forma paulatina con el paso de las semanas (media \pm el error estándar en cada tratamiento).

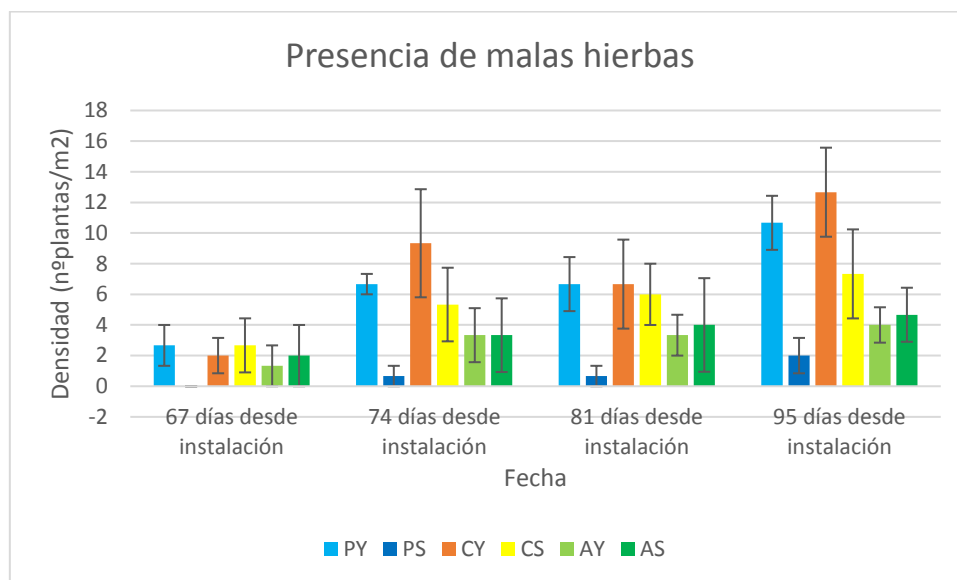


Figura 8: Presencia de malas hierbas en el ensayo 1: *Hidromulch X1*

En la primera valoración llevada a cabo más de dos meses después de su instalación observamos que hay dos tratamientos que tienen más densidad de malas hierbas que el resto, PY y CS, ambos presentan una media de 2,6 plantas/m², por el contrario, en el tratamiento PS no emergió ninguna hierba. En el resto de los tratamientos emergieron una media de 1,5-2 plantas/m².

Durante el segundo muestreo de malas hierbas se pudo comprobar que había un material, el CY, más susceptible a la emergencia de malas hierbas, con más de 9 plantas/m², le seguían el PY y CS con 7 y 5 plantas/m². El material que menos plantas tuvo en el mismo periodo de tiempo fue el PS con una cifra inferior a 1 plantas/m², los siguientes, corresponden al mismo residuo agrícola, AY y AS con un valor superior al de 3 plantas/m².

En la tercera valoración el tratamiento CY vio reducido su número de 9 a 7 plantas/m², el resto de los tratamientos sí que siguieron una tendencia creciente o mantuvieron el mismo número de plantas, como sucede en PY, PS y AY. Aquellos tratamientos, CS y AS, que aumentaron el número de plantas, el aumento no superó 1 plantas/m², pasando de 5 a 6 plantas/m² y de 3 a 4 plantas/m², respectivamente.

El último muestreo del ensayo determinó lo que se fue observando con el paso de las semanas, que el tratamiento CY fue el que peor respuesta dio frente a las malas hierbas superando las 13 plantas/m², por el contrario, el tratamiento que mejor resultados dio fue el PS con 2 plantas/m². Los siguientes tratamientos que mejor

resultaron dieron fueron AY y AS con 4 y 5 plantas/m², respectivamente. Tanto el tratamiento PY, 11 plantas/m² como el CS 7 plantas/m², registraron valores intermedios.

4.2 ENSAYO 2: HIDROMULCHX1,5

4.2.1 Cobertura de malas hierbas

La superficie del suelo cubierta por plantas no deseadas va aumentando con el paso del tiempo desde la instalación, tal y como se observa en la figura 9. Las fechas en las que se realizaron las valoraciones de cobertura son 51, 64, 79 y 125 días después de la instalación, respectivamente.

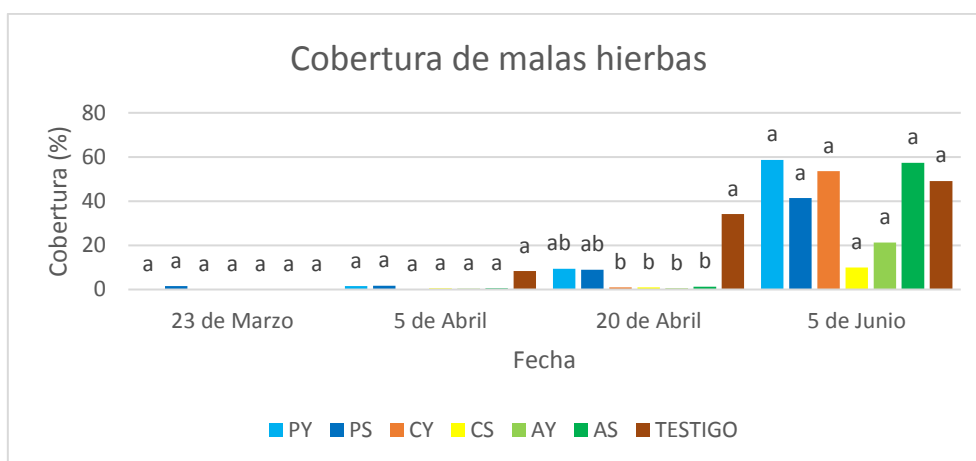


Figura 9: Cobertura de malas hierbas en el ensayo 2: *Hidromulch X1,5*

En la primera valoración que se realizó no se observaron diferencias estadísticamente significativas, ninguno de los 7 tratamientos llegó al 2% de cobertura.

En la segunda valoración tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas, aunque sí destaca un poco más el tratamiento testigo, con una cobertura superior al 8%, frente al resto de tratamientos con hidromulch, de los cuales ninguno superaba el 2% de superficie cubierta.

Durante la tercera valoración realizada sí que se encontraron diferencias estadísticas. El tratamiento testigo resaltó sobre el resto de los tratamientos, ya que la cobertura superó el 34%. Por otro lado, la cobertura de malas hierbas en los hidromulches PY y PS fueron superiores a los encontrados en el resto de los acolchados ambos rondando el 10% de superficie revestida por malas hierbas. El resto de los tratamientos tuvieron una ocupación residual no llegando a alcanzar ninguno de ellos el 2%.

En la última valoración no obtuvo diferencias estadísticamente significativas a pesar de las tendencias observadas en la figura 9. Se produce un cambio de tendencia y por primera vez el testigo, con casi el 50%, no es el tratamiento con una mayor superficie cubierta por malas hierbas, les supera el PY, CY y AS con más del 55% de su espacio

ocupado por plantas no deseadas. A estos cuatro tratamientos les siguen PS, AY y CS con 41%, 21% y 10%, respectivamente.

Por lo tanto, las mezclas de hidromulch ensayadas fueron capaces de reducir la densidad de malas hierbas durante 79 días, pero no ya suficientemente a los 125 días.

4.2.2 Cobertura del hidromulch

El grado de degradación del hidroacolchado se muestra bastante uniforme a lo largo de la duración del ensayo, tal y como se observa en la figura 10. La toma de datos fue realizada 51, 64, 79 y 125 días después del establecimiento del hidromulch.

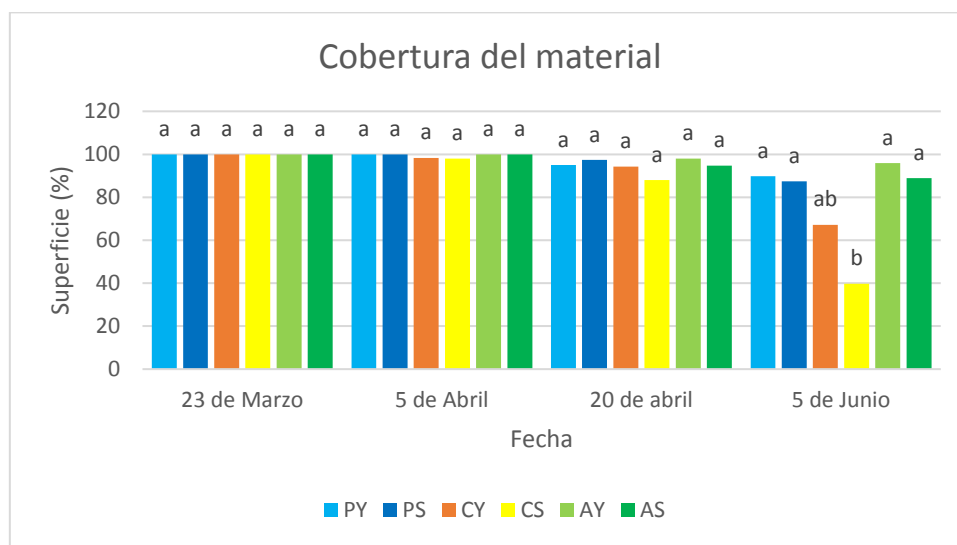


Figura 10: Cobertura del hidromulch en el ensayo 2: Hidromulch X1,5

En la primera valoración no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la degradación de los seis tipos de tratamiento, ya que en ningún material se contemplaron daños.

En la siguiente evaluación del material tampoco se observaron diferencias reseñables, únicamente dos tratamientos, CY y CS, ambos provenientes del mismo residuo agrícola, que sufrieron una pequeña degradación de material del 2%, en el resto de los materiales no se observó ningún tipo de reducción del hidroacolchado.

En el tercer muestreo se comenzaron a observar degradaciones de forma generalizada en todos los tratamientos. Cabe destacar el tratamiento CS, el cual presentó una cobertura del material del 88%, inferior al resto de tratamientos, los cuales ninguno bajó del 6% de degradación y no hubo diferencias estadísticamente significativas.

Durante la última valoración se observó una degradación mucho más acentuada de los diferentes materiales. Cabe destacar los dos tratamientos, CY y CS, los cuales solamente poseían el 67% y el 40% de la superficie hidroacolchada. El material que menor degradación tuvo fue el AY, el cual mantuvo el 96% de la superficie sin deterioros. El resto de los materiales tuvo una degradación un poco mayor, conservando más del 88% de los materiales.

Se observan, por lo tanto, diferencias en la degradación de los materiales en los primeros 125 días pareciendo AY el material más adecuado para el control de las malas hierbas.

4.2.3 Presencia de malas hierbas

En las figuras siguientes se muestra el porcentaje de malas hierbas agrupadas en tres grandes grupos, monocotiledóneas, dicotiledóneas anuales y dicotiledóneas plurianuales, y el error estándar de cada uno de los tratamientos.

La primera evaluación llevada a cabo el 23 de marzo y representada en la figura 11, se observa que sólo en el tratamiento PS han brotado malas hierbas del grupo de las dicotiledóneas anuales, mientras en el resto de los tratamientos no se contabilizaron ningún tipo de malas hierbas.

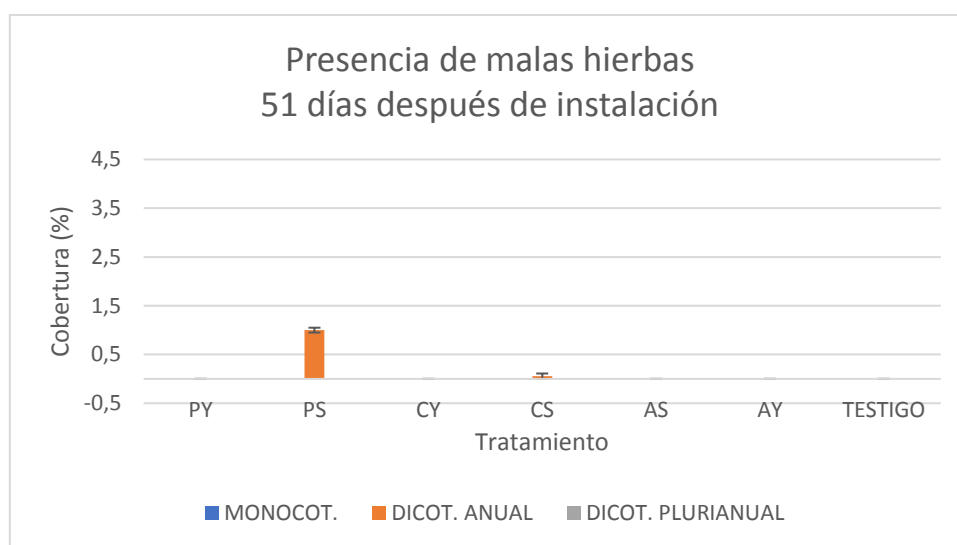


Figura 11: Presencia de malas hierbas en el ensayo 2: *Hidromulch X1,5*

La segunda valoración, representada en la figura 12, tuvo lugar el 5 de abril y se observó un mayor aumento de plántulas en todos los tratamientos.

Hay que destacar el tratamiento testigo, el cual supera el 4% de superficie ocupada por dicotiledóneas anuales, principalmente con *Capsella bursa-pastoris*. Los tratamientos PY y PS registraron un mayor superficie cubierta de monocotiledóneas, 0,8 y 1,5%, respectivamente, principalmente *Lolium perenne* que, de dicotiledóneas anuales, las cuales representan una superficie de 0,7 y 0,17%. La superficie ocupada por malas hierbas en los restantes tratamientos es inferior al 0,5%, siendo *C. bursa-pastoris* y *Sonchus oleraceus* las especies relevantes en este tratamiento.

En este tratamiento no se han contabilizado ninguna planta correspondiente al grupo de dicotiledóneas plurianuales.

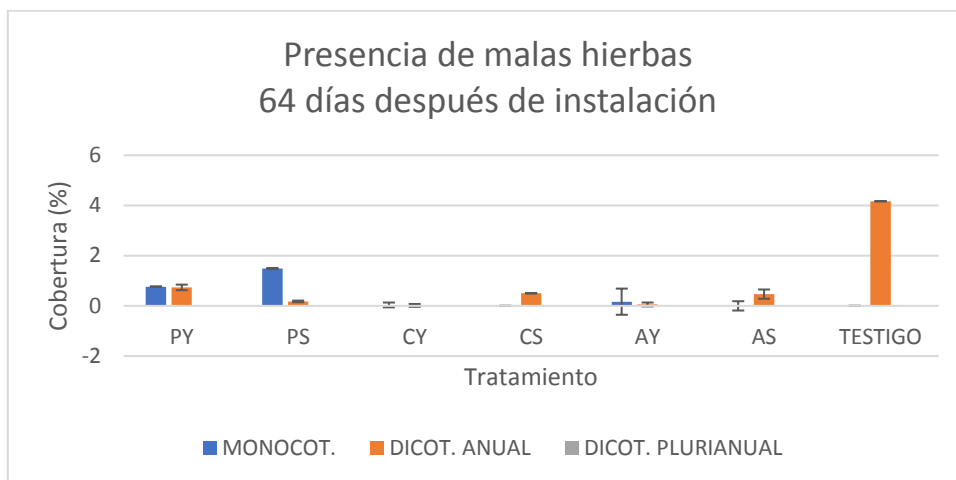


Figura 12: Presencia de malas hierbas en el ensayo 2: *Hidromulch X1,5*

Durante la tercera evaluación de la emergencia de malas hierbas, llevada a cabo el 20 de abril, se contabilizaron monocotiledóneas en todos los tratamientos con hidromulch y por primera vez se observaron en dos tratamientos la presencia de dicotiledóneas plurianuales, aunque la superficie ocupada es inferior a 0,5%, tal y como podemos comprobar en la figura 13.

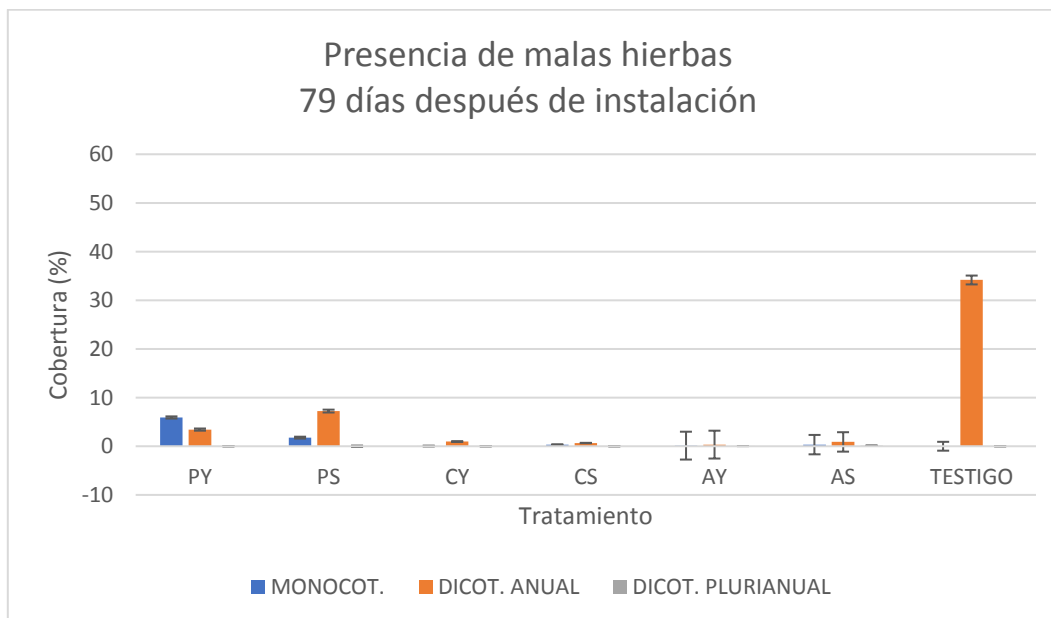


Figura 13: Presencia de malas hierbas en el ensayo 2: *Hidromulch X1,5*

El tratamiento testigo es el que mayor emergencia de dicotiledóneas anuales presenta en esta fecha con un 34%, seguido de los hidroacolchados PS y PY, con un 7 y un 3,5%, respectivamente. El resto de los grupos presenta una superficie de ocupación inferior al 1%, a excepción de las monocotiledóneas en los tratamientos PY y PS que tienen una superficie de 6 y 1%.

La especie que más importancia tuvo en el testigo fue *C. bursa-pastoris*, la cual también fue una de las más representativas en el tratamiento AY junto con *L. perenne*. En el resto de los tratamientos y en especial en AS fue *Amaranthus retroflexus*, la cual ha sido una especie que se ha podido encontrar en todos los tratamientos en mayor o menor medida.

En el último conteo para el presente ensayo realizado el 5 de junio se obtuvieron unos resultados poco esperados, donde el tratamiento testigo presentó una emergencia menor para dicotiledóneas anuales frente a PY, CY y AS, los cuales son tratamientos a los que se les ha aplicado hidroacolchados. Tal y como se observa en la figura 14 el grupo de malas hierbas dominante en todos los tratamientos han sido las dicotiledóneas anuales, con excepción del PS en el cual las monocotiledóneas han representado una mayor superficie.

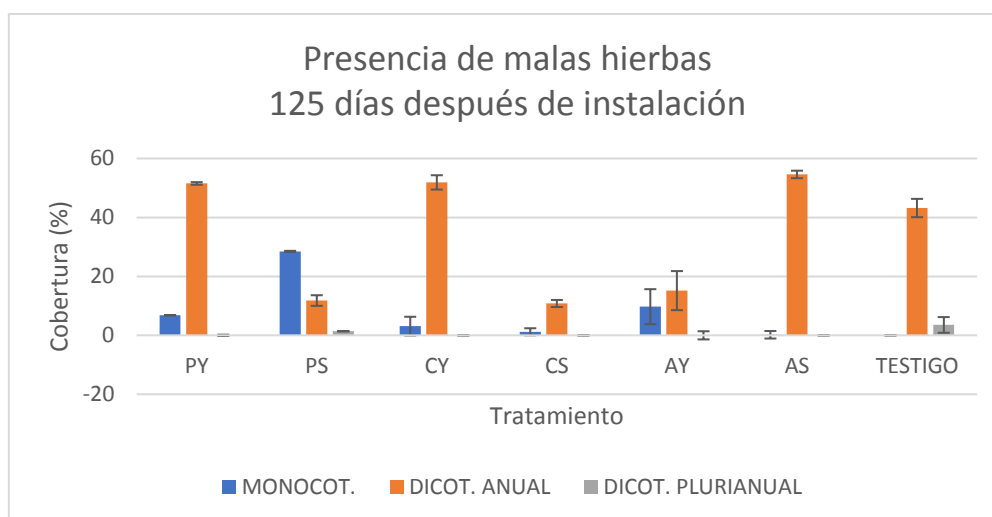


Figura 14: Presencia de malas hierbas en el ensayo 2: *Hidromulch X1,5*

Las dicotiledóneas anuales han representado más del 50% de ocupación en los tratamientos PY, CY y AS, mientras en el testigo fue de un 43%. Las especies pertenecientes al grupo de las monocotiledóneas han sido mayoritarias en el PS, con 28%, duplicando a las dicotiledóneas anuales. Las dicotiledóneas pluri anuales solamente se contabilizaron en los tratamientos PS y Testigo sin llegar a tener mucha repercusión, representando un 1 y 3,5% de superficie.

Las especies más representativas y que han estado presentes en todos los tratamientos han sido *A. retroflexus* y *Cyperus rotundus*, siendo especialmente problemáticas en AS, AY, CA, CY, PY y Testigo, únicamente el tratamiento PS no se ha visto afectado de manera significativa por ninguna de estas especies, siendo *L. perenne* y *Poa pratensis* las mayoritarias en este caso. Otras especies relevantes en el resto de

los tratamientos fueron *Chenopodium album* en AS y testigo, *Echinochloa spp.* en AY o *Anagallis arvensis* en PY.

4.2.4 Espesor del hidromulch

El mismo día que se instaló el hidroacolchado se midió el espesor de los materiales para comprobar si existía alguna diferencia significativa entre los tratamientos. Los resultados que obtuvimos fueron los que se aprecian en la figura 15.



Figura 15: Espesor de los hidroacolchados en el ensayo 2: *Hidromulch X1,5*

El resultado obtenido es que no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos. Todos los hidromulch una vez instalados superan los 2cm de espesor, siendo el hidroacolchado CY el que mayor grosor alcanza, 2,7cm y CS con 2,07cm el que menos espesor obtuvo.

4.3 ENSAYO 3: GRAMAS 1.

4.3.1 Evolución de las plantas de grama (*Cynodon dactylon*)

Una vez realizada la plantación de los estolones de las gramas se observó su evolución a lo largo del tiempo, la cual se muestra gráficamente en la figura 16. Cada vez que una misma línea de gráfico asciende en la figura significa que ha habido nacimiento de gramas en esos días, del mismo modo cada vez que una línea desciende en el gráfico representa la muerte del porcentaje descendido del número de gramas.

Tal y como se observa en la figura 16, sólo en el tratamiento de los fragmentos de gramas que presentaban raíz y 2cm de longitud se consiguió un 100% de brotación y necesitaron para ello 17 días; a los 7 días después de conseguir que todas brotaran hubo una grama que murió. En el lado contrario encontramos al grupo de gramas con 1cm de longitud sin raíces, en este grupo solo consiguieron brotar el 40% de las mismas, o lo que es lo mismo 2 estolones, y a los dos días uno murió. Los otros dos grupos, raíz+1cm y 2cm, brotaron hasta alcanzar el 80% de brotación y con el paso del tiempo la mitad murieron en el grupo raíz+1cm, pero en el grupo 2cm se observa que mueren el 60%, pero luego ocurrió una nueva brotación alcanzando el 40% de brotación final.

Viendo los resultados obtenidos en la figura 16 se creyó conveniente utilizar estolones con 2cm y raíz para realizar el ensayo 4: Gramas 2.

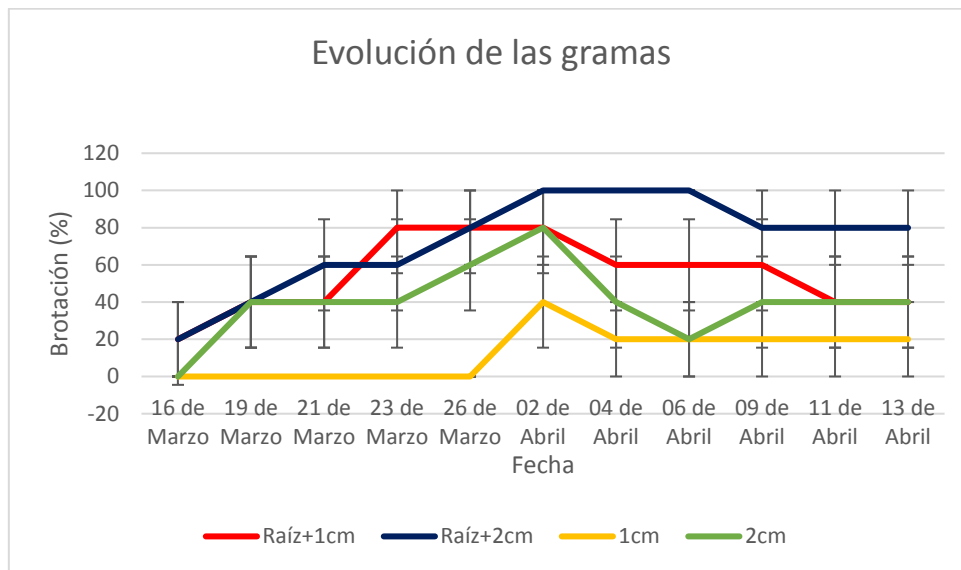


Figura 16: Evolución de las gramas en el ensayo 3: Gramas 1

4.3.2 Brotación total

De los cuatro grupos de gramas llevados a estudio en el ensayo 3, se calculó el porcentaje de cada grupo que consiguió brotar independientemente, de si después murieran o no. El resultado es el representado en la figura 17.

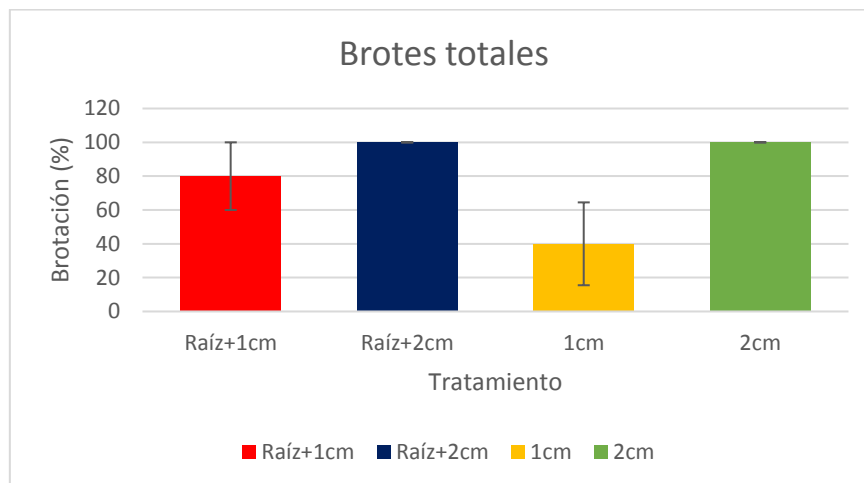


Figura 17: Brotación total en el ensayo 3: Gramas 1

Como se puede comprobar, existen dos grupos de gramas en los cuales todas consiguieron brotar en algún momento del estudio. Cabe destacar que son las gramas que tienen 2cm de longitud de estolón, por lo que se puede concluir que existe mayor probabilidad de brotación si el estolón mide 2cm que si mide 1cm, ya que estos grupos

han alcanzado el 80% de nascencia, si tenían raíz, y solamente un 40% si la raíz solo poseía estolón.

4.4 ENSAYO 4: GRAMAS 2

4.4.1 Eficacia en la brotación y en la materia seca

En la figura 18 se aprecia la eficacia, tanto en brotación como en materia seca, de los diferentes tratamientos con hidromulch frente a la muestra que suelo desnudo, es decir, sin hidroacolchado.

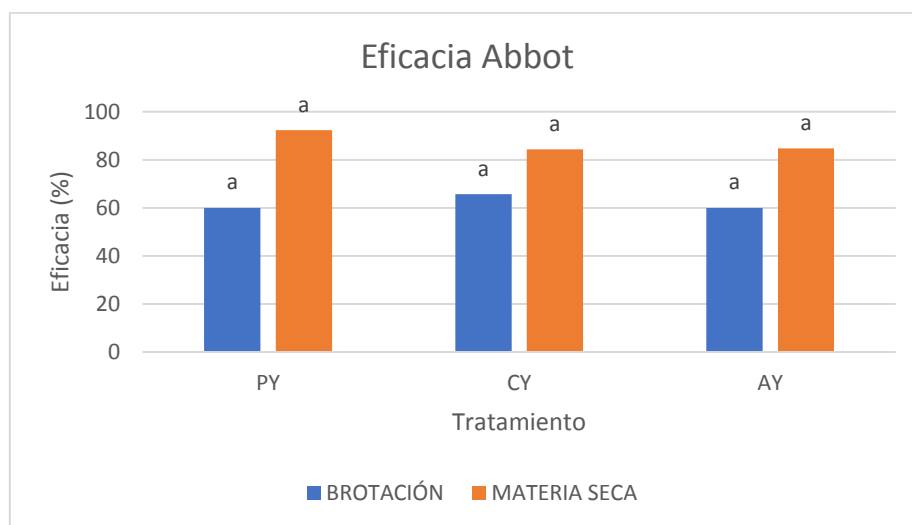


Figura 18: Eficacia abbot en el ensayo 3: Gramas 2

La eficacia de control de brotación de las plantas de grama ha sido muy similar para los diferentes tratamientos. Los hidromulches han proporcionado una eficacia superior en todos los casos al 60% frente al suelo desnudo, siendo la muestra CY la que mayor efectividad ha obtenido llegando a un 65%. Las gramas han encontrado más dificultad en atravesar los hidroacolchados que el suelo desnudo.

La eficacia de control de la materia seca obtenida de los cuatro tratamientos también es relevante, aunque no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas, ya que los tratamientos con hidromulch, PY, CY y AY, superan el 80% de efectividad, es decir, las plantas de grama que conseguían germinar atravesando el hidroacolchado lo hacían con menos materia seca que las que no tenían impedimento para ello. El tratamiento PY fue el que mayor eficacia registró llegando hasta 94% de efectividad.

4.4.2 Materia seca

En la figura 19 se observa el peso de la materia seca en los cuatro tratamientos en dos fechas distintas.

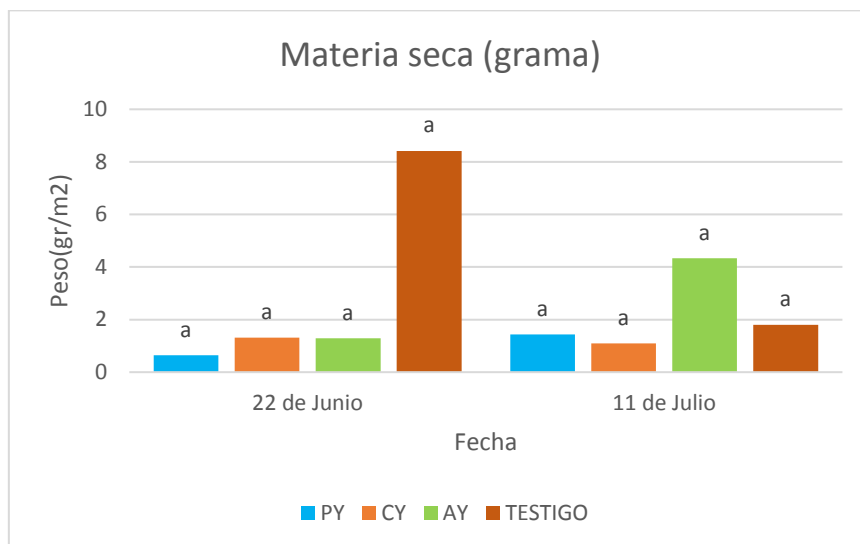


Figura 19: Peso de la materia seca en el ensayo 4: Gramas 2

El peso seco de las plantas de grama el 22 de junio, 19 días después de ser plantados los estolones muestra como en el tratamiento testigo, el cual no tiene hidroacolchado, se cuadruplica el peso de los tratamientos con hidromulch, aunque así no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas debido a las variaciones observadas en las diferentes repeticiones. El peso de las gramas emergidas durante el periodo de estudio en los hidroacolchados se situó sobre 1 g/m², siendo el tratamiento CY el que más materia seca tuvo con 1,32 g/m² y PY el que menos tuvo con 0,64 g/m², datos muy inferiores a los 8,41 g/m² que se produjo en los tratamientos sin hidroacolchado.

El peso de la materia seca obtenido el 11 de julio, después de que las gramas volvieran a rebrotar fue diferente al primero, en este caso tampoco se encontraron diferencias estadísticamente reseñables. El tratamiento testigo no fue el que mayor peso obtuvo, 1,8 gr/m², si no que fue el AY con 4,33 gr/m². El tratamiento PY y el CY alcanzaron los 1,44 y 1,1 gr/m², respectivamente.

Si realizamos la comparación entre las dos fechas observamos que el tratamiento testigo ha sufrido una gran reducción del peso de su materia seca, pasando de 8,41g/m² a 1,8g/m², es decir cuatro veces menos. El tratamiento CY también ha visto reducido su peso, pero no de una forma tan notable, pasando de 1,31 a 1,1 g/m². Los tratamientos PY y AY aumentaron más del doble de peso el 11 de julio frente al 22 de junio, pasando de 0,64 a 1,44 g/m² y de 1,28 a 4,33 g/m², respectivamente.

4.5 ENSAYO 5: MELOCOTONEROS

4.5.1 Cobertura de malas hierbas

Al igual que en la cobertura de malas hierbas en el ensayo 2, la superficie de malas hierbas aumenta con el paso de las semanas, pero en este ensayo el aumento es mayor, tal y como se aprecia en la figura 20, a pesar de contar con la misma cantidad de material de acolchados. Seguramente esto es debido al incremento de nascencia de malas hierbas en primavera, pero también a las condiciones climáticas que mantuvieron los acolchados reblandecidos durante mucho tiempo posibilitando la emergencia de malas hierbas a través de ellos. En este caso los muestreos se llevaron a cabo 23, 31, 38 y 45 días después de la instalación.

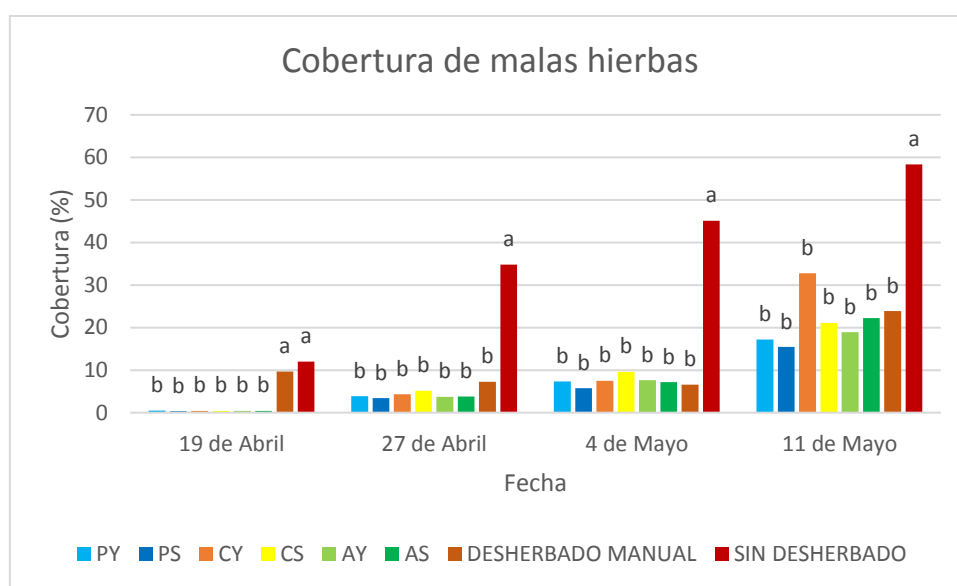


Figura 20: Cobertura de malas hierbas en el ensayo 5: *Melocotoneros*

Desde la primera valoración de la cobertura podemos apreciar que existen diferencias estadísticamente significativas en los dos tratamientos que no tienen hidromulch, el desherbado manual y el sin desherbado, los cuales, poseen un 10% y un 12% de su superficie cubierta de malas hierbas. En el lado opuesto encontramos a todos los tratamientos con hidromulch, en los cuales ninguno de ellos supera el 0,5% de cobertura de malas hierbas.

En la siguiente valoración se observa un aumento considerable de la cobertura de malas hierbas en todos los tratamientos, pero especialmente aquel sin desherbado que posee un 34% de su superficie cubierta. En el lado opuesto encontramos al desherbado manual, el cual ha visto reducido un 3% la cobertura de malas hierbas hasta situarse en un 7%. Todos los tratamientos con hidromulch han visto que las malas hierbas han ocupado entorno al 4%. Mirando la figura 20 observamos que sí, existen diferencias estadísticamente significativas en la segunda valoración.

En la tercera valoración sigue la tendencia creciente de superficie ocupada por malas hierbas, a excepción del desherbado manual, el cual sigue reduciendo la superficie

ocupada, esta vez 0,5%, situándose con un 6% de ocupación. El tratamiento sin desherbado sigue aumentando su superficie cubierta, llegando al 45%, casi la mitad de su extensión. Mientras el resto de los tratamientos con hidroacolchado se sitúan en torno al 8% de superficie ocupada por malas hierbas. Debido a estas diferencias encontramos diferencias estadísticamente significativamente en esta valoración.

En la última valoración llevada a cabo también encontramos diferencias estadísticas de importancia. El tratamiento sin desherbado ha superado el 58% de su superficie cubierta de malas hierbas, muy por encima del siguiente tratamiento que es el CY con un 33% de ocupación. A continuación, encontramos CS, AS y Desherbado manual que todos ellos superan el 20% de superficie cubierta, mientras que los tres restantes PY, PS y AY se quedan entorno al 18% de cobertura de malas hierbas.

Por lo tanto, los acolchados han sido capaces de contener las malas hierbas durante los primeros 45 días, especialmente PY, PS y AY y en menor medida CY, CS y AS.

4.5.2 Presencia de malas hierbas

En este apartado compararemos la emergencia de tres grupos de malas hierbas a lo largo del tiempo en 8 tratamientos y su error estándar instalado en una plantación de melocotoneros.

Tal y como se observa en la primera valoración, realizada el 19 de abril, y se muestra en la figura 21, aquellos tratamientos que no poseen hidromulch han sufrido una mayor emergencia de malas hierbas frente a aquellos tratamientos que sí que tienen hidroacolchado.

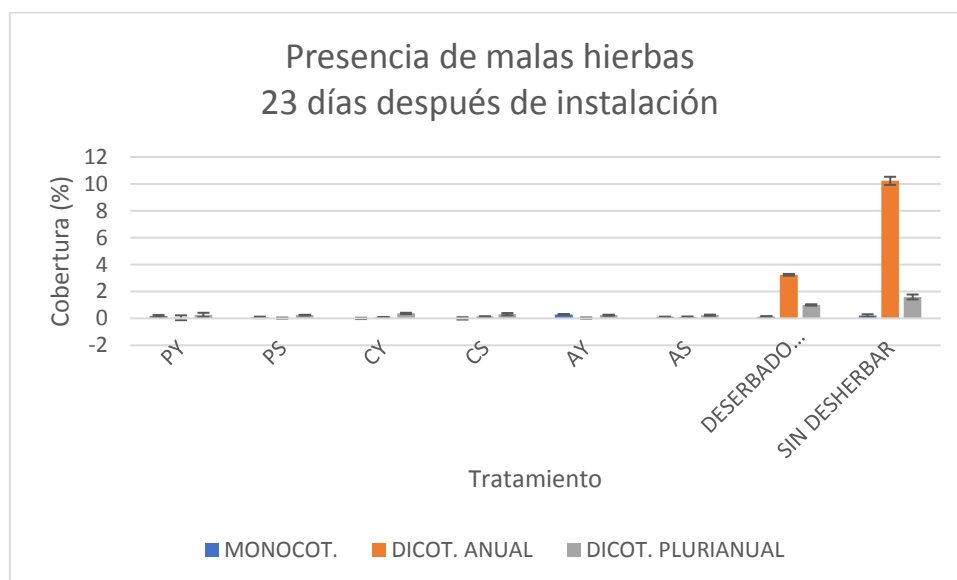


Figura 21: Presencia de malas hierbas en el ensayo 5: *Melocotoneros*

El grupo de plantas mayoritario son las dicotiledóneas anuales, tal y como se observa en el desherbado manual y sin desherbado, las cuales representan un 3 y un 10% de la superficie del suelo, respectivamente. También destaca la presencia de

dicotiledóneas plurianuales en estos dos tratamientos frente al resto. Este grupo de plantas no deseada representa el 1 y el 1,5% de la superficie de ocupación del suelo del desherbado manual y sin desherbado. El resto de los tratamientos ha tenido un porcentaje residual de superficie ocupada por malas hierbas, donde ninguno de los tres grupos representados en la figura 21 ha llegado al 1%.

La especie que mayor emergencia ha tenido en esta primera valoración es *Convolvulus arvensis*, la cual ha estado presente de forma mayoritaria en todos los tratamientos a excepción del sin desherbado, en el cual su presencia ha sido esporádica. Otra especie que ha aparecido con fuerza ha sido *C. rotundus* principalmente en el PY, CY, CS, AS y desherbado manual, *A. retroflexus*, es otra mala hierba que se ha visto en una proporción notable en los tratamientos CS y testigo. La especie *Poa pratensis* ha sido de las más significativas en el tratamiento AY y AS, ambos del mismo residuo agrícola. En el tratamiento sin desherbado no ha sido ninguna de las especies anteriores la que ha cobrado un mayor protagonismo, si no que han sido *Senecio vulgaris* y *L. perenne* las que han ocupado gran parte de la superficie.

El segundo conteo se realizó el 27 de abril y tal como se muestra en la figura 22 los tratamientos sin hidroacolchado siguen siendo los que más superficie de malas hierbas poseen, en especial las dicotiledóneas anuales y plurianuales.

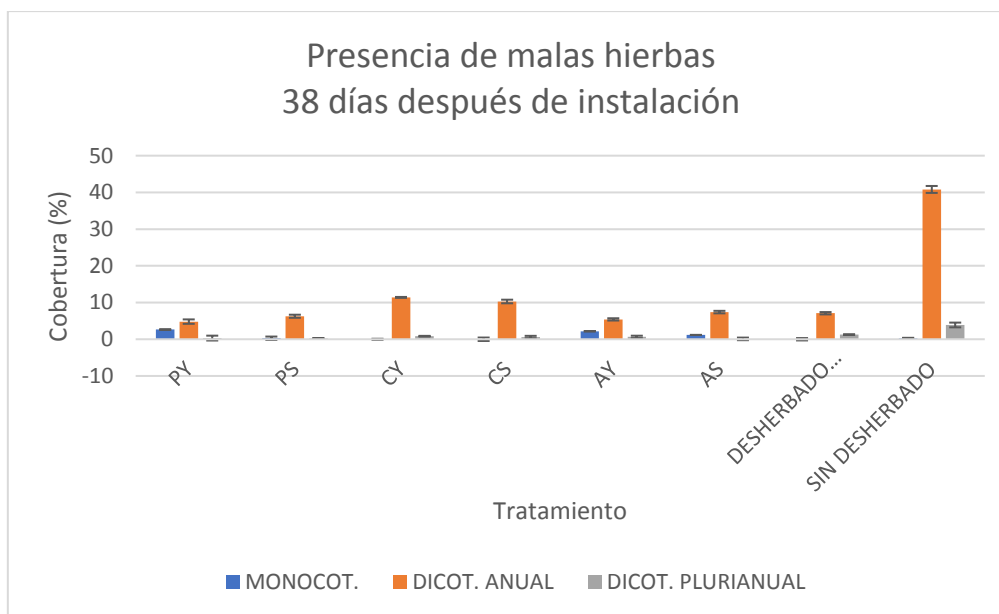


Figura 22: Presencia de malas hierbas en el ensayo 5: *Melocotoneros*

Los tratamientos en los que ha habido mayor emergencia de malas hierbas han sido los que no tienen hidromulch, desherbado manual y sin desherbado, con el grupo de las dicotiledóneas anuales con un porcentaje de superficie del 3,5 y 10,5%, respectivamente. El aumento entre la evaluación anterior y esta ha sido mínimo, por otro lado, las dicotiledóneas plurianuales han visto reducidas a 0,5 y 1% con respecto a la medición anterior. El resto de tratamiento, aquellos suelos que en su superficie tienen

hidromulch, siguen sin tener un una superficie de malas hierbas relevante, ya que ninguno de los tres grupos supera el 1%.

Las especies que mayor superficie ocuparon en todos los tratamientos, a excepción del sin desherbado, fueron *C. rotundus* y *A. retroflexus*. Otras especies que también tuvieron un porcentaje reseñable en tratamientos concretos *S. oleraceus* en CY y desherbado manual. *C. arvensis* sigue siendo una planta que mostró una gran ocupación en los tratamientos PY, PS, AY y CY, por otro lado, tenemos *P. pratensis*, la cual se ve reducida a PY y AY. Como en el conteo anterior el tratamiento sin desherbar presenta especies que no poseen el resto de los tratamientos, siendo *C. bursa-pastoris*, *Lithospermum arvense* y *Lamium amplexicaule*, las especies mayoritarias.

La tercera valoración sobre la emergencia de malas hierbas fue llevada a cabo el 4 de mayo y se obtuvieron los resultados que se contemplan en la figura 23. El grupo de dicotiledóneas anuales sigue siendo el mayoritario en todos los tratamientos, las monocotiledóneas y las dicotiledóneas anuales han visto aumentada la superficie en la mayoría de los tratamientos.

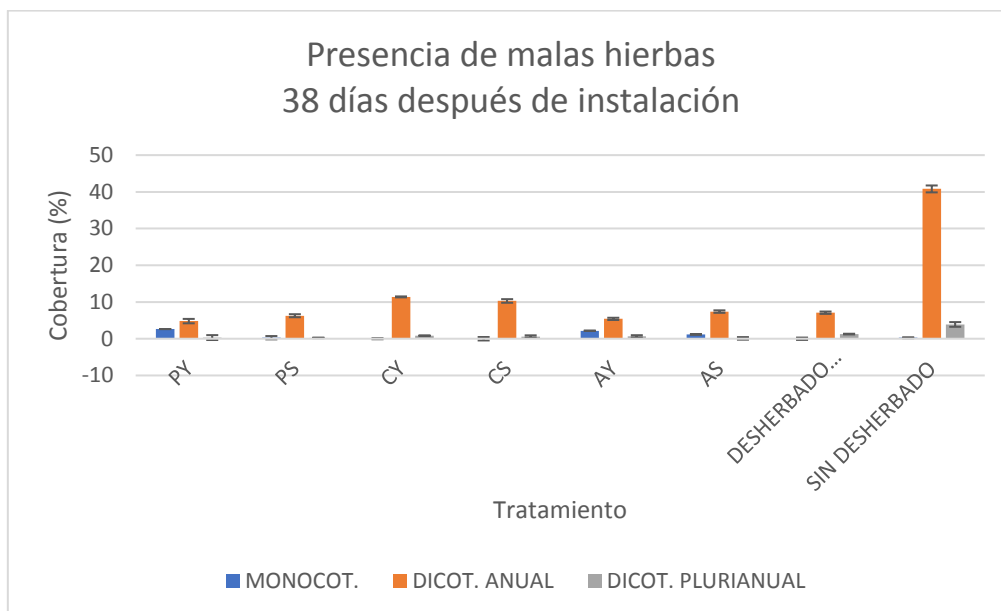


Figura 23: Presencia de malas hierbas en el ensayo 5: *Melocotoneros*

El grupo de las dicotiledóneas anuales sigue siendo el mayoritario, siendo el tratamiento sin desherbar el que posee mayor superficie ocupada, un 41%. Hay que destacar que el desherbado manual no es el siguiente más superficie tiene, 7%, sino que son CY y CS con 11 y 10% de superficie cada uno. El resto de los tratamientos han visto aumentada la superficie de malas hierbas, pasando de un porcentaje inferior al 1% hasta superar el 5%. Las monocotiledóneas ha sido el otro grupo que ha ocupado más superficie; los tratamientos que han tenido en su superficie más monocotiledóneas han sido el PY y AY con 3 y 2%, respectivamente, en el resto de los tratamientos se ha mantenido la misma superficie o el aumento ha sido inferior al 1%. En los tratamientos sin presencia de hidroacolchado, desherbado manual y sin desherbado, se ha duplicado la superficie cubierta por especies dicotiledóneas plurianuales pasando de 0,5 a 1% y de

1,5 a 3%, respectivamente. El resto de los tratamientos ha aumentado su superficie, pero la diferencia entre la valoración anterior y la actual es inferior al 0,5%.

Al igual que en las valoraciones anteriores las especies mayoritarias en todos los tratamientos, a excepción del sin desherbado, han sido *C. rotundus* y *A. retroflexus*. Una especie que aparece por primera vez en este ensayo es *Echinochloa spp.* la cual, se encuentra en AY y AS, ambas con el mismo residuo agrícola y posiblemente haya sido introducida a través de él. También se detecta por primera vez *Avena fatua*, la cual apareció en PY y AY en una proporción importante. Del mismo modo que sucedía en los conteos anteriores el tratamiento sin desherbado, presenta especies que no aparecen en ningún otro tratamiento de forma mayoritaria como son *C. bursa-pastoris*, *L. amplexicaule* y *Kickxia spp.*

El 11 de mayo se realizó el último conteo de emergencia de malas hierbas en el presente ensayo, en el cual se recopilaban los datos que se observan en la figura 24. Las dicotiledóneas anuales siguen siendo las especies que mayor superficie de ocupación generan en cada tratamiento, siendo el sin desherbado el que mayor área de ocupación tiene seguido del CY y en tercera posición el desherbado manual. El resto de los grupos de malas hierbas, monocotiledóneas y dicotiledóneas plurianuales, aumentan la superficie de ocupación, pero no llegan a ser importantes.

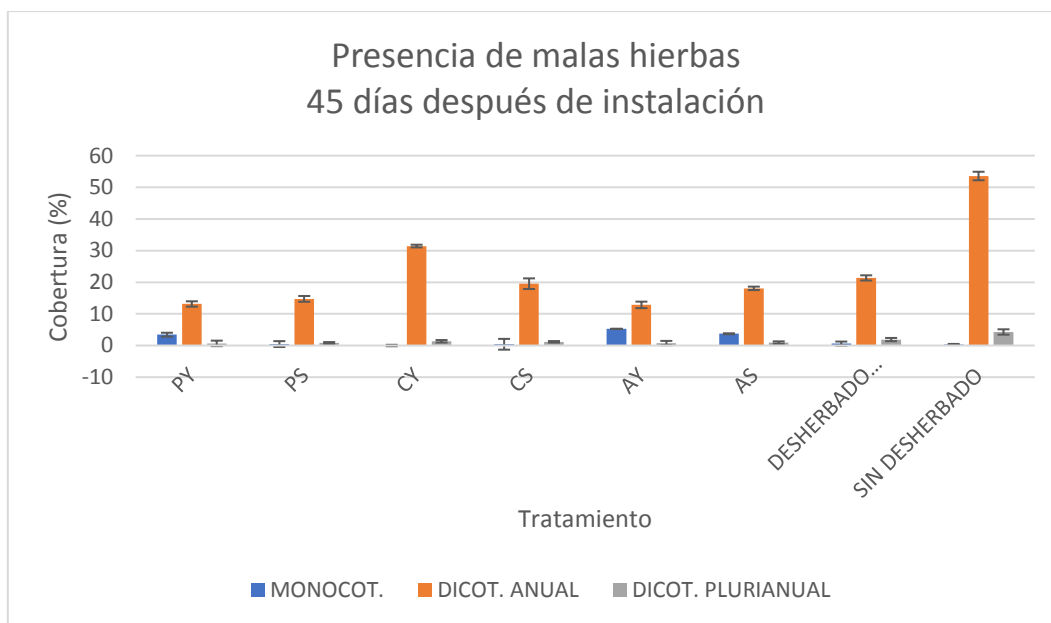


Figura 24: Presencia de malas hierbas en el ensayo 5: *Melocotoneros*

El porcentaje de superficie ocupada de dicotiledóneas anuales en el tratamiento sin desherbar es más del 50% de la superficie, le siguen el CY y el desherbado manual con el 31 y 21% de ocupación. El resto de los tratamientos no supera el 20% de ocupación. Las monocotiledóneas representan una mayor superficie en aquellos tratamientos con acolchado, especialmente PY, AY y AS con 3,5, 5 y 4% de superficie ocupada, frente a aquellos tratamientos sin hidromulch, desherbado manual y sin desherbado, en los cuales no representan ni un 1% de ocupación. Los tratamientos PS, CY y CS el porcentaje de superficie ocupada por monocotiledóneas es inferior al 0,5%. Las especies

correspondientes al grupo de dicotiledóneas plurianuales se han desarrollado más en los tratamientos sin hidroacolchado, siendo el sin desherbado con un 4% y el desherbado manual con un 2% los que mayor ocupación han tenido. En los tratamientos con hidromulch el porcentaje de invasión se encuentra en torno al 1%.

Del mismo modo que sucedía en el resto de las evaluaciones las malas hierbas que han cobrado mayor importancia en todos los ensayos, a excepción del desherbado manual, han sido *C. rotundus* y *A. retroflexus*. *S. oleraceus* es una especie que ha invadido gran parte del tratamiento desherbado manual, por otro lado, *Avena fatua* y *Echinochloa spp* han sido de las especies con mayor porcentaje de ocupación en los tratamientos AY y AS, respectivamente. Las especies que mayor porcentaje de ocupación han tenido en el tratamiento sin desherbar han sido *Sisymbrium officinale*, *C. bursa-pastoris* y *Kickxia spp*.

4.5.3 Espesor del hidromulch

Del mismo modo que se realizó en el ensayo 2, cuando se aplicó el hidromulch se midió el espesor, obteniendo los resultados que se observan en la figura 25.

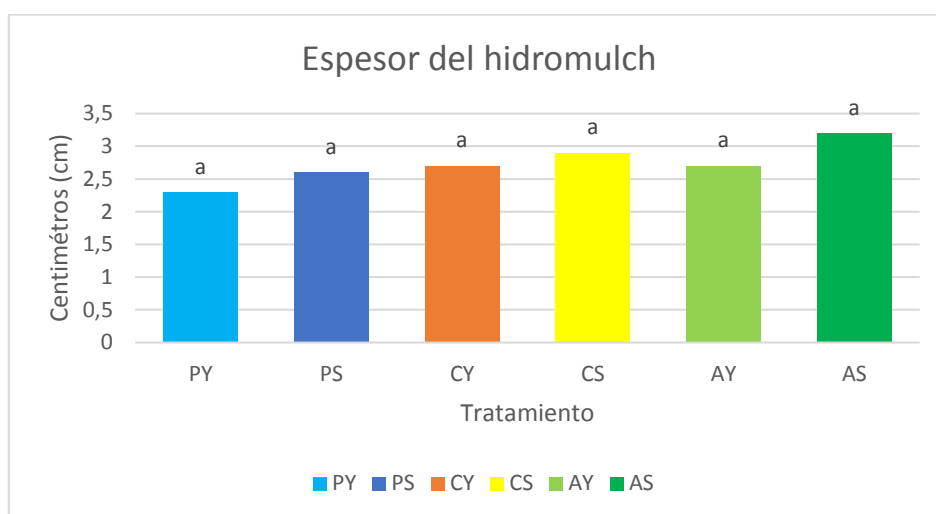


Figura 25: Espesor de los hidroacolchados en el ensayo 5: *Melocotoneros*

El resultado final es que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los distintos espesores. Todos los tratamientos superan los 2cm de espesor, siendo AS, con 3,2cm, el hidromulch con mayor grosor y PY el que presenta menor espesor, 2,3cm.

Si comparamos los dos ensayos, “Hidromulch X1,5” y “Melocotoneros”, obtenemos que los resultados son bastante homogéneos, dado que ambos tienen la misma cantidad de hidromulch. En ambos ensayos se superan los 2cm de espesor en

todos los tratamientos, aunque si comparamos el espesor entre los tratamientos iguales sí que observamos pequeñas variaciones entre uno y otro tratamiento, posiblemente debido a localización de las mediciones y reflejando la dificultad de hacer una aplicación totalmente homogénea de la pasta de acolchado.

4.5.4 Número y longitud de los brotes en los melocotoneros

En este apartado se va a estudiar el efecto que han tenido los diferentes tratamientos sobre el número de brotes y la longitud de los mismos en los melocotoneros.

En la figura 26 se muestra que entre los diferentes tratamientos no se han encontrado diferencias estadísticamente importantes en lo referido al número de brotes. Todos los tratamientos se encuentran en el intervalo entre 3 y 5 brotes, siendo AS con 5 brotes el tratamiento que posee mayor número y AY con 2,8 brotes el que menos; curiosamente ambos tratamientos poseen el mismo residuo agrícola. En el resto de los tratamientos con hidromulch tienden a presentar mayor número de brotes aquellos que poseen el conglomerante “Y” frente al “S”. Los árboles pertenecientes al desherbado manual registraron una media de 3,33 brotes por árbol.

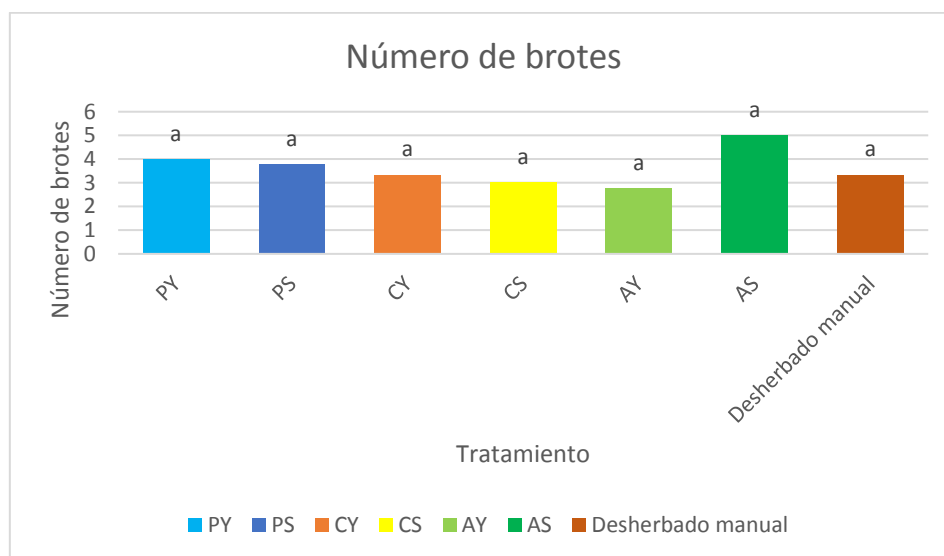


Figura 26: Número de brotes en el ensayo5: *Melocotoneros*

Para la obtención de los datos se midieron la longitud de las 3 ramas más largas de cada árbol, las medias de las cuales se muestran en la figura 27. En este estudio sí que se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos. El tratamiento AS registró una media de 84cm por brote, siendo este tratamiento el de mayor longitud. En el lado opuesto se sitúan los tratamientos AY y desherbado manual con una media entre sus brotes de 45cm, casi la mitad que el tratamiento AS.

En el siguiente bloque nos encontramos a los tratamientos PY y CY ambos con el conglomerante “Y” con longitudes de 70 y 58cm, respectivamente. Por último, nos encontramos a PS y AY con una longitud media de 55,6 y 58cm, respectivamente.

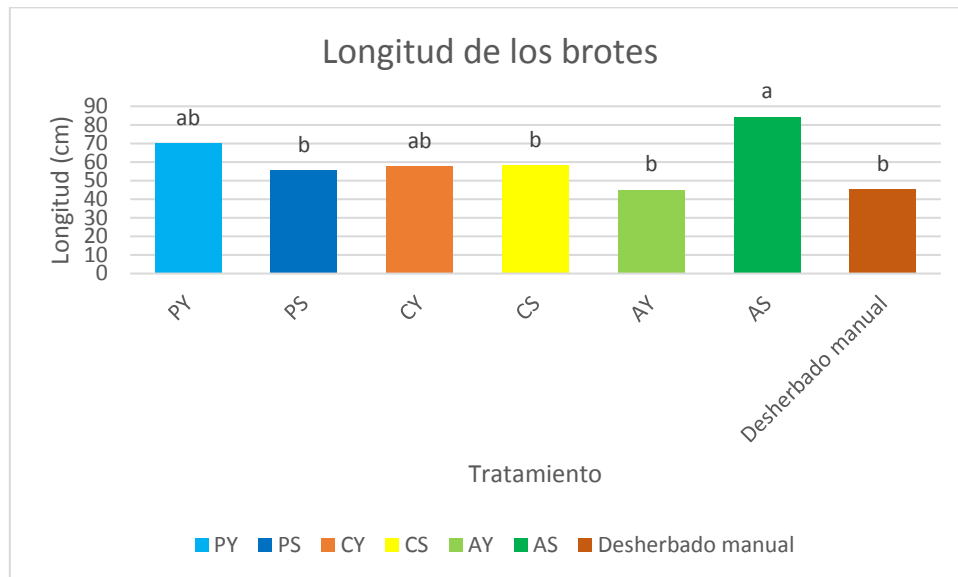


Figura 27: Longitud de los brotes en el ensayo 5: *Melocotonero*

Los datos que hemos obtenido en relación al crecimiento del árbol fueron los mismos que obtuvo Emre *et al.*, (2017) en una plantación de mandarinos. Los autores demostraron que aquellos árboles en los que se había instalado el acolchado textil obtuvieron un mayor crecimiento que aquellos tratamientos de control y de siega.

El trabajo de Cline *et al.* (2011) sobre el uso de diferentes acolchados, basados en pasta de papel y pasta de papel con elementos orgánicos, frente a tratamientos con herbicidas y cubiertas plásticas en una plantación de manzanos manifestó que aquellos basados en hidromulch influyeron de manera positiva en el desarrollo de los árboles. A la misma conclusión llegaron Hussain *et al.* en 2017, con mantillo de paja de arroz frente a aplicaciones de herbicida en una plantación de manzanos, dando como resultado un mayor crecimiento.

Hussain *et al.*, (2017) explica la diferencia de desarrollo de los árboles por una mejor traslocación de los nutrientes debido a la eliminación de las malas hierbas.

4.5.5 Número, longitud y anchura de las grietas

Este apartado se estudia el número, longitud y el espesor máximo de las grietas en cuatro mediciones realizadas en los hidroacolchados a lo largo del ensayo. Las valoraciones de los parámetros solo se realizaron en aquellas grietas que llegaban hasta el suelo.

El número de grietas en los diferentes acolchados se encuentra representado en la figura 28. Los resultados nos indican que existen diferencias estadísticamente significativas en las cuatro mediciones.

En la primera valoración de las grietas se observa que hay un hidromulch que sobresale del resto, AS, el cual tiene para el 9 de mayo 2,5 grietas, por el contrario, el tratamiento CY se queda en 0,1 grietas. El segundo hidroacolchado que más grietas tiene es el CS con casi dos grietas. El resto de los tratamientos no llega a alcanzar una grieta de media.

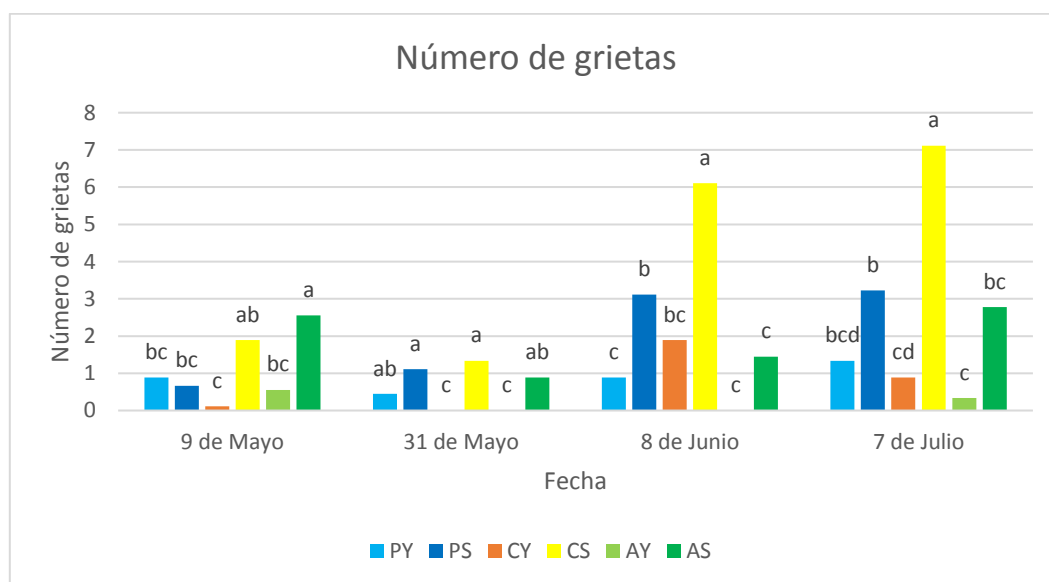


Figura 28: Número de grietas en el ensayo 5: *Melocotoneros*

En la evaluación llevada a cabo el 31 de mayo se detectó una reducción del número de grietas en los tratamientos, a excepción del PS, el cual aumentó hasta superar una grieta de media. Esto posiblemente sea debido a las lluvias registradas, las cuales facilitaron una nueva unión de los diferentes fragmentos de hidroacolchados. El resto de los tratamientos vio disminuido el número de grietas, incluso CY y AY no se llegaron a contabilizar ninguna. Los tratamientos que más tuvieron fueron CS y PS con 1,33 y 1,11 grietas, respectivamente, seguidos de AS y PY con 0,88 y 0,44 grietas. En la figura 28 podemos observar que aquellos tratamientos con conglomerante “S” poseen mayor número de grietas frente a aquellos hidromulches con conglomerante “Y”.

En el tercer conteo se observa la misma tendencia que en el anterior, aquellos hidroacolchados que tienen en su composición “S” tienen un número más elevado de grietas que los otros. En este caso destacan el CS con más de 6 grietas y por el lado contrario AY, en el cual no se contabilizó ninguna grieta. Los siguientes tratamientos con mayor número de aberturas fueron PS, CY y AS con 3,11, 1,88 y 1,44 grietas, respectivamente. En el hidromulch PY, se contabilizaron menos de media grieta.

En la última valoración que se llevó a cabo sigue la misma tendencia que los conteos pasados, los hidromulches con conglomerante “S” atesoran una mayor cantidad de aberturas en su superficie. Los hidroacolchados que mayor número de grietas contabilizaron al final del ensayo coinciden con los de la anterior evaluación, CS, PS y AS con 7,11, 3,22 y 2,77 grietas. En los tratamiento CY y AY se contabilizaron grietas, aunque no llegaron a superar la unidad, quedándose en 0,9 y 0,33 grietas, respectivamente. En el acolchado PY se contabilizaron 1,33 grietas de media.

Por lo tanto, desde el punto de vista del número de grietas, los acolchados realizados con AY y con CY parecen ser los más adecuados.

El segundo parámetro que se contabilizó en las grietas fueron su longitud, las cuales se observan en la figura 29, dando como resultado diferencias estadísticamente importante en las 4 valoraciones.

El primer conteo contabilizó una mayor longitud de grietas en los tratamientos AS y CS con 32,47 y 31,03cm, coincidiendo con los mismos tratamientos eran los que presentaban un mayor número de grietas. En el lado opuesto encontramos al CY, PS y AY con una longitud media de sus grietas de 3, 8,05 y 8,16cm cada una. En el término medio se encuentra el hidromulch PY con una longitud media 15,81cm en sus grietas.

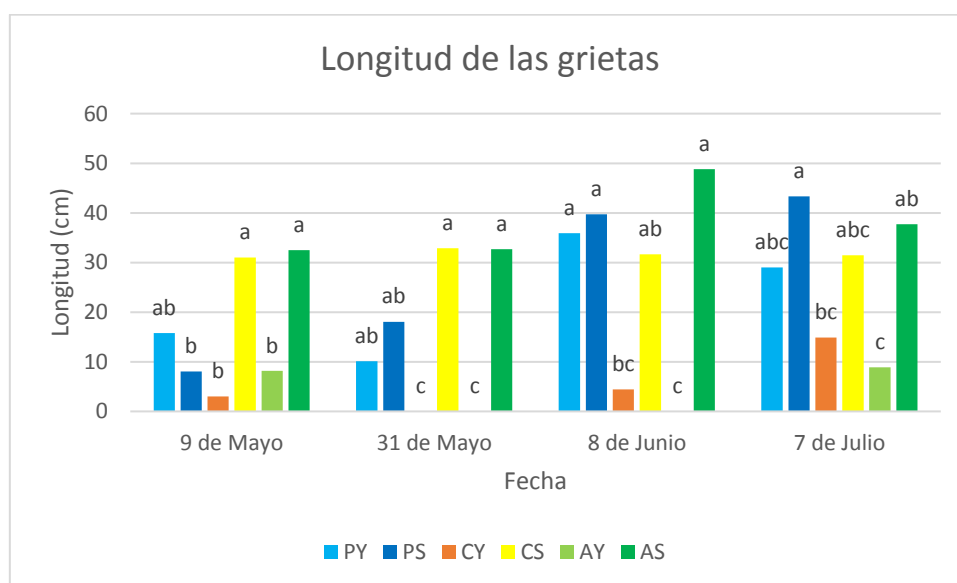


Figura 29: Longitud de las grietas en el ensayo 5: *Melocotonero*

La segunda valoración llevada a cabo confirmó que aquellos tratamientos con conglomerante “S” tienen mayor tendencia a agrietarse que su homólogo con el otro conglomerante. Los tratamientos con “S”, CS, AS y PS con una distancia media de sus grietas de 32,87, 32,66 y 18,04cm mostraron las fisuras más largas. La longitud media más corta fue la del tratamiento PY con 10,11cm, ya que los hidromulches CY y AY no contabilizaron grietas en su superficie.

La tercera evaluación del estado de las grietas en melocotoneros sigue con la tendencia de la anterior, los tratamientos que poseen “Y” como conglomerante tienen menor longitud media de grietas que su homólogo con “S”. El hidroacolchado AS fue el que sus grietas tuvieron una longitud media más larga, 48,83cm, seguido de PS, PY y CS con 39,69, 35,88 y 31,66cm, respectivamente. En el tratamiento AY no se contabilizaron ninguna grieta, y el siguiente fue el CY con una longitud media de sus grietas inferior a 5cm.

En la valoración final sí que se dio el caso de que aquellos tratamientos con conglomerante “Y” presentan una tendencia a tener una longitud media de grietas menor que a su homólogo con otro el otro conglomerante. En este conteo el tratamiento con mayor longitud de sus grietas fue el PS con 43,34cm, seguido de AS y CS, con una distancia media de sus brechas de 37,73 y 31,47cm. En el siguiente escalón encontramos muy cerca a PY con 29cm de media y finalmente con una longitud media inferior a 15cm CY y AY con 14,88 y 8,86cm.

Desde el punto de vista de la longitud media de las grietas de nuevo se confirma que los acolchados con AY y CY parecen ser los más adecuados al mostrar valores más bajos.

El último parámetro que se contabilizó en las grietas de los diferentes hidromulches fueron las anchuras máximas que alcanzaban las grietas. Estos datos se exponen en la figura 30. Tal y como sucede en los casos anteriores, en las 4 valoraciones que se realizaron todas ellas dieron resultados estadísticamente significativos.

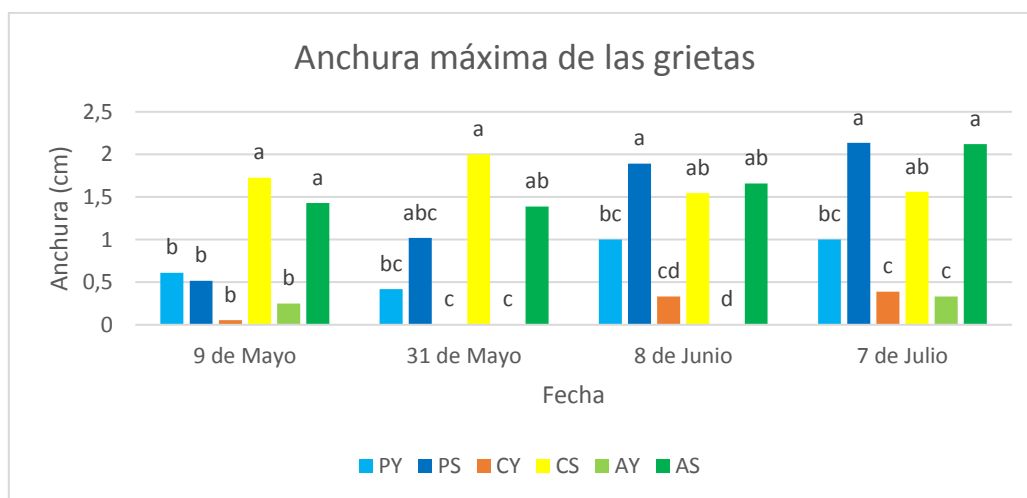


Figura 30: Anchura máxima de las grietas en el ensayo 5: Melocotoneros.

En la primera valoración que se realizó hubo dos tratamientos con grietas más grandes que el resto, CS y AS, con una anchura media máxima de 1,72 y 1,43cm. El resto de los tratamientos no superaba el centímetro de ancho. El menor de todos fue el CY con 0,05cm, seguido del AY, PS y PY con 0,25, 0,51 y 0,61cm de anchura máxima por abertura.

El segundo conteo llevado a cabo sucede lo que pasaba en los otros dos parámetros, número de grietas y longitud de las grietas, que aquellos tratamientos con conglomerado de "S" poseen anchuras máximas mayores que los otros tratamientos con "Y". En las mediciones hubo dos tratamientos que al no poseer grietas en el momento del conteo no se pudo contabilizar su anchura, por lo que el material con la anchura más pequeña contabilizable fue PY con 0,41cm y la siguiente con 1,01cm fue PS. Los hidroacolchados que mayor anchura poseían sus grietas fueron CS y AS con 2 y 1,38cm, respectivamente.

Durante el tercer conteo se comprobó que las grietas siguen la misma tendencia de crecimiento con respecto al anterior. El tratamiento AY no pudo contabilizarse al no existir grietas en el hidromulch por lo que el tratamiento que posee una anchura media máxima más baja es CY con 0,33cm seguido de PY con 1cm. Mientras que las muestras con anchuras más elevadas son PS, AS y CS con 1,88, 1,95 y 1,54, respectivamente.

La última valoración corroboró lo visto a lo largo de los tres parámetros estudiados en este punto, aquellos hidroacolchados con conglomerante "Y" presentan tendencias a poseer menos anchura de grietas. En este caso, en orden descendente, los tratamientos PS, AS y CS, todos ellos con conglomerante "S", son los que mayor anchura media máxima poseen en su superficie con 2,13, 2,12 y 1,55cm, respectivamente. El resto de los tratamientos con conglomerante "Y", presentan una anchura máxima de un centímetro correspondiente al tratamiento PY, le siguen CY con 0,38cm y AY con 0,33cm.

Conforme a pasado el tiempo tanto el número de grietas como la longitud y la anchura máxima de las mismas ha ido aumentando debido a las inclemencias del tiempo que ha ido degradando el material.

Tras haber analizado los parámetros anteriores podemos destacar el tratamiento AY como el mejor en este aspecto, ya que gran parte del tiempo ha permanecido sin ninguna grieta, por el contrario, aquellos tratamientos con conglomerante "S" se han agrietado con mayor facilidad.

4.5.6 Penetromía

En este apartado se va a describir la dureza del hidromulch caracterizada en dos momentos del ensayo, o lo que es lo mismo, la resistencia que ejerce el hidroacolchado a ser penetrado, por ejemplo, por malas hierbas. Los resultados obtenidos muestran diferencias estadísticamente significativas que se observan en la figura 31.

La primera valoración llevada a cabo dio como resultado datos contrarios a los del punto 4.11, ya que, en este caso, los materiales que mayor resistencia dieron fueron aquellos que en su mezcla llevaban conglomerante "S" respecto a sus homólogos con

conglomerante “Y”. Los primeros alcanzaron valores de 17,53, 11,28 y 16,89 kg/mm², que corresponden a PS, CS y AS, por el contrario aquellas muestras con conglomerante “Y”, PY, CY y AY, obtuvieron los siguientes valores, respectivamente 15,01, 11,24 y 14,78 kg/mm².

La segunda valoración de la penetromía obtuvo valores inferiores a los obtenidos en la primera, en la primera valoración ningún hidromulch bajaba de 10 kg/mm², mientras que en esta ninguno supera los 5 kg/mm², siendo PY y PS los que mayores valores tienen, 4,36 y 4,50 kg/mm², respectivamente. En cambio, el material que menos resistencia ha generado al ser penetrados ha sido CY con 1,45 kg/mm². El resto de los materiales, CS, AY y AS se sitúan entre 2 y 3 kg/mm², con 2,89, 2,99 y 2,33 kg/mm², respectivamente. En esta ocasión, como se observa en la figura 31, no hay evidencias de que el tipo de conglomerante haya influido en la resistencia a la penetración.

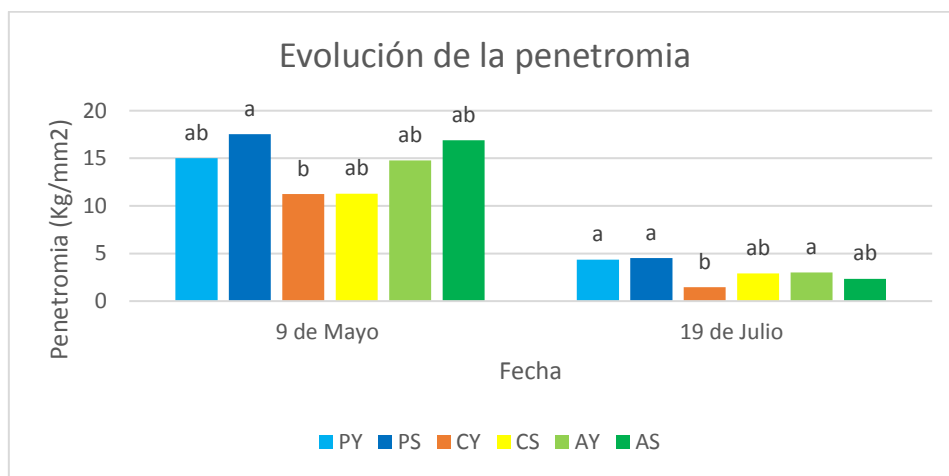


Figura 31: Penetromía en el ensayo 5: *Melocotoneros*

Desde este punto de vista el material más interesante es PS y el menos atractivo, CY, por ser el más y el menos duro, respectivamente. La diferencia de resultados es debida a la degradación del material entre mediciones.

4.5.7 Temperatura en la superficie del hidromulch

En este punto se valoró si la temperatura alcanzada en la superficie del hidromulch guardaba alguna relación con el tipo de materiales utilizados en su composición. Como se muestra en la figura 32, en ambas mediciones se encontraron diferencias estadísticamente reseñables.

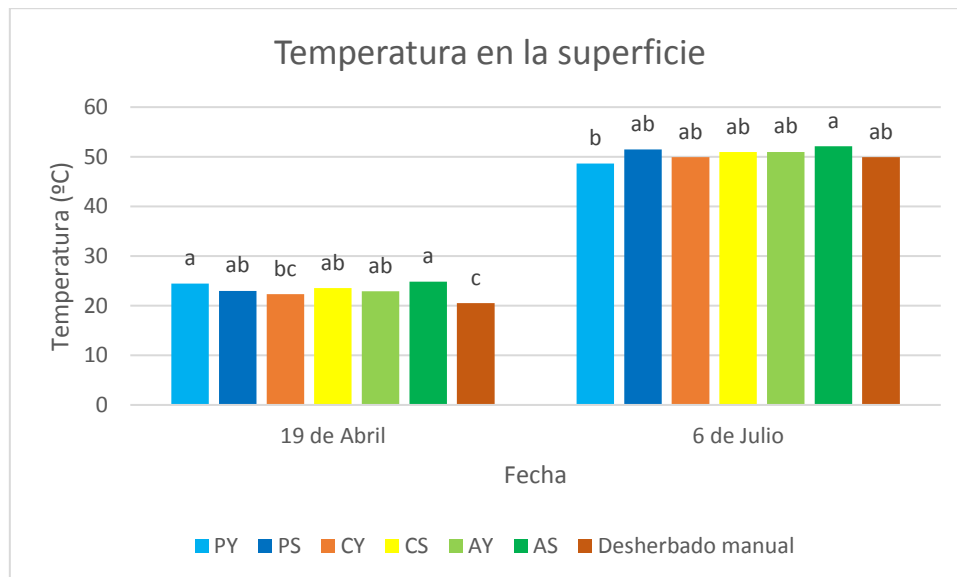


Figura 32: Temperatura en la superficie del hidromulch en el ensayo 5: *Melocotoneros*

En la primera toma de datos que se realizó dieron resultados comprendidos entre 20 y 25°C. Siendo los materiales AS y PY los que mayor temperatura alcanzaron, 24 y 24,45°C, respectivamente, en el lado opuesto se sitúa con 20°C el desherbado manual. El resto de los hidroacolchados están en torno a los 23°C.

En la siguiente valoración se alcanzaron temperaturas en torno a 50°C, ya que nos encontramos en verano, más concretamente el 6 de julio. La distribución en relación a las temperaturas tomadas en la vez anterior es similar, aquellos que alcanzaron mayores temperaturas en la primera también alcanzaron las mayores en esta, es el caso de AS, en este caso superó los 52°C, seguido se encuentra PS con 51°C. Los hidroacolchados que menor temperatura superficial registraron fueron PY, CY y desherbado manual, todos ellos con temperaturas menores de 50°C, siendo 48, 50 y 50°C, respectivamente. Los tratamientos CS y AY alcanzaron ambas temperaturas en su superficie de 51°C.

4.6 Resultados comparativos de los diferentes ensayos

4.6.1 Cobertura de malas hierbas

La evaluación de la superficie cubierta por malas hierbas ha sido realizada en los ensayos 2 y 5, correspondientes a “Hidromulch X1,5” y “Melocotoneros”.

En ambos estudios se observa que los tratamientos homólogos, con el mismo residuo agrícola, mantienen el orden de mayor superficie cubierta, es decir, aquellos que en el ensayo 2 tenían más superficie cubierta que su homólogo, la sigue teniendo en el ensayo 5.

Los tratamientos que mejores resultados se han obtenido en relación al a cobertura de malas hierbas podemos decir que son:

- CS: en el ensayo 2, no lleg a un 10% de superficie cubierta y en el ensayo 5, tuvo un 21%.
- AY: la superficie cubierta en este tratamiento en el ensayo 2 fue del 21%, mientras que en el ensayo 5 fue del 22%.

4.6.2 Cobertura del hidromulch

La degradación del hidromulch se ha medido en el ensayo 2, mientras que en el ensayo 5 se midió el número, longitud y anchura máxima de grietas. Teniendo en cuenta esto se comparará un ensayo con el otro para determinar que hidromulch sufre menor deterioro con el paso del tiempo.

Tomando como resultados los apartados nombrados en el párrafo anterior se puede determinar que el hidroacolchado que menos se degrada, tanto en grietas como de forma general, es el AY. Este hidromulch al finalizar el ensayo 2 mantenía intacto el 96% de su superficie, mientras que el número de grietas, contabilizado en el ensayo 5, era muy inferior a la unidad, así como su longitud y anchura, las cuales fueron las menores entre todos los tratamientos con 8,86 y 0,33cm, respectivamente.

4.6.3 Presencia de malas hierbas

A pesar de que este parámetro se haya medido en 3 ensayos, ensayo 1,2 y 5, no podemos comparar el primero con el resto al tener una cantidad menor de mezcla que los otros dos, por ello la comparación será entre los ensayos 2 y 5, correspondientes a “HidromulchX1,5” y “Melocotoneros”.

Ambos ensayos siguen una tendencia creciente a lo largo del tiempo, teniendo como principal problemas las especies pertenecientes al grupo de dicotiledóneas anuales. En el ensayo 2 cobraron más protagonismo las especies del grupo de monocotiledóneas que en el ensayo 5.

En este caso ha sido el hidroacolchado CS el que mejor resultado ha proporcionado al estudio del ensayo 2, y AY en el ensayo 5. En cada caso los valores de emergencia de malezas han sido los más bajos en comparación con el resto de los tratamientos.

Conclusiones

5. Conclusiones

En base a lo expuesto con anterioridad en el presente trabajo, se puede concluir:

Respecto a las temperaturas

Las temperaturas máximas registradas a 5cm de profundidad en el ensayo “Hidromulch X1” fueron más bajas en el tratamiento CS que en el suelo desnudo, en cambio las temperaturas mínimas fueron ligeramente más elevadas bajo hidroacolchado que en el suelo desnudo. La temperatura media registrada en el suelo desnudo fue de 0,7°C mayor que la registrada bajo hidroacolchado.

Temperaturas alcanzados en la superficie del hidromulch medidas en dos momentos diferentes en el ensayo “Melocotoneros”, obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, en ambos casos. Siendo el desherbado manual el que menor temperatura alcanzó.

Sobre el control de malas hierbas

En el ensayo “Hidromulch X1” los acolchados PS y AY evitaron en mayor medida la emergencia de malas hierbas. Mientras los hidroacolchados CY, PY y CS fueron los que consiguieron la menor eficacia.

La cobertura de malas hierbas en el ensayo “Hidromulch X1,5” fue aumentando con el paso del tiempo, siendo el tratamiento testigo el que más cubierta de especies no deseadas mostró al finalizar el ensayo, los tratamientos CS y AY fueron los que menor superficie cubierta de malas hierbas tuvieron.

La cobertura de malas hierbas medida en el ensayo de “Melocotoneros”, dio como resultado algo que era de esperar como que en las tres primeras valoraciones que aquellos tratamientos con desherbado manual y sobre todo sin desherbado, tuvieron un porcentaje de cubierta mayor que los tratamientos con hidroacolchado. Al finalizar el ensayo, el testigo sin desherbado fue el que mayor superficie cubierta tenía, seguido del tratamiento con hidromulch, CY, y en tercer lugar del desherbado manual. Los tratamientos más eficaces para el control de malas hierbas en este ensayo fueron PS y AY.

En el ensayo “Hidromulch X1,5” todos los tratamientos evitaron de manera efectiva la emergencia de monocotiledóneas y dicotiledóneas plurianuales a lo largo de todas las mediciones, aunque los hidroacolchados con residuo agrícola “P” (PY y PS), tuvieron problemas para controlar el primer grupo. Las dicotiledóneas anuales no fueron totalmente controladas en ningún tratamiento a lo largo del ensayo. En el último conteo los hidromulches, PY, CY y AS controlaron peor las dicotiledóneas anuales que el testigo sin acolchar, siendo los tratamientos CS y AY los que mejor resultaron dieron en términos globales. La emergencia de malas hierbas en “Melocotoneros”, dio como resultado que ningún tratamiento consiguió, de manera efectiva, detener la emergencia de las dicotiledóneas anuales, pero si las monocotiledóneas y las dicotiledóneas

plurianuales. Los tratamientos con conglomerante “Y”, a excepción de CY, obtuvieron mejores resultados que sus homólogos con “S” y los dos tratamientos sin hidroacolchado. Hay que destacar que dentro de los hidroacolchados los que peor control de malas hierbas ejercieron fueron aquellos elaborados con el residuo agrícola “C”, mientras que los que mejores rendimientos proporcionaron fueron los elaborados con el residuo agrícola “A”, concretamente AY.

Ensayo específico con gramas (*Cynodon dactylon*)

La brotación total de los fragmentos de estolones de grama en el ensayo mostró valores más altos que en aquellas gramas que tenían mayor tamaño, sin importar la presencia o no de raíces, en cambio la grama que peor porcentaje de brotación obtuvo fue aquella con el estolón más pequeño y sin raíz

Por el contrario, los fragmentos de estolones de gramas más largos y con raíz fueron las que más sobrevivieron.

Los hidroacolchados que mayor eficacia tuvo en impedir la germinación de malas hierbas fueron PY y AY frente al testigo sin acolchar. En cambio, fue el tratamiento CY el que mayor eficacia proporcionó frente al tratamiento sin acolchado en lo referido a la materia seca.

En la primera medida el tratamiento que más materia seca produjo fue el testigo, dentro de los hidroacolchados fue el CY, mientras que el que menor materia seca tenía fue PY. En la segunda medición fue el tratamiento AY el que peor resultado dio, siendo el tratamiento CY el que mayor eficacia mostró.

Caracterización y degradación de los materiales

En el ensayo “Hidromulch X1,5” los espesores reales de los hidromulches medidos en el campo tendieron a ser mayores cuando se usó el conglomerante “Y” que aquellos en los que se utilizó “S”. Por el contrario, en el ensayo “Melocotoneros” fue al revés, los espesores tendieron a ser mayores en aquellos tratamientos de hidromulch que tenían en su composición “S” en vez de “Y”.

La cobertura del hidromulch en el ensayo “Hidromulch X1,5” se mantuvo estable a lo largo de las tres primeras mediciones, únicamente en la última los tratamientos CY y CS sufrieron una mayor degradación del hidromulch que el resto de los acolchados.

Los tratamientos con conglomerante “S” tuvieron mayor número, longitud y anchura máxima de grietas, especialmente el CS, frente aquellos que en su composición tenían conglomerante “Y”. Los mejores hidroacolchados fueron CY y AY, destacando este último.

El hidromulch pierde con el paso de tiempo resistencia a ser penetrado, siendo los materiales con conglomerante “S” los que mayor impedimento ejercieron.

Efecto de los hidroacolchados sobre el crecimiento de los brotes de melocotoneros

Los árboles que crecieron en los tratamientos con hidromulch en la superficie del suelo mostraron un mayor número y también una mayor longitud de sus brotes, frente al desherbado manual. Los tratamientos AS y PY fueron los que mejores resultados proporcionaron.

Conclusiones generales

Los hidromulches son capaces de controlar la emergencia de malas hierbas con respecto a tratamientos manuales de desherbado.

La investigación debe continuar para valorar la durabilidad real de los acolchados en el tiempo.

Los tratamientos con conglomerante “Y” en su composición obtuvieron eficacias superiores a los tratamientos con “S”.

Las futuras investigaciones deben ir encaminadas a evitar la pérdida de dureza en épocas de lluvias intensas.

Bibliografía

6. Bibliografía

- Aibar J., Sopeña, J., Ferrer, R., Zaragoza, C. (1991). Resultados de ensayos herbicidas sobre frutales jóvenes de hueso. In *III Congreso de la Sociedad Española de Malherbología* (pp. 198-201). Córdoba (España).
- Aibar, J., Sopeña, J., Zaragoza, C. (1991a). Influencia de la fecha de aplicación inicial en la eficacia de un herbicida en un huerto de frutales. In *X Reunión Anual del Grupo de Trabajo "Malas Hierbas"*. Zaragoza: Servicios de Sanidad Vegetal.
- Aibar, J., Sopeña, J., Zaragoza, C. (1991b). Influencia de la fecha de aplicación inicial en la eficacia de un herbicida en un huerto de frutales. In *X Reunión Anual del Grupo de Trabajo "Malas Hierbas"*. Zaragoza: Servicios de Sanidad Vegetal.
- Alcántara, C., Pujadas, A., Saavedra, M. (2008). Selección y manejo de especies crucíferas para su uso como cubiertas vegetales. *Revista Agropecuaria*, 912, 846-849.
- Alvarado, P., Castillo, H. (2003). Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. *Agroeconómico*, 8-10.
- Anzalone, A., Cirujeda, A., Aibar, J., Pardo, G., Zaragoza, C. (2010). Effect of biodegradable mulch materials on weed control in processing tomatoes. *Weed Technology*, 24, 369-377.
- Ascard, J. (1995). *Thermal weed control by flaming: biological and technical aspects*. (Tesis doctoral). Swedish University of Agricultural Sciences, 30-42.
- Babcock, D., McLaughlin, R. (2008). Soil facts Mulch Options for Erosion Control on Construction Sites. *North Carolina Cooperative Extension*, 1-5.
- Bastida, C. (2006). El acolchado permanente. *Fertilidad de la Tierra: Revista de Agricultura Ecológica*, 24, 10-12.
- Benito, A., Díaz, E., Bozal, J. (2003). Melocotonero. Resultados de la colección de variedades de ITGA. *Navarra Agraria*, 24-31.
- Berling, J. (1993). Getting weeds in hot water. A new hot water weed sprayer and soy-based oil help cut herbicide use. *Farm Industry News*, 26, 44.
- BPA. Acerca de las buenas prácticas agrícolas. (2016). Recuperado el 15 de octubre de 2018 en <https://inta.gob.ar/documentos/bpa-acerca-de-las-buenas-practicas-agricolas>.
- Busto, A., Chueca, P. (2016). *Control de la flora espontánea mediante métodos no químicos*. Valencia: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Nota informativa, 1-13.

- Castro, J., Pastor, M. (1994). El empleo de una cubierta viva de cebada. *Agricultura: Revista Agropecuaria*, 63(746), 754-758.
- Centro de Sanidad y Certificación Vegetal. (2018). *Boletín Fitosanitario de Avisos e Informaciones 01* (pp. 11-13). Zaragoza: CSCV. Recuperado el 17 de septiembre de 2018 en http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/AgriculturaGanaderiaMedioAmbiente/TEMAS_AGRICULTURA_GANADERIA/Areas/SANIDAD_VEGETAL/agma_cscv_bol1_enfeb_2018.pdf.
- Cimadevila, F., Morales, M., Ruiz, M., Martín, A. (2007). Una agricultura limpia y natural. *Revista De Plásticos Modernos*, 94, 396-398.
- Cirujeda, A. (2012). *Control de malas hierbas mediante métodos no químicos: resultados obtenidos en cultivos extensivos, hortícolas y frutales y aplicaciones en olivar*. In *Jornada Técnica Bianual de la Sociedad Española de Malherbología en IFAPA*. Córdoba. Presentation, 80-85.
- Cirujeda, A., Marí, A., Pardo, G., Moreno, M., Aibar, J. (2017). Control mecánico de malas hierbas en tomate de industria. *Vida Rural*, 424, 20-24.
- Cirujeda, A., Taberner, A. (2006). El control fotobiológico de malas hierbas: revisión de una técnica controvertida. *ITEA*, 102(1), 27-40.
- Cirujeda, A., Zaragoza, C., Aibar, J. (2010). Uso de un acolchado biodegradable para el control de malas hierbas en frutales jóvenes. *Agricultura: Revista Agropecuaria*, 932, 628-632.
- Cirujeda, A., Zaragoza, C., Anzalone, A., Pardo, G., Albar, J. (2007). Control mecánico de malas hierbas en tomate de industria. *Phytoma*, (193), 1-5.
- Cline, J., Neilsen, G., Hogue, E., Kuchta, S., Neilsen, D. (2011). Spray-on-mulch technology for intensively grown irrigated apple orchards: influence on tree establishment, early yields and soil physical properties. *Horttechnology-Alexandria*, 21(4), 398-411.
- Cline, J., Neilsen, G., Hogue, E., Kuchta, S., Neilsen, D. (2011). Spray-on-mulch Technology for Intensively Grown Irrigated Apple Orchards: Influence on Tree Establishment, Early Yields, and Soil Physical Properties. *Horttechnology*, 21(4), 398-411.
- CPRH.- COMITÉ PARA LA PREVENCIÓN DE LA RESISTENCIA A LOS HERBICIDAS. (2018). Recuperado el 20 de octubre de 2018 en <http://semh.net/grupos-de-trabajo/cprh/>.
- Dong, Z., Qian, B. (2002). Field investigation on effects of wheat-straw/corn-stalk mulch on ecological environment of upland crop farmland. *Journal of Zhejiang University SCIENCE*, 3(2), 209-215.

- Dorado, J., Lacasta, C., Meco, R. (1994). Relaciones entre tipo de labor y malas hierbas en un sistema cerealista. *Prácticas Ecológicas Para Una Agricultura De Calidad*, 172-182.
- Emre, Y., Kolören, O., Nezihi, F. (2017). The effects of mulch textile application on weed control and mandarin growing in newly established mandarin orchard. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science And Technology*, 5(6), 10-13.
- Fergedal, S. (1993). Weed control by freezing with liquid nitrogen and carbon dioxide snow. *Svenska Vaextskyddskonferensen*, 34(1), 97-102.
- Food and Agriculture Organization. (2003). *Buenas prácticas agrícolas para determinados componentes agrícolas* (pp. 1-2). Roma: FAO.
- Foshee, W., Goff, W., Tilt, K., Williams, J., Bannon, J., Witt, J. (1996). Organic Mulches Increase Growth of Young Pecan Trees. *Hortscience*, 31(5), 811-812.
- Fruhner, K., Horn, R., Fleige, H., Rosa, D., Díaz, E. (2006). Effect of structural stability on soil erosion by water under conventional and conservation soil management systems in a Sevilla olive plantation area in Southern Spain. In *International Soil Tillage Research Organisation 17th Triennial Conference*, Kiel (Alemania), 1026-1031.
- García, L., Fernández-Quintanilla, C. (1991). *Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Servicio de Extensión Agraria.
- García, S. (2001). Biotipos resistentes a herbicidas: Distribución mundial. In *II simposium internacional "Uso de herbicidas en la agricultura del siglo XXI"*. Córdoba: Universidad de Córdoba (España), Servicio de Publicaciones, 47-85.
- Gil-Albert, F. (1991). *Tratado de arboricultura frutal*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Mundi-Prensa, 20-93
- González, J.L. (1995). Comparación de índices de distancia en el suelo de la distribución espacial de malas hierbas. In *Congreso de la Sociedad Española de Malherbología*. Huesca: Sociedad Española de Malherbología, 337-339.
- González, R. (2006). *Métodos para el control de malas hierbas, 2: Físicos y biológicos*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- González, R. (2006). *Métodos para el control de malas hierbas. (I), Culturales*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Centro de Publicaciones. Hoja divulgadora 2119HD, 5-58.
- Hatcher, P., Melander, B. (2003). Combining physical, cultural and biological methods: prospects for integrated non-chemical weed management strategies. *Weed Research*, 43(5), 303-322.

- Horton, R. (1986). Hydromulch use at international paper company nurseries. In *Southern Forest Nursery Association* (pp. 58-59). Pensacola, Florida (EEUU): National Nursery Proceedings.
- Hussain, Z., Ilyas, M., Khan, I., Ullah, I., Ullah, K. (2017). Plant spacing and mulching effect on onion yield and weeds. *Pakistan Journal Of Weed Science Research*, 23(1), 65-77.
- Jiménez, M., Ripoll, M., Sánchez-Miranda, A., Gallego, E., Navarro, F. (2014). Efecto del mulch de paja y de piedras sobre la supervivencia, desarrollo y el contenido en nutrientes foliares de una plantación de encinas. In *V Jornadas Fertilización SECH*. (pp. 218-222). Granada.
- Juroszek, P., Gerhards, R., Kuhbauch, W. (2002). Photobiologische Unkrautregulierung annueller Ackerunkräuter. *J. Agronomy & Crop Science*, 188, 389-397.
- Keesstra, S., Bouma, J., Wallinga, J., Tiftonell, P., Smith, P., Cerdà, A. (2016). The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. *SOIL*, 2(2), 111-128.
- Kepner, R., Bainer, R., Bargel, E. (1978). *Principles of farm Machinery*. Westport (EEUU), 238-314.
- Labrada, R., Caseley, J., Parker, C. (1996). *Manejo de malezas para países en desarrollo*. Roma: FAO.
- Labrada, R., Parker, C. (1994). *Weed control in the context of integrated pest management* (pp. 3-8). Roma (Italy): FAO.
- Lacasta, C. (2003). Alternativas al uso de herbicidas. *Colección Ciencia y Técnica*, 41, 1-27.
- Landloch. (2002). Studies of Hydromulch effectiveness. *National Centre for Engineering In Agriculture Publication*, 1000455(1), 4-22.
- Langa, R., Aibar, J., Cirujeda, A., Marí, A., León, M., Pardo, G. (2015). Estudio de la resistencia de *Conyza* spp. al herbicida glifosato en Aragón. In *XV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología* (pp. 99-105). Sevilla: Conserjería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.
- Leal, G. (2007). *Influence of reflective mulch on pinot noir grape and wine quality* (Master). Lincoln University.
- LEI, Y., TAKAHASHI, H., LI, W. (2004). Effects of Concrete Mulch on Soil Thermal and Moisture Regimes. *Journal Of Agricultural Meteorology*, 60(1), 17-23.
- Liebman, M., Gallandt, E. (1997). Many Little Hammers. Ecological Management of Crop-Weed Interactions. *Ecology In Agriculture*, 1, 291-343.

- López-López, R., Arteaga, R., Vázquez, M., López, I., Sánchez, I. (2009). Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) Basado en láminas de riego y acolchado plástico. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(1), 83-89.
- Lordan, J., Pascual, M., Villar, J., Fonseca, F., Papió, J., Montilla, V., Rufat, J. (2015). Use of organic mulch to enhance water-use efficiency and peach production under limiting soil conditions in a three-year-old orchard. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 13(4), 0904.
- Lukas, S. (2011). *Evaluation of pre-emergence herbicides contained within a hydromulch cap to determine weed control and safety for two native hawaiian grasses in a simulated roadside environment* (Master). University of Hawaii.
- Maestre, D. (2003). *Estudio de la resistencia a herbicidas en dos malas hierbas del arroz*. Proyecto Final de Carrera. Universidad de Zaragoza, 10-19.
- Marzocca, A., Marsico, O., Puerto, O. (1976). *Manual de malezas* (3rd ed.). Buenos Aires (Argentina): Hemisferio Sur, 202-238.
- Meagher, R., Meyer, J. (1990). Influence of ground cover and herbicide treatments on *Tetranychus urticae* populations in peach orchards. *Experimental & Applied Acarology*, 9(3-4), 149-158.
- Milberg, P., Andersson, L., Noronha, A. (1996). Seed germination alter short-duration light exposure: implications for the photo-control of weeds. *J. of Applied Ecology*, 33, 1469-1478.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2018). *Resultados encuesta comercialización fitosanitarios 2016*. Recuperado el 12 de septiembre de 2018 en https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/informeecpf16_tcm30-436986.pdf.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2016). *Superficie y producción de frutas y hortalizas en España. Años 2008-2012*. Recuperado el 15 de octubre de 2018 en https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/tablawebspfhh_tcm30-135530.pdf
- Montserrat, R., Iglesias, I. (2012). El vaso catalán, un eficiente sistema de conducción en melocotonero. *Vida Rural*, 339, 59-65.
- Montaña (Zaragoza). (2018) En Wikipedia. Recuperado el 3 de octubre de 2018 en [https://es.wikipedia.org/wiki/Monta%C3%B1ana_\(Zaragoza\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Monta%C3%B1ana_(Zaragoza)).
- Moreno, M., Moreno, A., Mancebo, I., Villena, J., Meco, R. (2006). Materiales alternativos al acolchado plástico tradicional en cultivo de tomate en castilla-la mancha. In *VII Congreso SEAE "Gestión sostenible del agua y calidad agroalimentaria*. Zaragoza (España), 1227-1240.

- Neilsen, G., Hogue, E., Drought, B. (1986). The effect of orchard soil management on soil temperature and apple tree nutrition. *Canadian Journal of Soil Science*, 66(4), 701-711.
- Núñez, R., Iglesias, I., Monserrat, R., Alegre, S. (2006). Eficiencia agronómica de seis sistemas de formación con la variedad de melocotón " Merrill O´Henry" (*Prunus persica* (Batsch)). *ITEA*, 120(1), 13-26.
- O’Brien, P., Acharya, U., Alghamdi, R., Niaghi, A., Sanyal, D., Wirtz, J. et al. (2018). Hydromulch Application to Bare Soil: Soil Temperature Dynamics and Evaporative Fluxes. *Ael*, 3(1), 0. doi: 10.2134/ael2018.03.0014
- Papa, J., Felizia, J., Esteban, A. (2000). *Tolerancia y resistencia a herbicidas*. Rosario, Sante Fe: Centro Regional Santa Fe (México), 1-6.
- Pardo, G., Langa, R., Aibar, J., Mari, A., Cirujeda, A. (2016). Evaluación del grado de resistencia de especies de *Conyza* al glifosato en Aragón. *Vida Rural*, 420, 14-17.
- Pérez, E., Aibar, J., Zaragoza, C. (1993). Momento óptimo de aplicación inicial para obtener mayor eficacia herbicida en un huerto de frutales. In *XII Reunión del Grupo de Trabajo de Malas Hierbas y Herbicidas* (pp. 69-71). Santiago de Compostela (España).
- Pérez, S. (2008). *Evaluación de cubiertas biodegradables y restos vegetales para el control de malas hierbas en tomate de industria*. Proyecto Final de Carrera. Universidad de Zaragoza.
- Powles, S., Matthews, J. (1996). Integrated weed management for the control of herbicide resistant annual ryegrass (*Lolium rigidum*). In *Second international weed control congress* (pp. 407-414). Copenhagen: Slagelse (Dinamarca).
- Producción Integrada. (2018). Recuperado el 8 de septiembre de 2018 en <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/produccion-integrada/default.aspx>.
- Quero, A. (2017). *Estudio de acolchado con materiales textiles reciclados en frutales jóvenes, en Producción Integrada*. Proyecto Final de Grado. Universidad de Zaragoza, 20-27.
- Rifai, M., Atakie, T., Lacko-Bartosova, M., Gadus, J. (2002). Effect of two different thermal units and three types of mulch on weeds in apple orchards. *Journal Of Enviromental Engineering And Science*, 1(5), 331-338.
- Robinson, D. (1914). In *Cooperative extenson work in agriculture and home economics* (pp. 5-27). Tennessee: Department of Agriculture.

- Romero, X. (2001). *Control de las poblaciones arvenses en el cultivo del espárrago mediante métodos mecánicos, químicos y térmicos*. Proyecto Final de Grado. Universidad de Santiago de Compostela (España), 28-37.
- Runham, S., Town, S., Fitzpatrick, J. (1998). Evaluation over four seasons of a paper mulch used for weed control in vegetables. *Acta Horticulturae*, 513, 193-201.
- Scholl, B., Holt, G., Thornton, C., Duke, S. (2013). Hydromulch Blends Using Agricultural Byproducts: Performance Implications of Cotton Quantity. *The Journal Of Cotton Science*, 17, 302-308.
- Sozzi, A. (2003). *Evaluación de diferentes alternativas de manejo de la cobertura natural y residuos de maíz (Zea mays L.) al sembrar sorgo (sorghum bicolor L. cv. Moench), bajo el sistema de siembra directa*. Proyecto Final de Grado. Universidad central de Venezuela, 10-13.
- Taberner, A. (2013). La Resistencia a Herbicidas en España y su Manejo. *Phytoma*, 247, 20-25.
- Tello, A., González, J., Arenas, F., Casado, G., Hervalejo, A., Romero, E. (2016). *Efecto del Acolchado de Malla Negra en "Clementina de Nules" Bajo Condiciones de Salinidad. Almería, Campaña 2015/2016* (pp. 3-20). Alcalá del Río (Sevilla): Junta de Andalucía. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Conserjería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.
- Terry, P. (1996). The use of herbicides in the agriculture of developing countries. In // *International Weed Control Congress* (pp. 601-609). Copenhagen (Dinamarca): Slagelse (Dinamarca).
- Tinytag Plus 2 Data Loggers. (2018). Recuperado el 11 de octubre de 2018 en <https://www.geminidataloggers.com/data-loggers/tinytag-plus-2>
- Tripathi, R., Katiyar, T. (1984). Effect of mulches on the thermal regime of soil. *Soil and Tillage Research*, 4(4), 381-390.
- Turney, J., Menge, J. (1993). Root health: Mulching to Control Root Disease in Avocado and Citrus. *California Grower: Avocados, Citrus, Subtropicals*, 17(10), 34-37
- Valores climatológicos normales. Zaragoza Aeropuerto (2018). Recuperado el 4 de octubre de 2018 en <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=9434&k=arn>
- Vigneault, C., Benoît, D. (2000). Électrocution des mauvaises herbes: théorie et applications. *La Lutte Physique En Phytoprotection*, 1-3.

- Villa, F. (2002). Introducción a la agricultura ecológica. *Diputación General De Aragón, Dirección General de Tecnología Agraria, Servicio e Formación y Extensión Agraria*, 122(1).
- Villalba, A. (2009). Resistencia a herbicidas: Glifosato. *Ciencia, Docencia Y Tecnología*, 39, 169-186.
- Villarías, J. (2000). *Atlas de Malas Hierbas* (3ª ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 57-63.
- Visor Sig Pac V 3.4 (2018). Recuperado el 3 de octubre de 2018 en <http://sigpac.aragon.es/visor/>.
- Walsh, B., Salmins, S., Buszard, D., Mackenzie, A. (1996). Impact of soil management systems on organic dwarf apple orchards and soil aggregate stability, bulk density, temperature and water content. *Canadian Journal of Soil Science*, 76(2), 203-209.
- Warnick, J., Chase, C., Roskopf, E., Scholberg, J., Simonne, E., Koenig, R., Roe, N. (2006). Hydramulch for muskmelon and bell pepper crop production systems. *Journal of Vegetable Science*, 12(2), 39-55.
- Welsh, P., Philipps, L., Bulson, H., Wolfe, M. (1999). Weed control strategies for organic cereal crops. *Brighton Crop Protection Conference Weeds*, 3, 945--950.
- Yang, Y., Liu, X., Li, W., Li, C. (2006). Effect of different mulch materials on winter wheat production in desalinized soil in Heilonggang region of North China. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 7(11), 858-867.
- Zaragoza, C., Aibar, J., Cavero, J., Ciria, P., Cristobal, M., de Benito, A. et al. (1998). Manejo ecológico de agrosistemas en secanos semiáridos. Resultados de doce ensayos sobre fertilización y escarda. In *Una alternativa para el mundo rural del tercer milenio* (pp. 75-83). Valencia: Mundi-Prensa.
- Zaragoza, C., Cirujeda, A. (2005). Integración de sistemas no químicos en la lucha contra la resistencia de malezas. In *Taller iberoamericano Resistencia a herbicidas y cultivos transgénicos* (pp. 1-7). Colonia del Sacramento (Uruguay): INIA.
- Zaragoza, C., Moya, S., Martinez, G. (1995). Efectos de las coberturas orgánicas a base de cortezas de pino y restos de poda en huerto de frutales. In *XI Congreso de la Sociedad Española de Malherbología*. Huesca (España), 283-291.
- Zaragoza, C., Nogueroles, C. (1999). Buenas prácticas agrícolas para el control de malas hierbas en agricultura ecológica. *Phytoma*, 145-157.
- Zhang, Y., Han, J., Kim, G. (2008). Biodegradable Mulch Film Made of Starch-Coated Paper and Its Effectiveness on Temperature and Moisture Content of Soil. *Communications In Soil Science And Plant Analysis*, 39(7-8), 1026-1040.

Zribi, W., Faci, J., Aragües, R. (2011). Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. *ITEA (Información Técnica Económica Agraria)*, 107(2), 148-162.