

## Evaluación de materiales biodegradables de cobertura para el control de malas hierbas en tomate

A. Anzalone<sup>1</sup>, A. Cirujeda<sup>3</sup>, J. Aibar<sup>2</sup>, G. Pardo<sup>3</sup>, M. León<sup>3</sup> and C. Zaragoza<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Fitotecnia, Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Apartado Postal 400. Venezuela. [aanzalone@ucla.edu.ve](mailto:aanzalone@ucla.edu.ve)

<sup>2</sup>Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. [jaibar@unizar.es](mailto:jaibar@unizar.es)

<sup>3</sup>Unidad de Sanidad Vegetal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria. Avda. Apartado 727. 50080 Zaragoza, Spain. [acirujeda@aragon.es](mailto:acirujeda@aragon.es)

**Resumen** Durante 2005 y 2006 se realizaron en Zaragoza (España) dos ensayos de campo, en las mismas parcelas en ambos años, probando diferentes materiales de acolchado biodegradables. El objetivo fue estudiar estos sistemas de control de las malas hierbas en tomate de industria proponiendo alternativas a las técnicas que normalmente se usan en esa zona. El ensayo tenía 10 tratamientos con 4 repeticiones que fueron aleatorizadas en bloques. Los tratamientos evaluados fueron acolchados de (1) paja de arroz, (2) paja de cebada, (3) paja de maíz, (4) restos vegetales de *Artemisia absinthium*, (5) plástico negro biodegradable (Mater Bi 15  $\mu$ ); (6) papel de embalar (Saikraft 200 g/m<sup>2</sup>); (7) polietileno negro (15  $\mu$ ) y (8) tratamiento herbicida (rimsulfuron en 2005; rimsulfuron + metribuzina en 2006); (9) escarda manual (dos veces); (10) testigo sin escardar. Las coberturas vegetales fueron aplicadas a 1 kg/m<sup>2</sup>. Se valoraron las densidades de las principales malas hierbas (*Cyperus rotundus* L., *Portulaca oleracea* L., *Chenopodium album* L. y *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.) y se determinó la producción en cada tratamiento. En los dos años los acolchados con restos vegetales obtuvieron un control moderado de malas hierbas mientras que el papel tuvo una eficacia excelente sobre todas las especies arvenses, comparable al control de los acolchados plásticos. La producción de tomate fue proporcional a la eficacia en el control de malas hierbas. Tras dos años de estudio los acolchados de papel, paja de arroz, paja de maíz, así como de plástico biodegradable, parecen alternativas prometedoras al polietileno negro y al uso de herbicidas, mientras que las coberturas con paja de cebada y de *Artemisia absinthium* tuvieron resultados menos positivos.

### Introducción

El uso de acolchado del suelo para controlar las malas hierbas es una técnica muy antigua, usada para minimizar el impacto de estas especies sobre cultivos hortícolas. El término acolchado o empajado se emplea para definir todas las técnicas agronómicas que dejan una capa de algún material sobre el suelo, las cuales entre otras consecuencias, limitan el crecimiento de malas hierbas

El acolchado puede conseguirse de diferentes formas, usando fragmentos de materiales orgánicos o inorgánicos distribuidos sobre la superficie del suelo o láminas o películas de materiales naturales o artificiales colocadas sobre el suelo. También los restos de cosecha pueden ser usados como materiales de acolchado (Bond y Grundy, 2001).

El uso de acolchado con polietileno tiene distintos beneficios técnicos y ambientales, por ejemplo; incrementa la producción y su calidad, mejora el control de plagas y malas hierbas, proporciona una mayor eficacia en el uso de los fertilizantes y el agua y un cierto control de la erosión (Wittwer y Castilla, 1995). Las principales desventajas son los costes de compra y de manejo, y la dificultad de recoger completamente los restos de plástico tras la cosecha. Además, algunas especies perennes no son controladas con las coberturas plásticas y son capaces de atravesarlas (p.e. *Cyperus rotundus* L.) o usan los resquicios y pequeñas roturas para emerger (*Convolvulus arvensis* L.). Otra desventaja del uso de plásticos negros como acolchado es que en años o en zonas cálidas pueden calentar demasiado el suelo y producir daños en el cultivo (Radics y Székelyne, 2002; Pardo *et al.*, 2005).

Probablemente los residuos que deja en el suelo es uno de los principales problemas del empleo de polietileno y hace que esta técnica deje de ser atractiva para convertirla en un problema medioambiental de difícil solución. Por ejemplo, sólo en el valle de Ebro (España), se utilizaron 2131 toneladas de plástico en 2002, correspondiendo a 7500 ha cultivadas (Gutiérrez *et al.*, 2003). Además este material contiene elementos pesados que se depositan en el suelo. El volumen de restos de plástico en el suelo es tan grande que cuestiona la sostenibilidad de este sistema de cultivo.

La legislación europea R (CEE) 2092/91 que regula la agricultura ecológica permite el uso de los acolchados con polietileno pero muchas normas internacionales que regulan la producción ecológica o integrada obligan a eliminar los restos de los plásticos, prohibiendo su quema. El manejo de estos restos es complicado ya que el material se rompe fácilmente y su retirada es lenta y difícil.

Por otra parte, el suelo y los restos de la planta se adhieren al plástico y necesitan normalmente ser separados para permitir el reciclado o ser enviados a vertederos de basura especiales. Aunque se ha diseñado maquinaria para quitar el plástico de los campos (Parish, 1999) la retirada mecánica es poco frecuente y tiene un coste adicional. La consecuencia a esta situación es, en el mejor de los casos, montones de basura ilegales cerca de los campos y, a menudo, la quema incontrolada de material.

La presencia de restos del plástico en los campos no afecta solamente el ambiente sino que tiene también una influencia negativa en las cosechas siguientes. Cultivos industriales como espinacas o guisantes no toleran ningún resto de plásticos en el campo pues podrían mezclarse fácilmente con los productos de la cosecha y luego es muy difícil separarlos. Por otra parte, si el cultivo siguiente se realiza con el sistema de siembra directa, los restos plásticos podrían dificultar la siembra (Gutiérrez *et al.*, 2003).

Algunos de los materiales alternativos disponibles son plásticos fotodegradables, películas orgánicas de polímeros, papel, y restos vegetales de cosecha. La investigación en control físico de las malas hierbas incluye la evaluación de estos materiales en ensayos de campo. Recientes trabajos sobre los plásticos biodegradables muestran resultados prometedores ya que controlan malas hierbas sin dejar residuos (Martín y Pelacho, 2004; Moreno *et al.*, 2004). También el papel puede ser una alternativa interesante, ya que es biodegradable y hay tipos baratos que ofrecen la posibilidad de ser comprados en grandes bobinas adecuadas para explotaciones grandes. Sin embargo su colocación mecanizada es más delicada que el plástico.

Otros materiales interesantes son la paja de diferentes cereales, ya que son recursos locales y se producen en cantidades grandes y a bajo costo. La diversificación del uso de estos subproductos del origen agrícola puede aumentar el valor de la cosecha produciendo el residuo y aumentando la materia orgánica del suelo. El uso de acolchados con restos de

plantas con efectos alelopáticos (p.e. *Artemisia* spp.) también se debe tener en cuenta pero es necesario evitar los daños sobre el cultivo (Pardo *et al.*, 2005).

El objetivo principal de este trabajo es evaluar diversos materiales como acolchados del suelo para controlar malas hierbas, especialmente en tomate de industria, como alternativas al uso de herbicidas o de acolchado de polietileno negro.

## Materiales y Métodos

Los ensayos se realizaron en la finca experimental del CITA en Zaragoza (España) durante 2005 y 2006. El diseño experimental consistió en 10 tratamientos distribuidos en bloques al azar con cuatro repeticiones. Se empleó la variedad 'Perfect Peel' trasplantada sobre mesas de 0.5 m de ancho con una distancia de 1 m entre las mesas. Cada parcela de ensayo medía 20 m<sup>2</sup> e incluyeron cuatro líneas de cuatro metros de longitud cada una. La producción se cosechó en las dos líneas centrales.

Los tratamientos que se realizaron fueron:

1. Acolchado con paja de arroz (1 kg/m<sup>2</sup>, 14 días después del trasplante, DDT)
2. Acolchado con paja de cebada (1 kg/m<sup>2</sup>, 14 DDT)
3. Acolchado con paja de maíz (1 kg/m<sup>2</sup>, 14 DDT)
4. Acolchado con planta fresca de *Artemisia absinthium* (1 kg/m<sup>2</sup> 14 y 28 DDT)
5. Acolchado de plástico biodegradable (black Mater-Bi, 15 $\mu$ )
6. Acolchado de papel (Saikraft, 200 g/m<sup>2</sup>, 185 $\mu$ )
7. Acolchado de plástico (polietileno negro, 15 $\mu$ )
8. Herbicida (rimsulfuron 25% WG, DuPont, 15 g. m.a. ha<sup>-1</sup> 14 DDT en 2005; rimsulfuron 25% WG, DuPont, 12,5 g. m.a. ha<sup>-1</sup> + metribuzina 70% WP, DuPont, 1,75 kg m.a. ha<sup>-1</sup> 18 DDT en 2006)
9. Escarda manual (21 y 48 DDT)
10. Testigo, sin escardar

Los acolchados orgánicos fueron colocados en las mesas y entre ellas. El peso de la paja del arroz, la cebada y el maíz, se estimó con la humedad entre 5 y el 9%. Los residuos del *Artemisia* fueron colocados en la mesa inmediatamente después de ser cortados del campo y aplicados en dos momentos hasta completar el peso seco de 1 kg/m<sup>2</sup>. Los tratamientos 5 a 8 cubrieron solamente las mesas. Se aplicó glifosato entre las mesas en estos tratamientos (glifosato al 36%, Monsanto, 2.88 l m.a. ha<sup>-1</sup>) 28 DDT con una mochila manual, protegiendo el cultivo con una campana. La escarda manual se realizó tanto en las mesas como en las entrelíneas del cultivo.

El riego por goteo se realizó con tubería con emisores incorporados cada 20 cm. Se colocaron llaves de paso para poder regar cada parcela de forma separada. Para decidir al momento apropiado para la irrigación se emplearon los valores obtenidos de los sensores de la humedad (Aquameter dieléctrico ECH2O, Decagon).

Se tomaron datos para evaluar distintas variables: el desarrollo del cultivo, la composición de las malas hierbas y su control y los relacionados con la influencia de los tratamientos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas. En este documento se muestran los resultados de la evaluación de la cubierta sobre el control de malas hierbas y la producción de tomate.

La cobertura del suelo por las malas hierbas fue determinada visualmente en dos marcos de 0.5 m<sup>2</sup>, colocados al lado de las plantas de tomate, a los 21, 42 y 63 DDT. En la recolección (realizada a los 110 DDT en 2005 y 103 DDT en 2006), se separaron los frutos maduros y los verdes de tamaño comercial de seis plantas por parcela elemental, contando y pesando los frutos obtenidos.

El análisis estadístico del efecto de los 10 tratamientos sobre la flora y sobre la producción de tomate se realizó mediante un ANOVA estándar usando los procedimientos PROC GLM (SAS, 1991) de SAS/STAT (versión 8 del SAS; SAS Institute, Cary, NC, USA). Cuando fue necesario para satisfacer la normalidad de los datos se transformaron mediante la raíz cuadrada de los mismos. La significación estadística entre las medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

## Resultados y discusión

### a) Control de malezas:

Las malas hierbas más abundantes fueron en los dos años *Cyperus rotundus* L., *Portulaca oleracea* L., *Chenopodium album* L. y *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop, que son especies típicas de esta zona en cultivos de verano en regadío.

En la Figura 1 se observa como en las parcelas en las que no se hizo ninguna medida de control en 2005, o en las que ese control fue insuficiente (como en las que se aplicó *Artemisia*), la cobertura de malas hierbas aumentó en 2006 probablemente debido a un aumento del banco de semillas del suelo. Por el contrario, donde las medidas de control fueron eficaces en 2005, la cobertura por malas hierbas en 2006 disminuyó.

El papel tuvo una eficacia excelente sobre las malas hierbas, superior al resto de tratamientos, motivado porque el *Cyperus rotundus* L. no podía atravesarlo. Por otro lado, los restos de *Artemisia* tuvieron, en ambos años, una capacidad muy baja de supresión de malas hierbas, probablemente motivado por falta de densidad de la capa de residuos y la rápida descomposición de los mismos. Sin embargo no se observaron efectos alelopáticos sobre la flora presente que se había detectado en ensayos previos.

Los acolchados con paja (de arroz, cebada y maíz) mostraron un control intermedio de malas hierbas, que eran en todos los casos más bajos que la eficacia obtenida por el polietileno, el plástico biodegradable y el papel. El control con herbicida en 2005 fue mejorado agregando metribuzina en 2006. Pero a pesar de controlar *C. album* la eficacia fue más baja que la obtenida por el polietileno, el plástico biodegradable o el papel.

### b) Producción de tomate:

Se observaron grandes diferencias en la producción de tomate entre los dos años probablemente causadas por repetir el ensayo exactamente sobre las mismas parcelas elementales (Figura 2). La producción más alta fue obtenida en los dos años con polietileno y con papel, y en un año con la paja del maíz, la paja del arroz, escarda manual y herbicida. Las coberturas con paja de arroz, de cebada y de maíz, el control manual y el plástico biodegradable mostraron producciones bastante similares, no demasiado más bajas que las obtenidas con acolchado de polietileno y con herbicidas. Estos resultados muestran la posibilidad de usar los restos de las cosechas para el control de malas hierbas en estas condiciones.

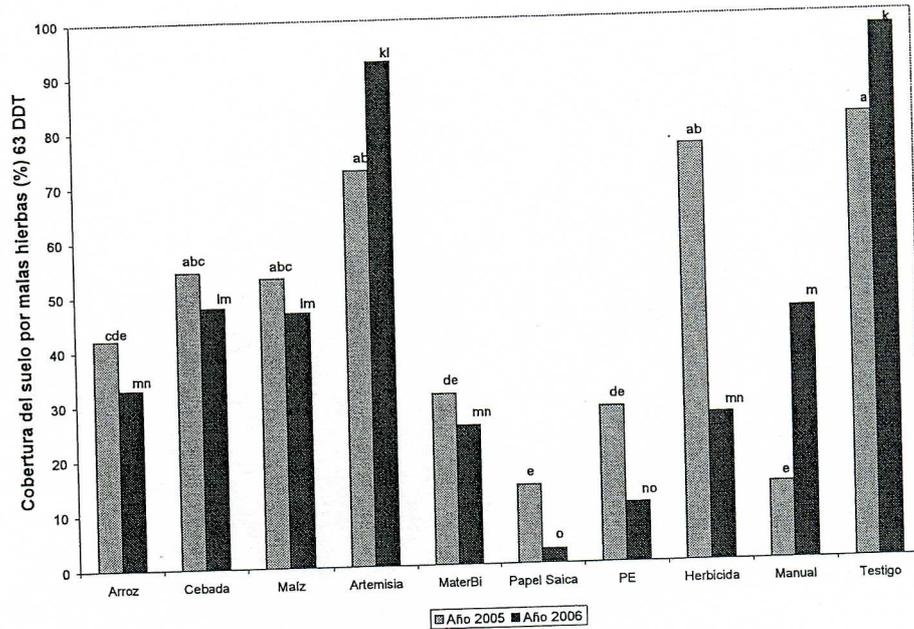


Figura 1. Cobertura del suelo por las malas hierbas 63 DDT en los dos años. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) en cada año.

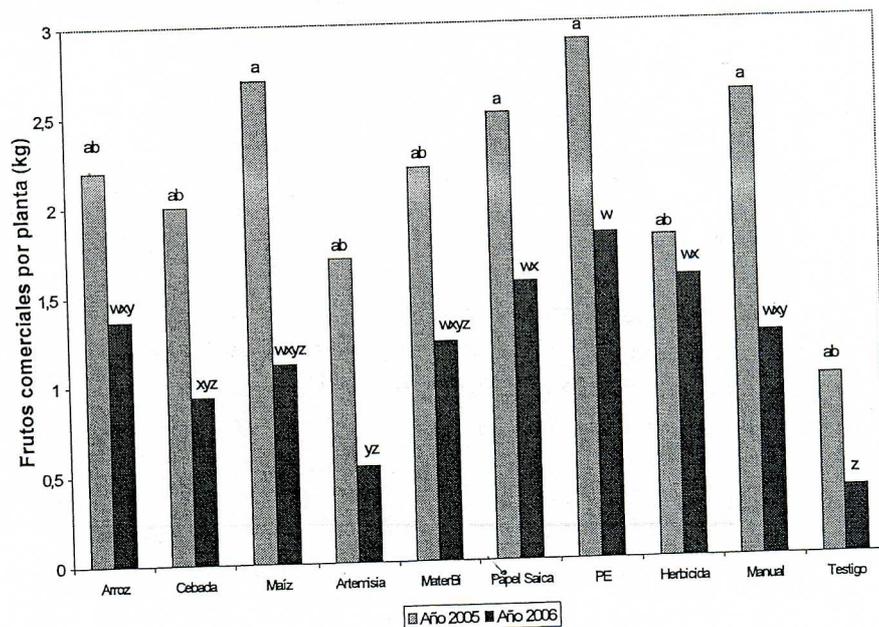


Figura 2. Producción del tomate por planta (kg) sumando frutos maduros y verdes con tamaño comercial. Letras diferentes muestran diferencias significativas según la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) en cada año.

Finalmente, es importante destacar la relación entre los niveles del control de malas hierbas y la producción para cada tratamiento, mostrada en el cuadro 3 como media de ambos años. Como era de esperar, a menor control de malezas, menor producción de tomate. Al comparar el testigo sin tratar, con una cobertura de malas hierbas del 89%, con el escardado manual con el escardado manual disminuyó la producción en el 80%, teniendo un impacto muy importante en la producción.

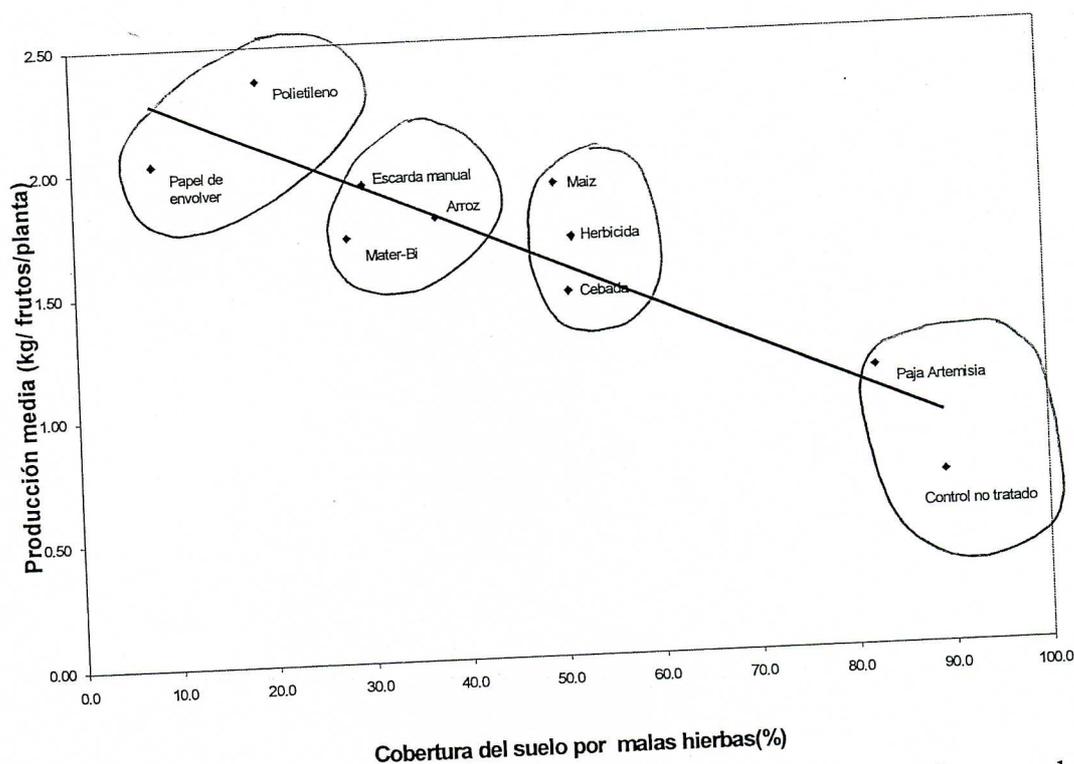


Figura 3. Relación entre la cobertura del suelo por malas hierbas (%) y producción (kg fruto/planta). Media de los años 2005 y 2006.

## Conclusiones

Los resultados preliminares de los trabajos de los dos primeros años indican que los acolchados con papel, plástico biodegradable, paja de maíz y de arroz son potencialmente interesantes para sustituir las coberturas de polietileno y los tratamientos herbicidas, mientras que la paja de cebada y de restos de *Artemisia* obtuvieron resultados menos interesantes.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto RTA2005-00189-C05 del INIA de España. Los autores desean expresar su agradecimiento por su apoyo técnico a Fernando Arrieta, siempre dispuesto a resolver los problemas que van surgiendo. Gracias también a José María Royo, José Ángel Alins, Cristina Asensio, Pilar Vivo, José García, Isaac Tenas, Susana Giménez, Eduardo García, Saúl Pérez y Javier Peña por su ayuda en los conteos de malas hierbas y en las tareas de recolección.

## Bibliografía

- Bond, W., Grundy, A. (2001). Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research* 41, 383-405.
- Gutiérrez, M., Villa, F., Cotrina, F., Albalat, A., Macua, J., Romero, J., Sanz, J., Uribarri, A., Sábada, S., Aguado, G., del Castillo, J. (2003). Utilización de los plásticos en la

- horticultura del valle medio del Ebro. Dirección General de Tecnología Agraria. Informaciones Técnicas, 130.
- Martín, C., Pelacho, A. (2004). Los acolchados biodegradables como alternativa a los acolchados de papel y polietileno en un sistema de producción de tomate. In: Resúmenes del VI Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). Editado por la SEAE. Valencia, España.
- Mazollier, C. Taulet, A. (2003). Paillages et ficelles biodégradables: une alternative pour le maraîchage bio. *Alternative Agriculture* 59, 10-13.
- Miles, C.; Garth, L. Sonde, M., Nicholson, M. (2003). Searching for alternatives to plastic mulch. Washington State University. [Documento on line: Disponible en: <http://agsyst.wsu.edu> 6/03/2007]
- Moreno, M., Moreno, A., Mancebo, I., Meco, R. Lopez, J. (2004). Comparación de diferentes materiales de acolchado en cultivo de tomate. VI Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE), Almería, p.243.
- Pardo, G., Anzalone, A., Cirujeda, A., Fernández-Cavada, S., Aibar, J., Zaragoza, C. (2005). Different weed control systems in tomato. 13rd European Weed Research Society Symposium, Bari, Italia.
- Parish, R. (1999). An automated machine for removal of plastic mulch. *Transactions of the ASAE*, 42(1):49-51.
- Radics, L. Székelyné, E. (2002). Comparison of different mulchings methods for weed control in organic green bean and tomato. In: Proceedings of 5th European Weed Research Society Workshop on Physical Weed Control. Pisa, Italia.
- SAS Institute, SAS/STAT® User's guide, Version 6, Fourth Edition. Cary, USA, (1991).
- Wittwer, H., Castilla. N. (1995). Protected cultivation of horticultural crops worldwide. *HortTechnology* 5, (1) 6-23.