

# El papel como alternativa sostenible al acolchado agrícola

Inmaculada Lahoz García, Amaya Uribarri Anacabe y Luis Orcaray Echeverría. *INTIA.*

## Resultados del Proyecto MULCH 360

Ante el problema medioambiental que crea la generación de residuos plásticos en agricultura, el proyecto navarro **MULCH360** ha investigado la sustitución del plástico para acolchado agrícola por papel biodegradable.

Un consorcio formado por la sociedad pública **INTIA**, que aúna la investigación aplicada con la transferencia tecnológica agraria, y **Smurfit Kappa Navarra**, empresa líder en el desarrollo de papel de aplicación en múltiples sectores, ha llevado adelante durante dos años este interesante proyecto que ha utilizado y puesto a punto como acolchado para cultivos agrícolas papel biodegradable de fibras largas especialmente desarrollado para ese fin. Se trata de un Proyecto de I+D de transferencia tecnológica, financiado por el Gobierno de Navarra dentro de la convocatoria 2018, que se inició en febrero de ese año y finalizó en diciembre de 2019.

Para su ejecución, Smurfit Kappa Navarra aportó su conocimiento sobre la investigación industrial, su laboratorio de experimentación con papel y la fabricación de papel con la última tecnología disponible, e INTIA aportó su conocimiento en experimentación agraria, así como sus fincas e instalaciones agrícolas para testar los acolchados de papel en campo, tanto al aire libre como en invernadero. En este artículo presentan los resultados obtenidos.



Dentro del sector agrícola y concretamente en horticultura, tanto al aire libre como en invernadero, el uso de acolchados plásticos (principalmente polietileno) está ampliamente extendido. Las principales ventajas del uso de acolchados son el aumento de la temperatura del suelo, con el consiguiente aumento de la precocidad, el control de malas hierbas y la reducción del consumo de agua.

El acolchado plástico, tras su uso, genera un residuo que hay que gestionar. **En 2018 en Navarra se generaron 2.738 toneladas de residuos plásticos de uso agrario, de las cuales 1.505 toneladas correspondieron a plástico para acolchado exterior e interior (Gráfico 1).** Del total de residuos plásticos generados en agricultura sólo el 50% (1.360 t) fue recogido por un gestor de residuos, y de lo recogido un 14% se recicló. El porcentaje de valorización o reciclaje de plásticos de uso agrícola respecto a su generación fue sólo de un 7% (datos Agropecuarios-Inventario 2018, Gobierno de Navarra). En el caso concreto de los acolchados, la principal causa por la que no se reciclan es que las plantas de reciclado no admiten plásticos con más de un 5% de impurezas, mientras que los plásticos provenientes el sector agrícola contienen generalmente más de un 60%, por lo que la mayor parte acaba siendo un vertido generando un problema medioambiental.

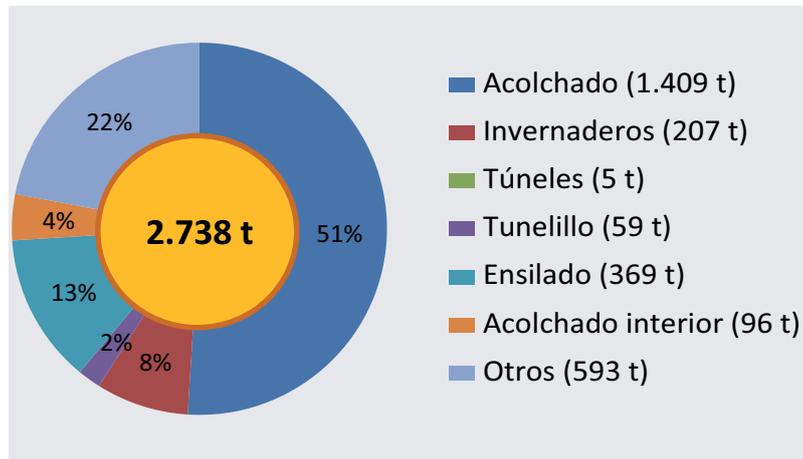
Los acolchados con materiales biodegradables buscan dar solución a la problemática de fondo que conlleva el uso de acolchado de plástico: si no se genera el residuo, no se genera el problema. Se pretende así acabar con un problema de residuos y contaminación potencial de los suelos, aire y agua.

En la búsqueda de nuevas alternativas al uso de plástico, el proyecto MULCH360 ha investigado la sustitución del plástico para acolchado agrícola por papel biodegradable de fibras largas. Es un proyecto perteneciente a la convocatoria de "Proyectos de I+D convocatoria 2018. Proyectos en Transferencia del Conocimiento" financiado por el Gobierno de Navarra. Se inició en febrero de 2018 y finalizó en diciembre de 2019.

Para ejecutarlo, se estableció un consorcio entre **Smurfit Kappa Navarra**, empresa líder en el desarrollo de papel de aplicación en múltiples sectores, e INTIA. Se abordó como un proyecto de transferencia tecnológica en el que Smurfit Kappa Navarra ha aportado su conocimiento sobre la investigación industrial, su laboratorio de experimentación con papel y la fabricación de papel con la última tecnología disponible, e INTIA aportó su conocimiento en experimentación agrícola, así como instalaciones agrícolas para testar los acolchados de papel en campo y en invernadero.

El objetivo general del proyecto ha sido llevar a cabo una investigación industrial para obtener un nuevo tipo de papel, aplicando nuevas soluciones tecnológicas, que permita su uso como acolchado agrícola, con el fin de sustituir los acolchados plásticos actuales por un acolchado biodegradable.

Gráfico 1. Residuos plásticos de uso agrícola generados en Navarra en 2018 (Agropecuarios- Inventario 2018, Gobierno de Navarra).



Dentro de la actividad se estudió la capacidad de diferentes papeles de acolchado biodegradables sobre parámetros de crecimiento y producción en cultivos al aire libre de tomate de industria y pimiento, en cultivos de hoja en invernadero en situación de acolchado total del suelo, y en cultivos de fruto en invernadero en situación de acolchado de la línea de cultivo, durante dos campañas.

En este artículo se presenta un resumen de la investigación realizada por INTIA sobre el comportamiento en campo de los nuevos papeles biodegradables desarrollados por Smurfit Kappa Navarra para ese fin.



## CULTIVOS AL AIRE LIBRE



Los ensayos de cultivos al aire libre se realizaron en la finca experimental que INTIA gestiona en Cadreita (Navarra). En los cultivos de tomate para transformación industrial y pimiento se han ensayado como acolchados siete materiales de papel suministrados por Smurfit Kappa, de diferente color (marrón y negro), espesor (70 y 90 gramos/m<sup>2</sup>) y de 120 cm de anchura, junto con dos testigos plásticos: polietileno (PE) y un biopolímero comercial (Mater-Bi®), de color negro, 60 galgas de espesor y 120 cm de anchura.

La colocación de los acolchados se realizó de forma mecánica con máquina acolchadora el 16 de mayo.

La **plantación del tomate**, cultivar AF-1120 (Seminis), y **del pimiento del Piquillo** selección Sincap se realizó el 31 de mayo, a una densidad de plantación de 35.714 y 31.250 plantas por hectárea, respectivamente. Se utilizó un sistema de riego por goteo y se diferenció la cantidad de agua aportada entre plásticos y papeles, ya que la mayor transpiración a través de los papeles hace que las necesidades hídricas del cultivo sean superiores.

La aparición de grietas transversales en los papeles, así como el corte del papel en la zona de contacto de la parte aérea con la enterrada (en algunas ocasiones debido a una degradación muy rápida en la parte enterrada), unidos a las fuertes rachas de viento registradas al principio del cultivo (fase en la que las plantas están pequeñas y no cubren el acolchado), provocaron el levantamiento y consiguiente eliminación de algunos papeles (Imagen 1). Por ello, en este artículo sólo se presentan los resultados obtenidos con el papel AgroPaper® SXBlack (S) en sus dos versiones, cara negra y cara marrón hacia el exterior, que es el que más tiempo permaneció en campo durante el ciclo de los cultivos de tomate de industria y pimiento, y en los testigos (PE y plástico biodegradable).



Imagen 1. Estado de los materiales de acolchado a fecha 12 de junio (27 días después de la colocación en campo)

Durante el ciclo de cultivo, en los diferentes materiales de acolchado, se controló el desarrollo de las plantas, la presencia de malas hierbas, la temperatura del suelo bajo el acolchado (a 5 cm de profundidad, del 12 de junio al 2 de septiembre) y la evolución de su degradación, tanto en la parte aérea del acolchado como en la parte enterrada.

La **recolección** en tomate para procesado industrial se efectuó el 9 de septiembre, 101 días tras la plantación. Se controló la producción comercial y total, el peso medio del fruto y los principales parámetros de calidad industrial: pH, °Brix e intensidad de color rojo (análisis efectuados en el laboratorio CNTA de San Adrián).

En pimiento, la recolección fue escalonada, en tres pases (18 de septiembre, 1 de octubre y 22 de octubre), controlando en cada uno de ellos la producción total, comercial, no comercial (fruto de destrío, asoleado y lacio), y el peso medio del fruto y sus características (datos que no presentamos en este informe).

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS AL AIRE LIBRE

La colocación de los acolchados de papel se realizó con la máquina acolchadora de un cuerpo que dispone INTIA (Imagen 2). Fue necesario ajustar la velocidad del tractor, reduciéndola incluso hasta la mitad en comparación a la velocidad de colocación de los acolchados plásticos (PE y Mater-Bi®), y la presión de las ruedas, para que no se rompiesen. Con estos ajustes los papeles se colocaron adecuadamente.



Imagen 2. Colocación de un acolchado de papel marrón y negro



Imagen 3. Presencia de juncia en acolchado de plástico y ausencia de malas hierbas en acolchados de papel (marrón y negro) en las zonas sin cultivo en el ensayo de tomate 105 días después del acolchado

Respecto al efecto de **control de malas hierbas**, no se ha detectado presencia de malas hierbas en los acolchados de papel. Sólo han aparecido hierbas en los agujeros de plantación y en las zonas donde el papel se había roto o ya no quedaba. La juncia no fue capaz de atravesar los papeles, pero si los testigos plásticos que han sido perforados por esta hierba (Imagen 3).

En el papel marrón, algunas malas hierbas han sido capaces de crecer por debajo levantándolo ligeramente, pero no de atravesarlo. Los plásticos, al igual que los papeles, controlaron perfectamente el resto de malas hierbas.

En cuanto al efecto del acolchado en la temperatura del suelo, en los dos cultivos se observa claramente que las temperaturas máximas, medias y mínimas alcanzaron los mayores valores bajo el acolchado de PE, seguido por Mater-Bi®, AgroPaper®SX-Black (S), los tres de color negro, y AgroPaper®SXBlack (S), de color marrón, debido a las diferentes propiedades y características que presentan cada uno de ellos frente a la radiación solar, siendo el papel marrón el que más refleja esta radiación; y por tanto, las temperaturas alcanzadas son menores. Además, en pimiento las temperaturas máximas y medias fueron superiores a las del tomate, debido a su porte erecto que hace más fácil que la radiación solar incida en el acolchado. En el caso de las mínimas fueron muy similares (Tabla 1).

Respecto al efecto del material de acolchado en los resultados de producción, no se ha observado una influencia significativa en ninguno de los dos cultivos (Tablas 2 y 3).

En tomate de industria, la mayor producción comercial ha correspondido al acolchado con el papel AgroPaper® SXBlack (S) marrón (76,17 t/ha), seguida por el testigo de Mater-Bi® (75,03 t/ha)

Tabla 1. Temperaturas máximas, medias y mínimas (°C) registradas bajo los acolchados en los cultivos de tomate y pimiento al aire libre

Temperaturas (°C)		PE	Mater-Bi®	SXBlack(S) negro	SXBlack(S) marrón
Tª máxima	Pimiento	39,7	37,3	34	29,9
	Tomate	35,6	33,6	31,7	27,5
Tª media	Pimiento	28,9	27,7	25	22,7
	Tomate	26,7	25,8	24,2	21,9
Tª mínima	Pimiento	20	19,2	17,3	16,1
	Tomate	19,8	19,1	17,1	16,3

Tabla 2. Resultados de producción y calidad industrial en tomate

Material de acolchado	Prod. comercial		Fruto verde (%)	Sobremaduro (%)	Peso (g) fruto	pH	°Brix	Color (a/b)
	%	t/ha						
PE	82,37	72,27	10,16a	5,23ab	50,5	4,09	5,36a	2,63
Mater-Bi®	81,83	75,03	10,23a	6,42b	50,3	4,13	5,39a	2,54
SXBlack (S) negro	81,99	73,58	13,09ab	2,96a	50,6	4,14	4,22b	2,54
SXBlack (S) marrón	80,4	76,17	15,02b	3,55a	54	4,14	4,51b	2,61
Nivel de significación	ns	ns	*	**	ns	ns	**	ns

En cada columna, letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey. ns: sin diferencias significativas según test de Tukey (p<0.05)

Tabla 3. Resultados de producción en pimiento en función del material de acolchado

Acolchado	Producción comercial			Producción no comercial (%)			Peso fruto (g)
	t/ha precoz	t/ha total	%	Destrió	Asoleado	Lacio	
PE	9	27	74,5	9,0a	7,6	8,9	49,8
Mater-Bi®	9,6	31,1	78,2	10,2ab	4,8	6,8	52,4
SXBlack (S) negro	12,2	29	77,5	14,0b	1,5	7	49,3
SXBlack (S) marrón	7,9	30,2	78,7	11,9ab	3,7	5,7	50,9
Nivel de significación	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns

En cada columna, letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey. ns: sin diferencias significativas según test de Tukey (p<0.05)

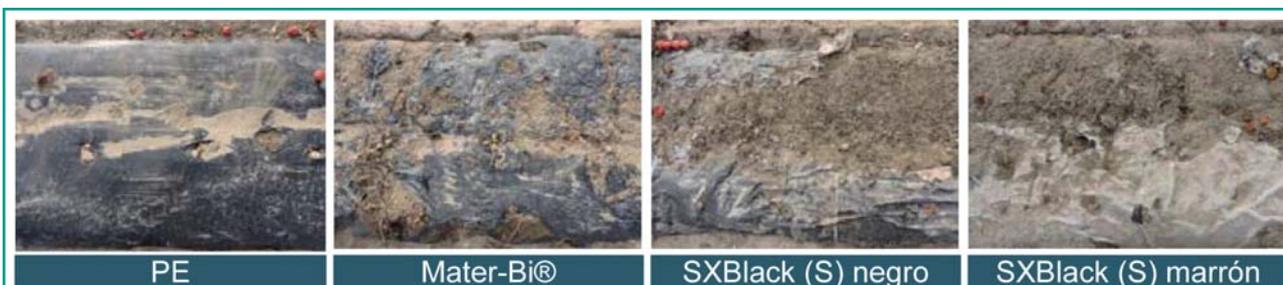


Imagen 4. Estado de los acolchados en la parte aérea una vez eliminadas las plantas de forma manual (125 días después de la colocación del acolchado) en tomate de industria



Imagen 5. Estado de los acolchados en la parte enterrada en tomate de industria a fecha 18 de septiembre (125 días después de la colocación del acolchado)

y la menor al testigo de polietileno (PE), aunque estas diferencias no llegan a ser estadísticamente significativas (Tabla 2). La mayor proporción de fruto verde y la menor de fruto pasado o sobremaduro han correspondido a los acolchados de papel, lo que indica un ligero adelanto de la maduración del fruto de tomate en los testigos plásticos (Tabla 2).

En **calidad industrial** solo se han observado diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes acolchados en el contenido en sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix), mayor en los acolchados plásticos que en los papeles, pero no en el resto de las características analizadas (Tabla 2).

En pimiento tampoco se han observado diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes acolchados estudiados en producción comercial, correspondiendo la mayor producción al acolchado plástico Mater-Bi®, 31,1 t/ha, y la menor al testigo PE con 27 t/ha, ni en el peso medio del fruto (Tabla 3).

Respecto a la degradación de los materiales, cabe señalar que una vez efectuada la recolección en la parte aérea los papeles han desaparecido en gran parte. Por el contrario, el acolchado de PE sigue intacto y el de Mater-Bi® aunque está bastante intacto ha perdido consistencia y hay zonas donde ha desaparecido (Imagen 4).

En la parte enterrada de los papeles, al final del ciclo de cultivo su degradación es muy evidente y prácticamente no queda nada en el campo. Además, la degradación es similar en tomate y en pimiento. Las diferencias entre papeles han sido pequeñas y todos se han degradado perfectamente (Imagen 5).

En comparación con el testigo Mater-Bi®, la degradación en los papeles es muy superior, no sólo en el nivel de degradación,

sino también en la velocidad de degradación ya que, mientras **la degradación en la parte enterrada de los papeles es ya evidente a los pocos días de la colocación**, en el plástico biodegradable no se alcanza el nivel de degradación de los papeles ni al final del ciclo de los cultivos (Imagen 5).

Los materiales de acolchado, excepto el PE que se retiró, se picaron y enterraron en diciembre, y la desaparición de los mismos visualmente es total, ya no quedan restos de papel o plástico biodegradable en la parcela de ensayos.

## CONCLUSIONES DEL ACOLCHADO AL AIRE LIBRE

En resumen, **los acolchados de papel presentan buenas propiedades en lo que respecta a control de malas hierbas, degradación y efecto sobre la producción de los cultivos de tomate de industria y pimiento al aire libre, siempre que se mantengan en campo hasta que se complete el ciclo de cultivo**, ya que no todos lo logran, de ahí la necesidad de elegir uno de calidad especial para el acolchado.

Los principales problemas observados en los acolchados de papel es la aparición de grietas transversales y la degradación demasiado temprana de la parte enterrada, que pueden provocar el levantamiento del papel con el viento, dejando zonas enteras de cultivo sin acolchado. Este hecho puede ser más grave en el cultivo del pimiento que en el tomate de industria, debido a su porte erecto, y que tarda mucho más tiempo en cubrir la zona de acolchado.



●●● acolchados ●●●

## CULTIVOS EN INVERNADERO

### A./ CULTIVOS DE HOJA (LECHUGA) CON ACOLCHADO TOTAL DEL SUELO

El estudio se realizó en la finca de demostración que INTIA gestiona en Sartaguda, la primera plantación en un túnel-invernadero con cobertura de film Luminance THB de 800 galgas de espesor y las otras 3 siguientes plantaciones en un invernadero con cobertura de film Celloflex 4TT de 800 galgas de espesor.

El marco de plantación fue de 28x28 cm dando una densidad de 12 plantas/m<sup>2</sup> y utilizando distintas variedades según la época de cultivo: Madie (RZ) en la plantación 1 e Idoia (Enza Zaden) en plantaciones 2, 3 y 4.

El sistema de riego utilizado fue de microaspersión.

Se ensayaron 8 materiales suministrados por la empresa Smurfit Kappa: de color negro y marrón (natural), de gramajes entre 45 y 60 y con distintos tratamientos, en el siguiente calendario de plantaciones:

Variante	Plantación	Fin cultivo
P1	15-octubre-2018	03-enero-2019
P2	01-febrero-2019	01-abril-2019
P3	08-mayo-2019	19-junio-2019
P4	18-julio-2019	23-agosto-2019

### B./ CULTIVOS DE FRUTO: ACOLCHADO DE LA LÍNEA DE CULTIVO

El estudio se ha realizado en las mismas instalaciones que los de lechuga, siendo Plenarosa F1 (Vilmorin) la variedad cultivada. El marco de plantación del cultivo fue 1,9 x 0,3 m. El riego utilizado ha sido de goteo y se ha utilizado la microaspersión, como sistema de aporte de humedad ambiental. El cultivo se plantó el 30 de abril de 2019 efectuándose la recolección escalonada durante los meses de julio, agosto y septiembre.

Se ensayaron los 8 materiales suministrados por la empresa Smurfit Kappa: de color negro y marrón (natural), de gramajes entre 40 y 70 y con distintos tratamientos.

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN INVERNADERO

### A./ Cultivos de hoja (lechuga) con acolchado total del suelo.

En todas las plantaciones, la colocación de los acolchados se realizó manualmente, tal y como se efectúa en los invernaderos y todos los materiales resultaron fáciles de manejar y colocar. Sin embargo carecían de troquelado y por lo tanto se realizó manualmente.

Respecto a las temperaturas del suelo, se consideró únicamente el periodo en el que el cultivo no cubre la totalidad del suelo, ya que a partir de ese momento, la influencia del tipo

de acolchado sobre la temperatura del suelo, es considerablemente menor.

**En todas las épocas, el polietileno mantiene una temperatura de suelo más alta que los acolchados de papel.** En las plantaciones de invierno se produjo una pequeña diferencia de temperatura a favor de los papeles de color negro respecto a los marrones. En las plantaciones de mayo y julio, la mayor temperatura que el polietileno negro aporta al suelo, puede llegar a ser perjudicial para el sistema radicular del cultivo, por lo que las temperaturas que confieren al suelo los papeles de color natural parecen más acordes con las necesidades del cultivo, en estas fechas. La mayor temperatura que confieren los papeles negros al suelo, lo mantienen 5 - 7 grados por debajo del polietileno negro, en las situaciones más extremas.

**El enraizamiento se produjo de manera adecuada, en todas las situaciones.** En cuanto al desarrollo de las plantas hay que señalar que, en la plantación de octubre, si bien se observó un ligero retraso en el desarrollo del cultivo realizado sobre todos los acolchados marrones respecto al cultivado sobre papel negro, este retraso no pudo ser refrendado en el control de peso y número de hojas realizado al finalizar dicho mes. Esta diferencia de crecimiento fue ya visualmente imperceptible para el final del cultivo. Esta situación no se produjo en ninguna de las otras plantaciones ya que en todas ellas el ritmo desarrollo del cultivo fue visualmente homogéneo y quedó reflejado en los distintos controles que se realizaron al efecto.

Igualmente, **el peso de las lechugas de los ensayos no presentó diferencias significativas entre los distintos acolchados a la finalización de las cuatro plantaciones.**

En general, todos los materiales se han comportado adecuadamente **en cuanto a impedir el desarrollo de la flora adventicia.** Cabe señalar que, en las plantaciones de mayo y febrero, bajo el papel marrón sí ha habido desarrollo de las mismas, pero sólo en este último caso ha adquirido el volumen suficiente para abombar el acolchado y romperlo en algún punto más débil por mayor humedad. En la plantación de verano se ha observado el papel debilitante que sobre el desarrollo de la juncia ha ofrecido el papel negro.



*Por la evaporación/condensación del agua que se produce en los invernaderos, todos los papeles marrones aparecen mojados por la mañana. Esta humedad se va secando en las zonas libres de cultivo, pero el cultivo permanece húmedo durante prácticamente todo el día.*

**Tras la plantación y por efecto del riego que se efectúa posteriormente, se observa que todos los papeles se contraen de manera importante, entre un 1,5 y 2% longitudinal y un 4% transversal.** Asimismo, y en todos los cultivos ha habido dos hechos reseñables respecto al binomio papel/humedad:

- **Todas las mañanas, debido a los ciclos de evaporación/condensación del agua que se produce en los invernaderos, se observa que todos los papeles marrones aparecen mojados.** Esta humedad se va perdiendo a medida que va avanzando la jornada en las zonas libres de cultivo, pero permanece húmeda, bajo el mismo, durante prácticamente todo el día.
- **Tras los riegos, los papeles naturales mantienen la humedad más de 7 días, los negros están sin embargo secos.**

Toda esta situación de humedad descrita no conlleva, sin embargo, un incremento en el número de plantas afectadas por botritis / esclerotinia durante las plantaciones de octubre y febrero. En cambio en la de mayo y en la de julio, sí que se observa una pérdida de valor comercial del cultivo por pudriciones en las hojas basales de los acolchados marrones y negros de menor gramaje, acrecentado en la de julio por las altas temperaturas de la época.

**Los materiales de color marrón, por su distinta capacidad de humectación, se degradan en todas las plantaciones a mayor velocidad y grado que los de color negro y, entre estos, lo hacen en mayor medida los de menor gramaje con respecto a los más gruesos.**



*Los materiales de color negro (papel y PE) impiden el desarrollo de hierbas bajo ellos. En el papel marrón de menor gramaje, en el primer mes las hierbas van levantando el acolchado y comienzan a romperlo. Los marrones de mayor gramaje resisten más.*



*Todos los materiales han respondido adecuadamente al laboreo de picado y enterrado. Pasados 30 días, apenas quedan restos visibles de papel que desaparecen definitivamente con el laboreo del siguiente cultivo.*

Además y por efecto añadido de la temperatura ambiental y de la duración del cultivo, en las plantaciones de octubre, mayo y julio, la **degradación en el momento de la recolección** era casi total en los de color marrón y un poco en menor grado en los de color negro. A todo ello hay que sumar que el propio hecho de la recolección los rompa o deshaga en mayor medida.

**Estos restos de papel degradado se adhieren al producto que se está recolectando y dificulta la labor de preparación del mismo para su envasado y por lo tanto tiene su influencia en la calidad comercial de la lechuga recolectada**, ya que el papel húmedo bajo cada una de las lechugas, favorece la pudrición de las hojas basales y deprecia comercialmente el producto.

La plantación de febrero casi no se ha visto afectada ya que el grado de degradación de los papeles tanto marrones como negros ha sido menor.

Las labores de picado y enterrado en el suelo de los acolchados se han realizado el mismo día en que se ha levantado cada uno de los cultivos y todos los materiales han respondido adecuadamente al laboreo de picado y enterrado. Pasados 30 días, se ha realizado un control sobre los restos de papel visibles en los 20 primeros cm de profundidad sin que se puedan observar restos de papel de ninguna de las variantes, o lo son de tan escasa entidad que pueden considerarse inexistentes. En superficie sí que se observan pequeños restos que quedaron

en el momento de la labor. Estos restos, al perder humedad son difíciles de visualizar y quedarán con seguridad enterrados en el laboreo que se realice para el siguiente cultivo.

## B./ Acolchado en línea para cultivos de fruto (tomate)

La colocación de los acolchados se realizó manualmente, tal y como se efectúa en los invernaderos, y todos los materiales resultaron fáciles de manejar y colocar. Sin embargo carecían de troquelado y por lo tanto se realizó manualmente.

Al utilizarse acolchado de pequeña anchura, **la contracción que tiene mayor repercusión en el ensayo es la longitudinal**, que varía, entre el 1,5 y el 2%, según los materiales. No es de gran entidad, pero provoca puntos de debilidad y ruptura ya desde el riego de plantación.

Tanto durante el enraizamiento como con posterioridad, las temperaturas del suelo registradas bajo los distintos acolchados fueron adecuadas para el desarrollo del cultivo. En el periodo en el que el cultivo no cubre la totalidad de la superficie, se observó que el polietileno presenta una cierta tendencia a mantener el suelo 1º por encima de los demás acolchados pero una vez que el cultivo va ocupando todo el acolchado y sombreándolo con su crecimiento, la influencia directa del tipo de acolchado sobre la temperatura del suelo es paulatinamente menor.

El **crecimiento del cultivo** en todas las variantes de acolchado con papel, se desarrolló con normalidad y sin diferencias significativas atribuibles a uno u otro material.

Respecto al **desarrollo de la flora adventicia**, es reseñable que a lo largo del cultivo, en las zonas de pasillo y debido a los riegos de aspersión efectuados para ayuda en el control de temperatura y humedad relativa del invernadero, se observó el desarrollo de *Portulaca oleracea* y *Cyperus rotundus* (Juncia)

*La estrechez del acolchado en línea puede provocar puntos de debilidad y ruptura en el papel desde el riego de la plantación.*



principalmente. En el papel marrón de menor gramaje, en el primer mes las hierbas van levantando el acolchado y comienzan a romperlo, estando a final de cultivo, totalmente inservible. A los marrones de mayor gramaje no llegan a levantarlo totalmente, aunque finalizan el cultivo también rotos por el desarrollo de las mismas. Los materiales de color negro (papel y PE) impiden el desarrollo de hierbas bajo ellos.

Además de la contracción y puntos de ruptura producidos por los riegos de plantación, a lo largo del cultivo, se aprecia un efecto de mojado en la zona en contacto con la manguera de goteo, que contribuye de manera apreciable a su **degradación de los acolchados**. La acción de rotura que ejercen las hierbas en los de color marrón, contribuye igualmente a su desgaste. Para los de color negro, la valoración de la degradación externa al finalizar el cultivo, recibe según menor o mayor gramaje, unos valores entre 4 y 5, en una valoración de 1 a 9 de más a menos degradado.

Las labores de **picado y enterrado** en el suelo de los acolchados se han realizado un día después de levantado el cultivo y con suelo húmedo. Todos los materiales han respondido adecuadamente a las labores de picado y enterrado de los mismos, aunque al ser tiras estrechas han presentado alguna dificultad en ser picadas y se han enterrado por ello en trozos de mayor tamaño. En control realizado a los 30 días, se han podido apreciar algunos pequeños trozos en todas las variantes.

*Putridiones en las hojas basales de los acolchados marrones y negros de menor gramaje*



La cantidad observada es pequeña en relación al papel enterrado. Quedan visibles aquellos trozos que quedaron sobre la superficie tras la labor.

## CONCLUSIONES DEL ACOLCHADO DE PAPEL EN INVERNADERO

La **colocación manual del papel como acolchado tal y como se realiza habitualmente en los invernaderos de Navarra, no supone ninguna dificultad añadida respecto al manejo del PE**. Sí lo ha supuesto la falta de troquelado de los mismos.

Otro aspecto importante es el de la **contracción de los papeles utilizados**. Si el porcentaje de contracción se mantiene en largos comerciales (100 m), este aspecto será de gran importancia ya que si no se realiza la plantación sobre un papel previamente mojado, la misma puede quedar seriamente comprometida.

Respecto al efecto de la temperatura del suelo en los acolchados totales, todos los papeles se comportan de manera

# soluciones integrales para campo

Le ayudamos a producir más,  
con la mayor calidad,  
el menor coste y el menor  
impacto medioambiental.

[suez-agriculture.com](http://suez-agriculture.com)



suez

favorable para el cultivo, sin que se observe ninguna diferencia significativa en el desarrollo del cultivo, ni por gramajes ni por colores, respecto al polietileno negro.

**Mientras el cultivo no cubre la totalidad del suelo, en plantaciones realizadas en momentos de temperaturas más bajas (15 octubre a febrero), resulta más aconsejable la utilización de materiales que aporten más temperatura, es decir, papeles de color negro.**

En las plantaciones de mayo, junio y julio, periodo de altas temperaturas, el papel negro mantiene el suelo del invernadero en un rango más adecuado que el polietileno negro (de 5 a 7°C por debajo), pero el papel marrón lo mantiene incluso 1 grado por debajo del papel negro.

Sin embargo, estas diferencias no han tenido ninguna consecuencia relevante en el enraizamiento del cultivo, ni en su desarrollo, ni en la duración del mismo.

En el caso de los acolchados en línea, las temperaturas de suelo que se registran bajo los papeles son también más bajas que las registradas bajo el testigo polietileno negro, con al menos una diferencia constante de 1 grado centígrado. Esta diferencia se mantiene tanto para papeles negros como para marrones, posiblemente debido a la escasa anchura de la franja acolchada.

Esta diferencia continua, en épocas de altas temperaturas (cultivo de plantación en el mes de junio) podría ser un factor favorable al **enraizamiento del cultivo**. Sin embargo, en una situación de plantación temprana –marzo- con temperatura de suelo más limitante, podría suponer un cierto retraso en el enraizamiento del cultivo.

**En el presente ensayo no se han observado diferencias de enraizamiento, ni de desarrollo entre los distintos acolchados, ni con referencia al polietileno negro.**

Para acolchados totales, en cultivos de invierno y verano, todos los papeles ensayados han impedido el desarrollo de la

**flora adventicia.** En verano, cabe destacar que los de color negro además de no ser traspasados por juncia, han mostrado un efecto debilitante de la misma al impedir en gran medida el paso de la luz y dificultar de manera importante su desarrollo.

Sin embargo, en plantaciones de primavera (febrero – mayo), el papel negro impide el desarrollo de hierbas de manera clara, no siendo en esta época tan definitivo el comportamiento del papel marrón, bajo el que se han desarrollado las hierbas hasta llegar a levantar los acolchados de menor gramaje.

Por otra parte, **en acolchados en línea, ninguno de los materiales de color marrón utilizados, han sido capaces de controlar el desarrollo de la flora adventicia. Este aspecto ha sido adecuadamente realizado por los papeles de color negro al igual que el polietileno.**

Por lo tanto, en este aspecto, los papeles de color negro, han ofrecido un resultado claramente favorable.

**En los acolchados totales, los papeles negros, presentan los mejores resultados sanitarios para cultivo, sobre todo los de mayor gramaje.** Los de color marrón por su parte y desde el punto de vista sanitario del cultivo y de su valoración comercial, únicamente los de mayor gramaje ofrecen resultado adecuado y sólo ha resultado adecuado su uso en la plantación de febrero.

En el acolchado en línea no se ha observado afección sanitaria alguna en el cultivo de tomate.

**Todos los materiales han respondido adecuadamente a las labores de enterrado y picado** realizadas tras la recolección del cultivo y en el control realizado a los 30 días de estas labores, no se observan en los 20 primeros cm de profundidad más que restos de pequeña entidad en todos los casos.

Por lo que **la degradación de estos materiales se produce de manera rápida y evidente, incluso para aquellos restos que las labores realizadas dejan en superficie.** Estos pequeños trozos, al perder humedad son ya difíciles de visualizar, en ese mismo plazo.

