



**Figura 1.** Degradación de Biofilm en la parte superficial a los 7, 35, 98 y 117 días desde el trasplante de tomate (DDT) y a los 250 días en la parte superficial y la parte enterrada.

# Evaluación de acolchados para el control de la flora arvense en un cultivo de tomate

Texto y Fotografías:

**M<sup>a</sup> Luisa Suso y Alfonso Pardo**

Sección de Tecnología Agrícola y Desarrollo Tecnológico. Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario (CIDA)

Las modernas tecnologías han permitido al hombre satisfacer las necesidades de alimentos; sin embargo, el uso de productos químicos puede, potencialmente, degradar el suelo y el agua, ya que dichos productos son la principal fuente de contaminación. Por ello, investigadores y agricultores están en la búsqueda de prácticas culturales que puedan mantener los niveles de producción de los cultivos y que a la vez protejan el suelo y la calidad de las aguas.

El control de las malas hierbas en los cultivos, respetando el medioambiente, pasa por hacer una reflexión sobre las prácticas que se deben aplicar. No se trata de decir cuáles son malas o buenas, sino de evaluar objetivamente la situación para dirigir las actuaciones prácticas en función de las necesidades y optimizar las prácticas culturales del desherbado.

Actualmente, existen diferentes alternativas al desherbado químico: desherbado mecánico, térmico, al vapor; o bien, el empleo de una cobertura natural o artificial que impida el crecimiento de las malas hierbas. La

combinación del conjunto de técnicas existentes permite, para algunos cultivos, obtener un buen compromiso entre la gestión de las malas hierbas, la seguridad alimentaria, el respeto al medioambiente y la rentabilidad económica de la producción.

Una de las alternativas a los herbicidas es el uso de cubiertas plásticas con polietileno negro. Como es bien sabido, el uso de acolchado de polietileno tiene una serie de ventajas técnico-ambientales. Entre otras, cabe destacar el incremento de los rendimientos y de la calidad, mejor manejo de malas hierbas e insectos, la mayor eficiencia en el uso del agua y de los fertilizantes y un cierto control sobre la erosión (Wittwer y Castilla, 1995). Los principales inconvenientes son el precio del plástico, los costos de manejo y la dificultad de recoger completamente los restos del plástico tras la cosecha. Otro inconveniente del uso de polietileno negro es que, en zonas muy cálidas, puede perjudicar a los cultivos debido al excesivo calentamiento del suelo (Radics y Székelyne, 2002; Pardo, *et ál.*, 2005).

En la normativa de producción integrada o ecológica es obligatorio eliminar los residuos de plástico del campo y su quema está prohibida en muchas zonas hortícolas. El volumen de desechos generado es tan amplio que cuestiona seriamente la sostenibilidad de este sistema de cultivo.

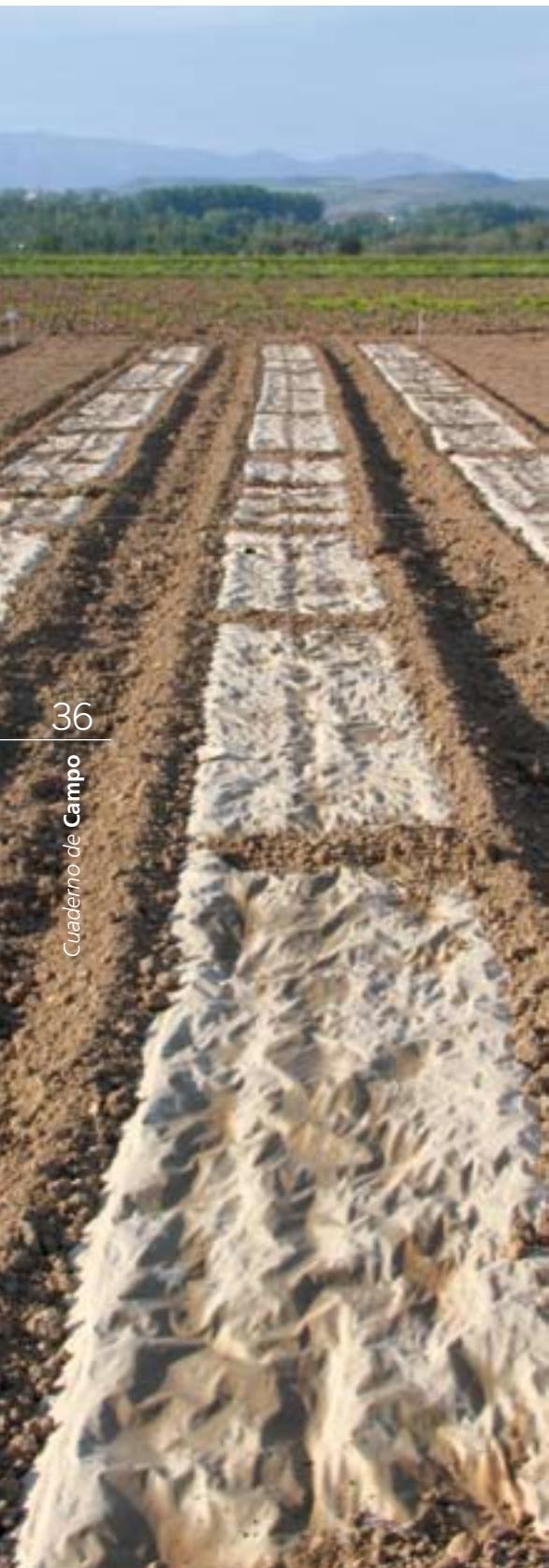
La dificultad en el manejo de los residuos de cubiertas plásticas en el campo comienza por su retirada, ya que este material se rompe con facilidad. Además, el plástico suele estar asociado a restos de suelo y vegetación, por lo que debe ser separado de estos materiales para poder ser reciclado o enviado a vertederos, ya que estos residuos deben contener menos de un 5% en peso de impurezas para poder ser reciclados (Agència de Residuos de Catalunya, 2004). Aunque existe maquinaria especializada, la mecanización de la retirada de estos residuos es poco común y supone un costo adicional. Lo más común es adaptar otros aperos para recoger el plástico del campo, quedándose muchos restos que no son recogidos y que serán incorporados al suelo con la preparación de tierras en el ciclo siguiente.

En el Reglamento Comunitario R(CEE) 2092/91 sobre producción ecológica se tolera, de momento, el uso de cubiertas de polietileno, a pesar de los problemas asociados ya comentados, como es la retirada y el vertido de las láminas después de la recolección, y la dificultad e inviabilidad económica de reciclar el polietileno utilizado como coberturas de suelo. La consecuencia de esta situación es la proliferación de vertederos incontrolados. Las soluciones actuales para la eliminación de esos residuos, una vez recogidos, tampoco es satisfactoria, con frecuentes incineraciones de los mismos en situaciones no controladas. El reciclaje de estos residuos es factible para el plástico procedente de invernaderos, pero más difícil para los procedentes de acolchado, como se ha indicado anteriormente.

El empleo de los acolchados con polímeros biodegradables intenta solucionar este problema en el ámbito agrícola



Acolchado con papel Saikraft./ A. Cirujeda



Líneas de acolchado con papel después de una lluvia.

y pretende el ahorro de recursos fósiles no renovables.

Las ventajas que ofrece un plástico biodegradable son principalmente dos: en primer lugar, se evita la contaminación del medio ambiente con restos que permanecen en el campo y, en segundo lugar, se pretende ahorrar en el consumo de recursos fósiles no renovables, es decir, del petróleo. Los polímeros biodegradables con un mayor potencial son aquellos que provienen de recursos renovables, concretamente, del propio sector agrícola (almidón de distintos cultivos, fibras vegetales, aceites vegetales, etc.). Actualmente, del 75 al 80% de la producción de materiales biodegradables en Europa utiliza como materia prima el almidón, de un 10 a un 15% utiliza el ácido poliláctico, que proviene a su vez, de la fermentación del almidón y, finalmente, un 5% proviene de recursos no renovables (Bastioli, 2003).

Básicamente, se pueden distinguir cuatro grupos de plásticos biodegradables según su origen (McCarthy, 2003): polímeros naturales de origen vegetal (almidón y sus mezclas, acetato de celulosa, etc.), polímeros naturales de origen bacteriano (poly-3-hydroxibutirato, etc.), polímeros sintéticos de materiales renovables (ácido poliláctico) y polímeros sintéticos de origen petroquímico (polivinil alcohol, plicaprolactona, poliesteramida, etc.). Una revisión exhaustiva de estos nuevos materiales y sus aplicaciones en horticultura se puede consultar en Kaplan (1998) y Groot, *et ál.* (2000).

El principal problema para la implantación de estos materiales biodegradables es su elevado coste (de 3 a 4 veces superior al coste del polietileno, según Bastioli, 2003 y Gutiérrez, *et ál.*, 2003) que no compensa el gasto que implica la retirada del polietileno del campo. Este elevado precio es debido al mayor coste de la materia prima utilizada. No obstante, la diferencia de precios con el polietileno se puede reducir si se produce un progresivo aumento de los precios del petróleo y aumenta la demanda de estos materiales, lo que permitirá reducir los costes de su fabricación (Martin-Closas y Pelacho, 2003).

Los plásticos biodegradables existentes en el mercado presentan propiedades mecánicas inferiores a las del polietileno, lo que ha supuesto una limitación en la expansión de estos materiales debido a las dificultades de mecanización del acolchado. Actualmente, estas deficiencias se han corregido y existen diversos materiales que se adaptan perfectamente a esta técnica.

Otra alternativa interesante al uso de plásticos como cubiertas del suelo es el papel, ya que es un material económico, biodegradable y que ofrece facilidades para su adquisición y manejo en cantidades suficientes para explotaciones medianas o grandes. Probablemente, una de las mayores limitaciones para el uso de este material sea el manejo por la maquinaria durante su colocación y la duración del mismo en condiciones de campo, debido a que la humedad y el sol pueden acelerar su degradación, de tal forma que el tiempo del efecto de control de malas hierbas sea menor al periodo crítico de competencia. No obstante, las condiciones de cultivo de verano (viento muy suave y baja pluviometría) favorecen los buenos resultados del papel.

Finalmente, el uso de paja u otros restos vegetales se perfila como una opción de material de cubierta orgánica, ya que se produce en grandes cantidades en España y su recolección y exportación del campo es una actividad común. Las evaluaciones hechas por Greb (1967) indican que este material posee un aceptable coeficiente área cubierta-masa, lo que le confiere un interesante potencial como cubierta de suelo para el control de malas hierbas.

En este trabajo se describen los resultados de cinco ensayos realizados en diferentes Comunidades Autónomas en el año 2006 y en La Rioja en el 2007, con el objetivo de valorar las ventajas e inconvenientes de los materiales plásticos biodegradables que existen en el mercado, así como otros materiales biodegradables y estudiar su efecto sobre las malas hierbas y el rendimiento en un cultivo de tomate.

## Material y métodos

Los ensayos se han realizado en las localidades de Almudévar (Huesca), Valdegón (Agoncillo, La Rioja), Vilanova de Bellpuig (Lleida), Ciudad Real y Cadreita (Navarra) buscando alternativas al uso de herbicidas y al acolchado con polietileno negro. En todos los ensayos se ha plantado tomate de industria, cultivar Perfect Peel, sobre caballones de unos 80 cm de anchura y a una distancia de 20 cm entre plantas y 1,5 metros entre filas. Cada parcela consistió en una mesa de 15 metros de longitud. Se dispusieron los siguientes tratamientos en cuatro bloques al azar: testigos (control sin desherbar y control con escarda manual); acolchado con plásticos convencionales (polietileno negro de 15 micras y plástico oxobiodegradable Envioplast de Genplast de 15 micras); acolchado con plásticos biodegradables (Mater-Bi de Novamont, 15 micras y Biofilm de Barbier, 17 micras); acolchado con papel (Mater-Bi de Mimgreen, 85 g/m<sup>2</sup> y Saikraft, de Saica, 125 g/m<sup>2</sup>); acolchado con paja de cebada (10 t/ha). Todos los materiales son de color negro a excepción del papel Saikraft, que es marrón, y de la paja.

A los 63 días después de trasplante se evaluó el recubrimiento por las malas hierbas y su composición en la superficie acolchada. La eficacia se calculó según Abbot (Ciba-Geigy, 1992): Eficacia = 100-[(Rt/Rs)\*100], siendo Rt el recubrimiento en la parcela con tratamiento y Rs el recubrimiento en la

parcela sin desherbar. En Ciudad Real y La Rioja, se calculó en base a conteos de malas hierbas. A finales de ciclo se determinó el rendimiento del tomate en un mínimo de 5 plantas por tratamiento y repetición. La recolección se realizó cuando había entre el 80 y 90% de frutos maduros.

Los ensayos recibieron fertilización química convencional, menos en Ciudad Real (estiércol y humus de lombriz) y Vilanova de Bellpuig, donde se abonó con compost al tratarse de un sistema agrícola ecológico.

Todos los ensayos se regaron por goteo, programándose el riego, bien en base al balance de agua o mediante la utilización de sensores de humedad en el suelo.

## Resultados y discusión

Se encontraron dificultades en el establecimiento del papel Saikraft con la acolchadora, siendo necesario un ajuste minucioso de la misma. En Cadreita, este papel se rompió al poco tiempo de establecerse el cultivo, hecho que perjudicó notablemente la cosecha de este tratamiento.

En el caso de la paja, la colocación fue difícil y en las localidades de Almudévar y Cadreita se dispersó mucho con el viento. En Valdegón germinaron semillas de cebada contenidas en la paja, cuyas plántulas tuvieron que ser controladas posteriormente con un herbicida.

La flora presente en los diferentes ensayos fue variable. *Xanthium struma-*



Colocación de papel Mimcord (abajo) y polietileno (arriba)./  
A. Cirujeda

*rium* y *Setaria verticillata* dominaron en Almudévar; *Borago officinalis* y *Sonchus arvensis* en Valdegón; *Matricaria chamomilla* y *Convolvulus arvensis* en Ciudad Real; *Amaranthus retroflexus* y *Chenopodium album* en Vilanova de Bellpuig. Finalmente, en Cadreita emergieron *Diplotaxis erucoides* y *Amaranthus blitoides*.

Con la excepción del tratamiento con paja, los demás acolchados mostraron un control de las malas hierbas aceptable, superior al 74% en todos los casos (tabla 1). La densidad de malas hierbas fue muy alta en Almudévar y en Vilanova de Bellpuig (63% y 52% cobertura en el testigo sin desherbar, respectivamente), moderada en Valdegón (30%) y muy baja en Ciudad Real y Cadreita (5 % cobertura en Cadreita), provocando la falta de competencia de las mismas con el cultivo.

Vista general de un cultivo de tomate en acolchado.



**Tabla 1.** Control medio de las malas hierbas (% de recubrimiento) 63 días después de trasplante en las distintas localidades

Localidad/ tratamiento	Almudévar (Huesca)	Valdegón (Logroño)	Ciudad Real	Vilanova de Bellpuig (Lleida)	Cadrete (Navarra)	Media
<b>Testigo</b>	0 c	0 b	0 d	0 b	0 c	0 d
<b>Manual</b>	85 a	81 a	44 c	80 a	84 b	75 bc
<b>Polietileno</b>	98 a	92 a	100 a	97 a	100 a	97 a
<b>Mater-Bi</b>	94 a	86 a	98 a	92 a	100 a	94 a
<b>Biofilm</b>	89 a	74 a	96 a	84 a	94 a	87 ab
<b>Enviroplast</b>	88 a	-	100 a	-	97 a	95 a
<b>Saikraft</b>	90 a	93 a	96 a	77 a	95 a	90 a
<b>Mimcord</b>	95 a	77 a	96 a	92 a	96 a	91 a
<b>Paja cebada</b>	34 b	2 b	66 b	89 a	80 b	54 c

Distintas letras indican diferencias significativas dentro de cada localidad según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 2.** Rendimiento relativo del tomate expresado en porcentaje tomando el tratamiento con polietileno como referencia (índice 100)

Localidad/ tratamiento	Almudévar (Huesca)	Valdegón (Logroño)	Ciudad Real	Vilanova de Bellpuig (Lleida)	Cadrete (Navarra)	Media
<b>Testigo</b>	56 c	66 d	63 b	46 c	76 bc	61 c
<b>Manual</b>	102 ab	94 ab	102 a	80 b	78 abc	91 ab
<b>Polietileno</b>	100 ab	100 a	100 a	100 ab	100 ab	100 a
<b>Mater-Bi</b>	112 a	86 c	106 a	111 a	93 abc	101 a
<b>Biofilm</b>	108 a	86 c	98 a	99 ab	81 abc	94 ab
<b>Enviroplast</b>	96 ab	-	88 ab	-	93 abc	92 ab
<b>Saikraft</b>	102 ab	100 a	86 ab	87 ab	74 c	90 ab
<b>Mimcord</b>	103 ab	84 c	96 a	101 ab	102 a	98 a
<b>Paja cebada</b>	69 bc	90 bc	82 ab	79 b	85 abc	81 b
<b>Rendimiento tomate en polietileno(t/ha)</b>	<b>91,4</b>	<b>133,9</b>	<b>123,8</b>	<b>76,2</b>	<b>131,7</b>	<b>111,4</b>

Distintas letras indican diferencias significativas dentro de cada localidad según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

En Cadrete se rompió muy pronto el papel Saikraft que fue levantado por el viento y causó un bajo rendimiento. En Almudévar se produjo una fuerte tormenta de granizo 32 días después de plantar que dañó sensiblemente el cultivo y, aunque se recuperó, su rendimiento fue inferior al de las otras localidades.

Si bien, las tendencias variaron entre localidades, el promedio del rendimiento del tomate en los acolchados plásticos biodegradables y en los papeles fue aceptable, dando una producción del 90% o superior, en comparación con el obtenido por el polietileno (tabla 2). En el acolchado con Mater-Bi la producción relativa fue equivalente a la del polietileno, en concordancia con los resultados de otros trabajos previos (Martín-Closas, *et al.*, 2003). Destaca también el elevado rendimiento obtenido en el tratamiento

de control manual de las malas hierbas demostrando el fuerte impacto de éstas sobre el rendimiento del tomate (39% menos producción media). El acolchado con paja de cebada fue el tratamiento que dio peores resultados.

Todos los materiales cubrieron suficientemente el periodo crítico de competencia de malas hierbas. A título de ejemplo, en la figura 1 se presenta la secuencia de la degradación del Biofilm a diferentes días desde el trasplante del cultivo, tanto en la superficie como en la parte enterrada. La primera columna corresponde a la degradación del material que no ha tenido planta durante el periodo considerado. La segunda corresponde a la degradación del material que ha tenido planta durante 35 días. La tercera, la que ha tenido planta durante 98 días y la cuarta corresponde al momento de la cosecha. Finalmente, a

los 250 días del trasplante se observó la degradación tanto en la parte superficial como en la parte enterrada del material, donde no se observan restos del mismo.

## Resultados en La Rioja en 2007

En la tabla 3 se presentan los controles de malas hierbas y la eficacia de los diferentes tratamientos calculada según el Índice de Abbot. Se observa que todos los acolchados han controlado la emergencia de malas hierbas. En el caso de la paja y, a diferencia del año anterior, no se produjo germinación de semillas de cebada.

**Tabla 3.** Malas hierbas por  $m^2$  ( $Mh/m^2$ ), en los diferentes tratamientos y eficacia calculada (Í. Abbot) en el control realizado 90 días después del trasplante

Tratamiento	13/08/2007	
	Mh/m <sup>2</sup>	Í. Abbot
Testigo enherbado	19	0
Escarda manual	5	75
Polietileno	0	99
Mater-Bi	3	88
Biofilm	1	96
Paja cebada	12	30
Saikraft	2	89
Mimcord	2	88

En la tabla 4 se presentan los resultados de cosecha comercial y, en la figura 2, los de cosecha total de frutos según los diferentes tratamientos.

**Tabla 4.** Producción comercial de tomate var. Perfect Peel (t/ha) en los diferentes tratamientos de acolchado del suelo

Tratamientos	P. Comercial t/ha
Polietileno	106,2 a
Paja cebada	103,1 ab
Escarda manual	101,9 ab
Mimcord	98,5 ab
Mater-Bi	95,0 ab
Saikraft	92,8 bc
Biofilm	91,1 bc
Testigo enherbado	81,8 c

Cifras seguidas por las mismas letras no difieren significativamente según un test de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).



Plantación de tomate sobre acolchado.

**Tabla 5.** Cuadro de costes de algunos materiales utilizados en los ensayos de 2006 y 2007

Tipo de acolchado	€/kg*	g/m <sup>2</sup>	€/ha**	%	Comentarios
Polietileno negro 15 µ	1,85	16,4	202	100	Añadir costes de retirada
Enviroplast (oxobiodegradable) 15 µ	2,6	17,1	296	146	No se degrada en el suelo
Papel reciclado Saikraft 125 µ	0,38	125	316	157	Material muy pesado
Mater-Bi (biodegradable) 15 µ	4,75	22,3	706	350	Buena instalación
Biofilm (biodegradable) 17 µ	5,8	21	818	404	Buena instalación
Papel negro Mimcord 135 µ	1,5	90,3	903	446	Buena instalación

\* Precios obtenidos en julio de 2007. No incluye colocación.

\*\* Cobertura de 2/3 del área de campo (1,50 m entre filas; 1,20 m material).

Fuente: A. Cirujeda (datos del proyecto no publicados).

En general, las producciones han sido buenas; en el testigo enherbado la producción se redujo casi un 20% debido a la competencia de las malas hierbas. El testigo desherbado alcanzó una producción muy elevada pero con una cantidad considerable de frutos verdes, lo que indica un retraso en la maduración respecto a los tratamientos acolchados. Un comportamiento similar se observó en la parcela acolchada con papel Mimcord (PM).

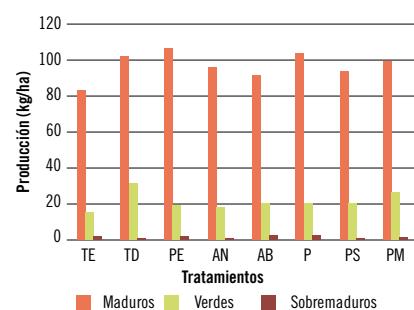
## Aspectos económicos

En cuanto a los costes, en la tabla 5 se presentan los precios de algunos materiales en el año 2007. Todos los materiales utilizados son más caros que el polietileno y, en el caso de los biodegradables Mater-Bi, Biofilm y del papel Mimcord, su precio es de tres a cuatro veces mayor.

Como ya se ha indicado, la diferencia de precios con el polietileno se puede reducir si se produce un progresivo aumento de los precios del petróleo y aumenta la demanda de estos materiales, lo que permitirá reducir los costes de su fabricación. También hay que considerar los costes medioambientales que se contemplan en legislaciones cada vez más restrictivas; por ejemplo, la próxima prohibición del uso de bolsas de polietileno en 2010 y que puede ayudar al desarrollo de estos nuevos materiales para su uso en agricultura.

## Conclusiones

A pesar de las diferencias de los ensayos en composición y densidad florística, todos los materiales de acolchado han obtenido una eficacia y un control de malas hierbas aceptables. Los diferentes materiales biodegradables y el

**Figura 2.** Producción de tomate var. Perfect Peel (t/ha) para los diferentes tratamientos.

Tratamientos: Polietileno: PE; Biofilm: AB; Mater-Bi: AN; papel Mimcord: PM; testigo desherbado manual: TD; testigo enherbado: TE; papel Saikraft: PS; paja cebada: P.

papel negro han sido los tratamientos más productivos y que mejor han controlado la flora arvense, junto al polietileno. El acolchado de paja ha dado resultados menos satisfactorios en algunos ensayos. En cuanto a la producción de tomate, la mayoría de tratamientos han obtenido rendimientos parecidos o ligeramente inferiores al obtenido en polietileno. Se concluye que existen alternativas técnicamente viables para sustituir el acolchado con polietileno en el cultivo de tomate de industria. No obstante, el elevado coste de la mayoría de estos materiales es el principal factor limitante para su adopción.

## Agradecimientos

El presente trabajo se ha financiado gracias al Proyecto INIA RTA2005-00189-C05, en el que participan las siguientes personas: A. Cirujeda, J. Aíbar, C. Zaragoza y A. Anzalone (Unidad de Sanidad Vegetal, CITA. Zaragoza); M. Gutiérrez y S. Fernández-Cavada (Departamento de Agricultura y Alimentación. DGA. Zaragoza); A. Pardo y M. L. Suso (CIDA. La Rioja); A. Royo, L. Martín y R. Meco (Departament d'Hortofructicultura, Botànica i Jardineria. Lleida), M. M. Moreno y A. Moreno (Centro Agrario "El Chaparrillo". S.I.A. Ciudad Real); I. Lahoz y J. I. Macua (Finca Experimental del Gobierno de Navarra (ITGA). Cadreita).

A las empresas que han cedido los materiales de acolchado: Novamont, Mimcord, Barbier, Gemplast y Saica.