

Evaluación económica de acolchados biodegradables plásticos y papeles utilizados en cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.)

MARÍ AI^{1*}, PARDO G², CIRUJEDA A², MARTÍNEZ Y³

¹ Departamento de Sanidad Vegetal, Grupo de Gestión Integrada, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza, España

*aimari@aragon.es

² Departamento de Sanidad Vegetal, Laboratorio de Malherbología, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón-IA2 (CITA-Univ. de Zaragoza), Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza, España.

acirujeda@aragon.es, gpardos@aragon.es

³ Departamento de Análisis económico, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón-Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2 (Univ. de Zaragoza-CITA), Gran Vía 2-4, 50004 Zaragoza, España.

yolandam@unizar.es

Resumen: El polietileno negro es el material de acolchado más utilizado en cultivos hortícolas, pero los residuos que genera son un serio problema medioambiental. Los papeles y plásticos biodegradables de acolchado son alternativas disponibles pero el agricultor es reacio a adoptarlos principalmente por su mayor precio de mercado. El objetivo de este trabajo es evaluar la rentabilidad económica de ocho materiales biodegradables para una producción de pimiento al aire libre. La evaluación económica se basó en datos obtenidos en un estudio de cuatro años localizado en Aragón. Se contemplaron tres escenarios sobre el manejo de los residuos de PE: (i) ausencia de manejo, (ii) gestión en vertedero y (iii) reciclado completo. La inclusión de los costes del manejo de residuos y del reciclaje bajo la actual legislación española solo reduce el margen neto final en un 0,2%. A pesar del ahorro en los costes del acondicionamiento de campo, los altos precios de los materiales biodegradables no compensan el actual nivel de ayudas económicas, lo que dificulta su masiva adopción en los campos. Los resultados muestran que un incremento en los subsidios hasta un 50,1% del precio de coste de adquisición del material más caro permitiría que todos los materiales biodegradables fueran alternativas al PE económicamente viables.

Palabras clave: manejo de residuos plásticos, polietileno, margen neto, subsidios agrícolas

1. Introducción

A pesar de las muchas ventajas descritas del uso de materiales de acolchado plástico en agricultura, dos problemas principales amenazan la continuidad a corto y largo plazo del uso de estos plásticos: (i) las labores de instalación, retirada y desecho son costosas y (ii) los materiales más utilizados, el polietileno de baja intensidad (PE) y otras cubiertas a base de derivados del petróleo, implican ciertos riesgos ambientales porque no se

degradan y pueden alterar la micro fauna y disminuir la calidad y cantidad de cosecha, entre otros. En diversos estudios se ha demostrado que las producciones de cultivos creciendo sobre acolchados biodegradables de plástico y de papel son equivalentes a las obtenidas en cultivo sobre acolchado de PE. Sin embargo, el precio de mercado de éstos es mayor que el del PE lo que reduce el atractivo hacia los agricultores. Además, no hay estudios que incluyan evaluaciones económicas de todos estos acolchados. El objetivo de este trabajo es, por tanto, comparar los resultados obtenidos en un ensayo de cuatro años para producción de pimiento al aire libre con acolchados de PE, biodegradables de papel y de plástico.

2. Material y Métodos

Ensayo de campo

Los ensayos se llevaron a cabo en una finca experimental del Gobierno de Aragón localizada en Zaragoza desde mayo a octubre de 2012 a 2015. Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en bloques al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas elementales fueron mesas elevadas de 0,7 m de ancho x 20 m de largo separadas 1,5 m de centro a centro. Se instalaron 8 materiales de acolchado biodegradables (4 papeles y 4 plásticos) y el acolchado de PE. El cultivo fue pimiento tipo Lamuyo variedad ‘Viriato’ trasplantado al ‘tresbolillo’ con una separación de 0,3 m entre plantas. La cosecha se realizó en tres momentos en el mes de octubre. Los datos de los insumos, cosecha y costes operacionales fueron obtenidos de los ensayos de campo y de un productor local de pimiento con un sistema de producción similar (Marí *et al.* 2019).

El análisis estadístico de los datos se realizó con el paquete estadístico SAS (V.9.4. SAS Institute, Cary, NC, USA). La homogeneidad de la varianza y la normalidad de los datos fueron comprobadas antes de someterlos a un análisis de varianza ($P < 0,05$).

Costes

Los costes se separaron en ‘Insumos’ y ‘Operaciones’ para la incorporación o utilización de los mismos. En los insumos se contemplaron el abono, los costes de irrigación y los materiales de acolchado. En las operaciones se especificaron todas las labores preparatorias del terreno, así como la elaboración de las mesas de transplante, la instalación de los acolchados teniendo en cuenta que los papeles requieren un mayor tiempo de instalación, el transplante del cultivo, la cosecha y el acondicionamiento de la parcela. Estos valores se obtuvieron de las labores realizadas en el ensayo experimental y de la encuesta a un productor de pimiento con una gestión similar a la llevada a cabo en el experimento. En el caso del PE se propusieron tres escenarios de manejo de sus residuos. El primero y más común consiste en la retirada del plástico de acolchado de la parcela y la acumulación o enterrado o quema de los mismos. El segundo evalúa el coste de que el propietario traslade los residuos a un vertedero y el tercero añade, además, el coste de reciclaje de los residuos plásticos.

Ingresos y márgenes netos.

Para el cálculo de los ingresos se utilizó el valor del precio de mercado del pimiento 856 € t-1 (MAPAMA 2018). A pesar de que no hubo diferencias significativas en la cosecha entre materiales para cada año de ensayo, los valores utilizados fueron los correspondientes al año 2014 con producciones semejantes a las locales. Se contempló la posibilidad de acceder a un subsidio que el Gobierno de Aragón concede a los agricultores que permite percibir el 35% del coste del material de acolchado plástico biodegradable. Debido a que los acolchados de papel no se contemplan en esta legislación, se consideraron dos escenarios, uno con la aportación y otro sin esta ayuda. Finalmente, la rentabilidad económica de cada material es comparada con el margen neto, que se calcula como la diferencia entre ingresos y costes totales.

Resultados y Discusión

Costes e ingresos

Los costes (Tabla 1) se calcularon teniendo en cuenta los distintos escenarios comentados anteriormente. Para comparar los datos se tomó como base el escenario en el que no hubo manejo de residuos y se acolcha con PE. La operación de ‘Acolchado plástico’ representa el 6,3% del total de costes (7,5-14,1% para plásticos biodegradables y 13,1-16,2% para papeles). El mayor gasto corresponde a ‘Operaciones de ciclo de cultivo’ con el 45,3%, seguido de ‘Cosecha’ con el 27% del total, debido principalmente a que es una operación manual. En el caso de los distintos escenarios de manejo de residuos con PE, los costes incrementan de 4,7 a 4,8% si se pasa de no manejo de residuos a gestionar los residuos en un vertedero y a un 4,9% si se contempla el reciclado. Haciendo referencia al acondicionamiento de la parcela, si se utilizan los acolchados biodegradables se produce una reducción de costes entre el 54,7 y el 65,7% con respecto a los escenarios con PE, pues no hay costes de recogida ni de reciclaje de materiales tras la cosecha (Tabla 1).

Tabla 1. Costes (€ ha⁻¹) para la producción de pimiento para fresco al aire libre.

Operaciones	Costes (€ ha⁻¹)
Preparación del terreno	1448
Operaciones de ciclo de cultivo	3931
Acolchado plástico	
PE	548
Mater-Bi [®]	1308
Sphere [®]	916
Bioflex [®]	1075
Ecovio [®]	649
Acolchado papel	
Mimgreen [®]	1264
Arrosi [®] 69	1202
Arrosi [®] G	1536
Arrosi [®] 240	1202
Cosecha	2340
Acondicionamiento parcela escenario no	
No manejo	408.5
Vertedero	418
Reciclado	424
Acondicionamiento parcela escenario biodegradable	232

^a Para un consumo de plástico de 160 kg ha⁻¹. Costes de retirada del campo, tiempo de transporte a vertedero o a planta recicladora incluidos cuando necesario.

La Tabla 2 muestra los resultados de cosecha y los subsidios para cada material utilizado. A pesar de no haber diferencias significativas, el valor de la cosecha para el PE fue de los más bajos confirmando evidencias previas como la de Lahoz et al. (2014) quienes reportaron producciones de pimiento mayores con algunos de los acolchados biodegradables en comparación con el PE. Los subsidios sólo se contemplan con los acolchados plásticos biodegradables, tal como contempla la legislación actual.

Tabla 2. Cosecha experimental (t ha⁻¹) de pimiento al aire libre, subsidios para los materiales de acolchado en 2014.

Tipo de acolchado	Materiales de acolchado	Cosecha (t ha ⁻¹)	Subsidios (€ ha ⁻¹)
Acolchado plástico no biodegradable	PE	24.6 a	0
Acolchado plástico biodegradable	Mater-Bi [®]	29.2 a	407.4
	Sphere [®]	25.8 a	270.2
	Bioflex [®]	24.4 a	325.9
	Ecovio [®]	23.3 a	176.8
Acolchados de papel	Mimgreen [®]	26.7 a	0
	Arrosi [®] 69	25.3 a	0
	Arrosi [®] G 1a	26.9 a	0
	Arrosi [®] 240	28.5 a	0

Valores de cosecha seguidos de la misma letra significa que no hay diferencias estadísticamente entre tratamientos ($p = 0.45$).

Márgenes netos

La Tabla 3 resume las principales variables económicas analizadas. Los costes sólo aumentaron en un 0,11% con respecto del total si contemplamos la gestión de residuos en vertedero y un 0,18% si se reciclan. Estos resultados sugieren que los costes de manejo de residuos tanto a través de vertedero como de reciclado no afectan significativamente a la rentabilidad final. Si comparamos con los escenarios en los que se utilizan los materiales biodegradables, los valores oscilaron entre el 2,2 y el 9,3% más que el escenario base de PE. Referente a la rentabilidad final, los acolchados plásticos biodegradables Mater-Bi[®] y Sphere[®] obtuvieron mayores márgenes netos que el PE, entre un 26.9 y un 6,7% sin subsidio. En cambio, los materiales Bioflex[®] and Ecovio[®] redujeron la rentabilidad en un 1,6 y un 6,9%, respectivamente, en comparación con el PE. En cuanto a los papeles, el material Arrosi[®]240 es el que más margen obtiene, un 22,8%. Estos aumentos en la rentabilidad son resultado de una mayor cosecha que la mayoría de acolchados biodegradables obtuvo en el ensayo de campo.

Tabla 3. Ingresos, costes y margen neto de diferentes materiales de acolchado. (€ ha⁻¹).

Tipo acolchado	Materiales acolchado	Escenarios	Ingresos	Costes	Margen neto	% respecto al PE	
Acolchado plástico no biodegradable	PE	No manejo residuos	21,549.6	8675.3	12,874.3	-	
		Vertedero	21,549.6	8684.8	12,864.8	99.9	
		Reciclado	21,549.6	8690.8	12,858.8	99.9	
Acolchado plástico biodegradable	Mater-Bi [®]	Sin subsidio	25,579.2	9258.8	16,320.4	126.8	
		Con subsidio	25,986.6		16,727.8	129.9	
	Sphere [®]	Sin subsidio	22,600.8	8866.8	13,734.0	106.7	
		Con subsidio	22,871.0		14,004.2	108.8	
	Bioflex [®]	Sin subsidio	21,374.4	9025.8	12,348.6	95.9	
		Con subsidio	21,700.3		12,674.5	98.4	
	Ecovio [®]	Sin subsidio	20,410.8	8599.8	11,811.0	91.7	
		Con subsidio	20,587.6		11,987.8	93.1	
	Acolchados de papel	Mimgreen [®]	Sin subsidio	23,389.2	9214.8	14,174.4	110.1
		Arrosi [®] 69	Sin subsidio	22,162.8	9152.8	13,010.0	101.1
		Arrosi [®] G 1a	Sin subsidio	23,564.4	9486.8	14,077.6	109.3
		Arrosi [®] 240	Sin subsidio	24,966.0	9152.8	15,813.2	122.8

Sin embargo, dado que no hay diferencias significativas en la cosecha entre materiales, si contemplamos la misma cosecha para todos los materiales, los subsidios no son suficientes para compensar el coste extra que suponen los materiales biodegradables sólo en el caso de los materiales Ecovio[®] y Sphere[®] (datos no mostrados). El porcentaje de subsidio necesario para que los acolchados sean viables económicamente como el PE varía entre el 45,1% para el papel Arrosi[®] 69 y el 58,6% Arrosi[®] G1a. Los cálculos demuestran que el subsidio debería ser del 50.1%, que corresponde con el material de mayor coste, el acolchado plástico Mater-Bi[®]. Concluyendo, aunque 6 de 8 materiales evaluados han demostrado ser alternativas viables al PE bajo condiciones de campo, sólo dos son buenas alternativas potenciales desde un punto de vista económico bajo los actuales subsidios y en el caso de que las producciones fueran las mismas que con PE.

3. Agradecimientos

A J.A. Alins, F. Arrieta, y D. Redondo por su valiosa ayuda en los trabajos de campo. A las empresas Verso Paper Corporation, Fábrica de papeles crepados Arrosi S.A., BASF S.E., FKUR Kunststoff GmbH, Mimcord S.A., Novamont S.p.A., Oerlemans Plastics BV, Stora-Enso Finland y Sphere Group Spain S.L. que nos facilitaron los materiales generosamente. Este trabajo ha sido financiado por los proyectos INIA RTA2011-00104-C04-00 y RTA2017-00082-00-00 del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y ECO2016-75927-R del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad.

Referencias

CIRUJEDA A, AIBAR J, ANZALONE A, MARTÍN-CLOSAS L, MECO R, MORENO MM et al. (2012) Biodegradable mulch instead of polyethylene for weed control of processing tomato production. *Agronomy for Sustainable Development*, **32**, 889-897.

LAHOZ I, MACUA JI, CIRUJEDA A, AIBAR J, MARÍ AI, PARDO G et al. (2014) Influencia del acolchado biodegradable en la producción de pimiento. In: *Proceedings XIII Jornadas del Grupo de Horticultura, I Jornadas del Grupo de Alimentación y Salud*. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas (3,4 junio 2014, Logroño, España). 203-208. Logroño, España.

MAPAMA (2018), Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos (ESYRCE) (2017). Disponible online: <http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/> (consultado el 30 marzo 2018)

MARÍ A, PARDO G, CIRUJEDA A, MARTÍNEZ Y (2019) Economic and Environmental Evaluation of Biodegradable Plastic Films and Paper Mulches Used in Open-Air Grown Pepper (*Capsicum annum* L.) Crop. *Agronomy*, **9**, 36.

Economic and environmental evaluation of biodegradable plastic films and paper mulches used in open-air grown pepper (*Capsicum annum* L.) crop

Summary: Black polyethylene (PE) is the most common mulching material used in horticultural crops but its use represents a very serious environmental problem. Biodegradable films and paper mulches are available alternatives but farmers are reluctant to introduce them because of their high market prices. The aim of this paper is to evaluate the economic profitability of eight biodegradable mulching materials available for open-air pepper production. The economic evaluation is based on a four-year experimental trial located in a semi-arid region of Spain. Three scenarios of PE waste management are examined: i) absence of residues management, ii) landfill accumulation, and iii) total recycling. The inclusion of the costs of waste management and recycling under the current Spanish legislation only reduced the final net margin by 0.2%. The results show that an increase in subsidy rates of up to 41.7% on the market price would allow all biodegradable films to be economically similar alternatives to PE.

Keywords: waste management, economic evaluation, biodegradable mulch, polyethylene