

**SEMINARIO DE TÉCNICOS Y ESPECIALISTAS EN HORTICULTURA,
ZARAGOZA, 15-19 DE JUNIO DE 2015**

**ACOLCHADOS CON MATERIALES BIODEGRADABLES:
PRINCIPALES RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS
EN TOMATE DE INDUSTRIA Y PIMIENTO ENTRE 2006 Y 2015**

Cirujeda, A.¹, Aibar, J.², Pardo, G.¹, Marí, A.I.¹, Moreno, M.M.³, Moreno, C.³, Villena, J.³, Meco, R.⁴, Lahoz, I.⁵, Macua, J.I.⁵, Pardo, A.⁶, Suso, M.⁶, Costa J.⁷, Pelacho A.M.⁷, Pastor N.⁷, Martín-Closas, L.⁷

¹Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza

²Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Universidad de Zaragoza

³Escuela de Ing. Agr. de Ciudad Real, Universidad de Castilla-La Mancha

⁴Servicio de Inv. Agraria Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo

⁵Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA), Cadreita, Navarra

⁶Serv. de Inv. y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario de La Rioja (CIDA)

⁷Departament d'Hortofructicultura, Botànica i Jardineria, Universitat de Lleida

RESUMEN

En esta comunicación se presentan los principales resultados obtenidos después de 10 años de realización de ensayos con materiales de acolchado biodegradables en tomate de industria y pimiento. Los ensayos se han llevado a cabo en Zaragoza, Navarra, La Rioja, Ciudad Real, Navarra y Lleida siguiendo el mismo protocolo durante los años 2006-08 con tomate de industria empleando plásticos biodegradables y oxodegradable, papeles, PE, paja de cebada y testigos sin acolchar (sin desherbar y con desherbado manual). Posteriormente, se utilizaron también otros materiales en tomate y, desde el año 2011, se están ensayando dos nuevos plásticos biodegradables en pimiento, sustituyendo a otros. Los resultados muestran como el control de las malas hierbas es satisfactorio para todos los acolchados plásticos ensayados, exceptuando la juncia (*Cyperus rotundus*), que los atraviesa. Los papeles, en cambio, controlan esta especie. La degradación de los plásticos biodegradables empieza antes en la parte enterrada pero en todos los casos se ha mantenido el material en campo hasta el final del ciclo sin producirse levantamientos. En los papeles, en cambio, en determinados años y localidades habría sido útil realizar un ligero aporcado 15 días después del transplante para evitar que la rápida degradación de la parte enterrada cause que el viento levante la parte exterior del acolchado. En cuanto al rendimiento, tanto el tomate como el pimiento cultivados sobre los acolchados plásticos y de papel muestran elevadas producciones, siendo en tomate las máximas para PE pero en varios casos se observa la tendencia de ser superadas por algunos materiales biodegradables en pimiento. Las múltiples situaciones de los productores de cultivos hortícolas con objetivos diversos causan que sea necesario disponer de variados materiales que solucionen las respectivas problemáticas.

INTRODUCCIÓN

El uso de polietileno (PE) negro está extendido en amplias zonas de España como acolchado en cultivos hortícolas al aire libre con las principales finalidades del ahorro de agua de riego y de reducir la emergencia de las malas hierbas.

Si bien el uso de acolchados está permitido, este material presenta el principal inconveniente de la dificultad de gestión de su residuo. En cultivos de porte bajo, como el tomate de industria, se producen roturas durante la recolección lo que complica enormemente la retirada del residuo. En el caso de no producirse roturas, la adhesión de tierra dificulta o imposibilita su gestión en vertederos (López-Marin y González, 2012). Otro inconveniente es que hay cultivos y situaciones en las que el polietileno negro calienta demasiado el entorno de las plantas, hecho que los agricultores solucionan rompiendo parte del acolchado en la zona del cuello de las plantas, perdiendo parte de las ventajas del acolchado. También algunas malas hierbas como la juncia (*Cyperus rotundus*) o la cola de caballo (*Equisetum arvense*) atraviesan los plásticos con facilidad.

Por estos motivos sería muy conveniente disponer de materiales biodegradables que proporcionen las mismas ventajas que el PE sin sus inconvenientes. En el mercado español se encuentran principalmente comercializados el plástico biodegradable (Mater-Bi®, de la empresa Novamont y el papel MimGreen® de la empresa MimCord. No obstante existen varios materiales en desarrollo (Martín-Closas y Pelacho, 2015), por lo que posiblemente la oferta sea más amplia en los próximos años.

Durante los años 2005-09 se desarrolló el proyecto INIA RTA2005-00189-C05-01 en el cual se llevaron a cabo ensayos de acolchado de tomate de industria en Zaragoza, Navarra, La Rioja, Ciudad Real, Navarra y Lleida con materiales biodegradables comerciales y en desarrollo. En los años 2010-11 se trabajó con plásticos biodegradables de la empresa Sphere Group Spain S.L. (Proyecto TRACE PET2008-0278-01) y se participó en la obtención de la formulación óptima del material para uso como acolchado derivando en una patente (patente número nº ES2399135 concedida el 21 de enero de 2014 titulada “Acolchado biodegradable para aplicaciones agrícolas”). Finalmente, en los años 2012-15 se está trabajando con acolchados biodegradables en pimiento (Proyecto INIA RTA2011-00104-C04).

Durante estos años se han ido incorporando a los ensayos de campo todos los materiales de acolchado biodegradables en forma de película (films) y de composiciones distintas, de los que se ha podido disponer y que representan la gran mayoría de los comercializados en el mercado europeo (Martín-Closas y Pelacho, 2015).

MATERIAL Y METODOS

Los ensayos se han llevado a cabo en las localidades de Almudévar (Huesca), Montañana (Zaragoza), Mendavia (La Rioja), Cadreita (Navarra), Ciudad Real y Lleida entre los años 2005 y 2014. En todos los casos se ha seguido un protocolo común incluyendo dos testigos sin acolchar (uno sin desherbar y otro con desherbado manual), PE, diferentes plásticos biodegradables y papeles. Los materiales se han colocado con máquina acolchadora, reduciendo la tensión y la presión de las ruedas para la colocación de los papeles y evitar que sufran roturas durante la instalación. Los tratamientos se han dispuesto en campo en cuatro bloques al azar. Previo a la plantación se han instalado diferentes sondas de humedad para determinar el contenido en agua del suelo y regar cada tratamiento con la dotación necesaria.

Siguiendo el protocolo común, en todos los ensayos se ha medido el efecto de los acolchados sobre el cultivo (altura de las plantas, rendimiento), sobre la degradación de los materiales (de la parte enterrada y de la exterior) y sobre la capacidad de control de las malas hierbas (conteos cada 3 semanas). También se ha registrado el consumo de agua por el cultivo en cada uno de los materiales, que se regaron separadamente.

En ensayos posteriores se ha utilizado dos plásticos biodegradables más durante varios años, Sphere 4 y Sphere 6. En pimiento se incluyeron los materiales Bioflex® y Ecovio®. Adicionalmente a los ensayos realizados en común, en Aragón se han añadido diferentes papeles, entre ellos papeles crepados, en fase de desarrollo por diversas empresas.

Materiales utilizados en los ensayos comunes realizados en Aragón, La Rioja, Lleida, Navarra y Ciudad Real.

Tratamiento	Empresa	Descripción del material	Años en los que se ensayó
Testigo sin desherbar	-	-	2006-15
Desherbado manual	-	-	2006-15
Plásticos			
PE	Varias	Negro, 15µm	2006-15
Mater-Bi®	Novamont	Negro, 15µm	2006-15
Biofilm®	Barbier	Negro, 17µm	2005-08
Enviroplast®	Gemplast	Negro, 15µm	2005-08
Sphere 4®	Sphere Group Spain	Negro, 15µm	2010-15
Sphere 6®	Sphere Group Spain	Negro, 15µm	2010-15
Ecovio®	BASF	Negro, 15µm	2012-15
Bioflex ®	Fkur	Negro, 15µm	2012-15
Papeles			
MimGreen®	MimCord	Negro, 85 g.m ⁻²	2006-15
Saikraft®	Saica	Marrón, 140 g.m ⁻²	2006-08
Otros papeles	Varias empresas	Varios materiales	2008-15
Paja de cebada	-	10 t.ha ⁻¹	2006-08

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Control de las malas hierbas

En cuanto al control de las malas hierbas cabe resaltar que a pesar de que se observaron diferentes especies dominantes en las distintas localidades, todos los materiales controlaron de forma efectiva a las malas hierbas, con excepción de la juncia (*Cyperus rotundus*). Esta especie atraviesa parcialmente las láminas de PE y en mayor medida las de plástico biodegradable, los cuales en ocasiones tienen unas propiedades más frágiles desde el inicio y que, además, pierden propiedades mecánicas durante el ciclo del cultivo (Cirujeda *et al.*, 2012). Sin embargo, la juncia no fue capaz de atravesar ninguno de los diferentes papeles ensayados.

Rendimiento

Los resultados en tomate de industria muestran que el rendimiento obtenido con los plásticos biodegradables fue muy similar al PE para todas las localidades (Tabla 2). En ensayos posteriores también el rendimiento obtenido con los plásticos biodegradables Sphere 4 y 6 también resultó similar al del PE (datos no aportados). En general, la paja retrasó la emergencia de las malas hierbas pero no fue capaz de controlarla por completo, obteniéndose rendimientos menores en este tratamiento (85% como media). En cuanto a los papeles, se obtuvieron rendimientos algo más bajos para

el papel de color marrón (92% como media), posiblemente debido a que calienta menos el suelo que los materiales negros (Moreno et al., 2014, en fase de revisión).

Un aspecto a destacar es que los resultados obtenidos han sido ligeramente diferentes para el tomate de industria que para el pimiento posiblemente por las diferencias en el porte de la planta y la forma de plantación (el pimiento muestra un crecimiento vertical y más lento que el tomate, cultivo de porte rastrero, y es plantado al tresbolillo en líneas pareadas, no en una única fila como se suele plantar el tomate). Sorprendentemente, parece que el pimiento, plantado sobre diferentes plásticos y papeles biodegradables, da rendimientos ligeramente superiores al PE en varios años y localidades, mientras que en el tomate no se observó esta tendencia en ningún caso (Tablas 1 y 2).

Degradación de los materiales

La parte enterrada de varios papeles ensayados se degrada muy deprisa, pero no la parte exterior. En estos casos conviene realizar un ligero aporcado a los 15 días después de acolchar, aproximadamente, para garantizar que el acolchado se mantenga adherido al suelo mientras el cultivo es todavía pequeño. Esta práctica puede ser indicada en plantaciones muy tempranas en cultivos hortícolas al exterior o con cultivos poco competitivos pero se puede evitar en invernaderos o en cultivos de rápido crecimiento como el tomate de industria plantado en la época oportuna. Los materiales plásticos biodegradables conservan mayoritariamente su cobertura hasta el final del cultivo y empiezan su degradación en la parte enterrada antes o después dependiendo de las condiciones ambientales de cada localidad.

Otros comentarios

En cuanto a la colocación mecanizada cabe remarcar que los plásticos biodegradables son más elásticos que los papeles pero generalmente algo menos elásticos y resistentes que el PE. Por ello, suele ser necesario reducir ligeramente la velocidad y evitar piedras en superficie. Los papeles precisan una reducción de la tensión de la máquina acolchadora y de la presión que ejercen las ruedas de colocación, la cual es posible realizar mediante los ajustes adecuados. El papel para acolchado suele ser más elástico y se rompen menos cuando tiene cierta humedad, por lo que conviene almacenar los restos protegidos en su embalaje plástico.

Una vez colocados, algunos papeles tienden a sufrir roturas transversales de un extremo de la mesa a otro cuando se secan, lo cual suele ocurrir los días siguientes a su colocación en campo. Conviene tapar estas roturas con tierra lo antes posible para evitar desgarros o levantamientos producidos por el viento.

Se ha detectado la importancia de que los materiales sean opacos, especialmente en los papeles para realizar un buen control de las malas hierbas. La tinción de los papeles encarece el acolchado pero es imprescindible que un papel para acolchado tenga un alto grado de opacidad. En caso de ser translúcido, algunas especies de malas hierbas son capaces de germinar debajo del material, crecer y empujar el acolchado hasta romperlo y levantarlo.

También cabe constatar que existen múltiples situaciones en horticultura, en las que se precisan acolchados con matices diferentes y, sobre todo, para afrontar problemas diferentes. El material que necesita un productor de tomate de industria de plantación temprana (como se produce en determinadas zonas de Aragón) será diferente al que utilice un productor de tomate fresco en invernadero (que puede tener problemas de exceso de calor). El primero necesita un material muy resistente debido a la acción del viento y de tormentas en abril mientras que el segundo busca materiales de color

claro que no caliente la zona del cuello de la planta. También la presencia o ausencia de juncia condiciona la elección del acolchado biodegradable a utilizar. El sistema de riego (por surcos, con goteros enterrados o en superficie), así como la frecuencia de las precipitaciones son factores que pueden variar los resultados obtenidos con los distintos materiales.

En cuanto al consumo del agua, los resultados en general muestran que los papeles precisan de un 5-10% más que los plásticos, y los desnudos un 20-30% más que los plásticos, para no constatar diferencias apreciables en los contenidos de humedad medidos con las sondas.

CONCLUSIONES

Los plásticos biodegradables ensayados, algunos ya disponibles en el mercado y otros en desarrollo, han mostrado un buen control de la emergencia de la mayoría de malas hierbas, exceptuando la juncia (*Cyperus rotundus*). Asimismo, han producido rendimientos elevados comparables a los conseguidos con PE en tomate e incluso algo superiores en pimiento. En cuanto a la degradación, la mayoría de los plásticos inician la degradación de la parte enterrada entre 15 y 30 días después de su colocación, pero se degradan más tarde en la parte exterior. Sin embargo, a pesar de su progresiva degradación durante el ciclo del cultivo, la mayoría de los plásticos ensayados resisten correctamente hasta el final de los mismos.

Los papeles han mostrado la interesante capacidad de no ser atravesados por la juncia, controlando así la totalidad de las malas hierbas. Sin embargo, si se producen roturas en el material durante la colocación o aparecen roturas transversales tempranas, éstas deben de ser cubiertas lo antes posible para evitar la emergencia de malas hierbas y levantamiento del acolchado. Los rendimientos obtenidos con los papeles ensayados han sido también similares a los obtenidos por el PE y los plásticos biodegradables. La degradación de la parte enterrada del papel puede ser muy rápida, especialmente con suelo húmedo. Para evitar levantamientos posteriores puede ser necesario realizar un aporcado unos 15 días después de su colocación. La parte exterior se degrada escasamente durante todo el ciclo de cultivo.

Las necesidades y problemáticas a solucionar en horticultura son muy diversas y, por ello, es conveniente que existan diferentes materiales biodegradables en el mercado que puedan ser útiles en cada situación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CIRUJEDA, A.; ANZALONE, A., AIBAR, J.; MORENO, MM; ZARAGOZA, C. 2012. Purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) control with paper mulch in processing tomato. *Crop Protection*, 39: 66-71.

LÓPEZ-MARIN, J.; GONZÁLEZ, A. 2012 . Tendencias y trabajos de campo con acolchados degradables. *Vida Rural* , 344: 28-32.

MARTIN-CLOSAS, L., PELACHO, A.M, PICUNO, P. RODRÍGUEZ, D. 2008. Properties of new biodegradable plastics for mulching, and characterization of their degradation in the laboratory and in the field. *Acta Horticulturae* 801, 275-282.

MARTIN-CLOSAS, L., PELACHO, A.M. 2015. Potencial y aplicaciones de los plásticos biodegradables en agricultura. *Plasticulture* 133, 37-59.

MORENO, M.M.; CIRUJEDA, A.; AIBAR, J.; MORENO, C. 2015. Soil thermal and productive response of biodegradable mulch 1 materials in a processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) crop. Soil Research, enviado en febrero 2015, en fase de revisión.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la financiación recibida por los proyectos: INIA RTA2005-00189-C05, TRACE PET2008-0278-01e INIA RTA2011-00104-C04. También agradecemos la cesión de los materiales por parte de las empresas Novamont, Mimcord, Barbier, Gemplast, Saica, Arrosi, Sphere Group Spain, etc. A A F. Arrieta, J.A. Alins, J.M. Royo, M. León, C. Asensio, P. Vivo, J. García Vera, I. Tenas, S. Soriano, M.J. Reina, T. Esteban, A. Báguena, J. Giménez, C. Lorente, C. Otal, P. Liesa, D. Lasanta, J. Martínez, D. Escario, S. Pérez, D. Redondo, J. Carrascón por su apoyo técnico en los ensayos de Aragón. A I. Mancebo y L. Gómez en los ensayos de Ciudad Real.

TABLAS

Tabla 1. Rendimiento de tomate obtenido en las localidades como media en los años 2006-08 expresado en porcentaje tomando como referencia el rendimiento obtenido en PE en cada localidad.

Tratamiento	Aragón	Logroño	Lleida	Ciudad Real	Navarra	Media
Testigo sin desherbar	71	59	42	75	53	60
Desherbado manual	107	103	79	98	69	91
PE	100	100	100	100	100	100
Mater-Bi®	99	95	100	105	99	100
Biofilm®	92	92	96	101	92	95
Enviroplast®	91	-	-	104	101	99
MimGreen®	108	93	92	97	96	97
Saikraft®	106	90	82	90	82	90
Paja de cebada	83	87	76	92	56	79

Mater-Bi® y Biofilm®: plásticos biodegradables; Enviroplast®: material oxo-degradable; MimGreen® y Saikraft®: papeles.

Tabla 2. Rendimiento de pimiento obtenido en las localidades como media en los años 2012-14 expresado en porcentaje tomando como referencia el rendimiento obtenido en PE en cada localidad.

Tratamiento	Aragón	Logroño	Lleida	Ciudad Real	Navarra	Media
Testigo sin desherbar	27	9	19	18	7	16
Desherbado manual o mecánico / retraso	79	79	48	94	57	71
PE	100	100	100	100	100	100
Mater-Bi®	119	83	114	96	101	103
Sphere 4®	108	86	92	88	104	96
Sphere 6®	106	73	106	88	105	96
Bioflex®	106	-	97	87	104	99
Ecovio®	94	-	134	89	103	105
MimGreen®	106	74	107	87	107	96
Papel V	121	91	82	96	101	98
Papel 1	116	-	-	-	-	-
Papel 2	117	-	-	-	-	-
Papel 3	109	-	-	-	-	-

Sphere 4®, Sphere 6®, Bioflex® y Ecovio®: plásticos biodegradables; MimGreen® y otros: papeles.