



XXIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

Suelos... Huellas del pasado, desafíos del futuro

San Fernando del Valle de Catamarca,
Prov. de Catamarca, Argentina
21 al 24 de mayo de 2024



AACS
ASOCIACION ARGENTINA
CIENCIA DEL SUELO

EVALUACIÓN DE MANTOS BIODEGRADABLES EN PRODUCCIÓN DE LECHUGA: CONTROL DE MALEZAS Y EFECTO SOBRE EL SUELO

García, R. J.^{1,*}, Duval, M. E.^{1,2}, Comezana, M.¹, Anzorena, H. A.^{3,4}, Ninago, M. D.^{3,4},
López, O. V.^{5,6}

¹ Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur; ² Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS); ³ Instituto de Ingeniería y Ciencias Aplicadas a la Industria, (ICAI-UNCuyo-CONICET); ⁴ Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria; ⁵ Planta Piloto de Ingeniería Química, PLAPIQUI (UNS-CONICET); ⁶ Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur (UNS). *San Andrés 800, (8000) Bahía Blanca, Prov. de Buenos Aires, ramiro.garcia@uns.edu.ar

RESUMEN: Los mantos biodegradables se muestran como una alternativa a los acolchados plásticos usados comúnmente en horticultura. El objetivo del presente trabajo consistió en analizar la aplicación de suspensiones de almidón de maíz empleando urea como plastificante y borato de sodio como entrecruzante para formar películas *in situ* sobre el suelo a cultivar. Se evaluaron las propiedades radiométricas y el desempeño mecánico de las siguientes suspensiones gelatinizadas de almidón: T₁: suspensión de almidón de maíz gelatinizada con la incorporación de una solución de NaOH 0,25M, T₂: igual que T₁ y se le agrega urea y T₃: igual que T₂ y se le agrega borato de sodio. Estas suspensiones fueron evaluadas en un ensayo a campo, incorporando un testigo T₀ (suelo sin manto). Una vez aplicados los mantos, sobre cada tratamiento se trasplantó lechuga (*Lactuca sativa* L.). Al momento de cosecha se realizaron las siguientes determinaciones de suelo y planta: conductividad eléctrica y pH en 0-5 cm, rendimiento del cultivo y densidad y materia seca de las malezas presentes. En relación a los ensayos mecánicos y radiométricos, la presencia de los diferentes aditivos no modificó significativamente la máxima fuerza de punción, ni la capacidad de barrera a la radiación UV de las películas, sin embargo, la presencia del agente entrecruzante produjo películas menos opacas. Al momento de cosecha del cultivo, la mayor cantidad de malezas se presentó en T₀ (105 malezas m⁻²), observándose diferencias significativas en la materia seca acumulada en relación a los tratamientos con manto (T₀>T₁=T₂=T₃). Sin embargo, el rendimiento del cultivo no presentó diferencias asociadas a los tratamientos. Los mantos no modificaron los valores de CE y pH observándose valores de 1,03±0,2 dS m⁻¹ y 8,6±0,1, respectivamente. La aplicación de mantos biodegradables, favorecen el control de malezas sin observarse efectos deletéreos sobre las propiedades del suelo donde se aplican.

PALABRAS CLAVE: producción hortícola, propiedades edáficas, propiedades radiométricas y mecánicas.

INTRODUCCION

El uso de acolchados plásticos en la agricultura, principalmente en horticultura, tiene como objetivo principal aumentar la productividad del cultivo al controlar malezas, regular la temperatura del suelo y reducir la evaporación del agua. Sin embargo, el uso de acolchados no biodegradables plantea riesgos ambientales considerables debido a su acumulación y los daños resultantes para el ecosistema (Briassoulis, 2006). Una alternativa prometedora para abordar la problemática es el uso de materiales biodegradables de origen natural. En la

Organizado por:



literatura se pueden encontrar trabajos relacionados con el desarrollo y ensayos de aplicación de mantos agrícolas pulverizables obtenidos a partir de diferentes biopolímeros. En tal sentido, se puede mencionar el trabajo de Sartore et al. (2013) en el cual utilizaron dispersiones acuosas de biocompuestos basados en proteínas hidrolizadas para generar mantos *in situ* mediante pulverización. Según estos autores, los agricultores pueden aplicar fácilmente estos mantos porque la metodología de pulverización es ampliamente conocida ya que la utilizan para la aplicación de productos agroquímicos.

Las películas de acolchado biodegradables, especialmente aquellas compuestas de polímeros naturales como el almidón, han sido ampliamente estudiadas con resultados alentadores en numerosos estudios científicos (Immirzi et al., 2003; Gáspár et al., 2005; Marques et al., 2006). Sin embargo, la elección de plastificantes y entrecruzantes para mejorar la elevada rigidez y fragilidad de dichas películas puede influir en las propiedades del suelo una vez que estos materiales se biodegradan. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo consistió en la aplicación de películas de almidón de maíz por pulverizado empleando urea como plastificante y borato de sodio como entrecruzante, evaluando su efecto sobre el control de malezas, las propiedades químicas del suelo y la productividad del cultivo de lechuga.

MATERIALES Y MÉTODOS

Propiedades de los mantos

Se evaluaron las propiedades radiométricas y el desempeño mecánico de las siguientes suspensiones gelatinizadas de almidón: T₁: suspensión de almidón de maíz (Egran) al 3 % (m/v) gelatinizada por 5 minutos a partir de la incorporación de una solución de NaOH 0,25 M, T₂: igual que T₁ y se le agrega urea como plastificante (30 % m/m, base almidón) y T₃: igual que T₂ y se le agrega borato de sodio (bórax, Biopack) como agente entrecruzante (3 % m/m, base almidón). Para el estudio de la capacidad de barrera a la radiación en el rango UV y visible, así como la determinación de la resistencia mecánica, se prepararon películas con las formulaciones T₁, T₂ y T₃ por la técnica de moldeo y deshidratación. Para ello se pesó una masa conocida de suspensión filmogénica la cual se volcó sobre placas Petri de 9 cm de diámetro siendo a continuación deshidratadas en estufa hasta peso constante. Los films obtenidos fueron almacenados a temperatura ambiente y humedad controlada (60 % HR). A partir de las películas se recogieron los espectros de transmisión entre 200 y 800 nm en un espectrofotómetro (DR6000, HACH). Se analizó la capacidad de barrera a la radiación en el rango UV (300 a 380 nm) y visible (400 a 700 nm) mediante porcentaje de bloqueo UV e índice PAR, respectivamente, definidos según norma ISO 9050:2012 (E).

Para determinar la resistencia mecánica, se cortaron probetas de películas de 30 x 30 mm y se sometieron a ensayos de punción, para este ensayo se utilizó un analizador de texturas TA-X2i (Texture Analyzer), determinándose la fuerza máxima de punción (N).

Evaluación a campo

En el año 2023, se llevó a cabo un ensayo experimental a campo en el Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Buenos Aires, Argentina. El suelo clasifica como Haplustol petrocálcico (Soil Survey Staff, 2010), con una textura franco arenosa. Sobre el suelo, previamente labrado, se aplicaron en parcelas de 0,5 m x 2 m, las suspensiones gelatinizadas de almidón T₁, T₂ y T₃, además se consideró un testigo (T₀) (suelo sin manto). Para la aplicación de las suspensiones se utilizó la tecnología de pulverización similar a la utilizada para aplicar productos fitosanitarios (mochila manual). Una vez aplicadas las suspensiones acuosas, se dejó transcurrir 48 horas con el objetivo de eliminar el agua de la red polimérica mediante evaporación y se forme el manto. Transcurrido dicho tiempo, sobre cada tratamiento se trasplantó en tresbolillo (con una distancia entre plantas de 20 cm) lechuga (*Lactuca sativa* L.). Este cultivo fue seleccionado por considerarse susceptible a la salinidad. Se utilizó riego por goteo mediante cinta con espaciamiento de 25 cm entre goteros.

El cultivo se desarrolló desde el 5 de mayo hasta el 27 de septiembre. Al finalizar el ensayo, se determinó el número de plantas de lechuga, el peso fresco, el número de plantas de

malezas presentes y su materia seca. Esta última medida se obtuvo llevando el material vegetal a estufa (60° C) hasta peso constante. Al momento de cosecha, se tomaron muestras de suelo superficial (0-5 cm). En las muestras de suelo secas al aire y tamizadas por 2 mm se determinó, pH (relación suelo: agua 1:2,5), conductividad eléctrica en extracto de saturación (CE). El diseño experimental fue en bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento. Para el análisis de datos se realizó un ANOVA y un test de comparación de medias LSD de Fisher ($p < 0,05$). Para esto, se utilizó el software Infostat (Di Rienzo, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante el proceso de gelatinización alcalina, seguido de moldeo y deshidratación fue posible obtener películas de almidón con diferentes aditivos las cuales resultaron íntegras, opacas y de fácil manipulación, a excepción de la formulación T₁ la cual, al no contener plastificante (urea), resultó frágil, quebradiza y no fue posible su manipulación para la llevar a cabo los ensayos de caracterización óptica y mecánica. En relación a los resultados encontrados respecto a los valores de índice PAR, se evidencia que las formulaciones ensayadas sólo permiten el paso de pequeñas fracciones de radiación en el rango visible, siendo estos resultados muy prometedores debido a que dificultarían el proceso de fotosíntesis ralentizando el desarrollo de las malezas. Resultados similares se encontraron para el rango UV analizado. Por otra parte, los ensayos de punción mostraron que la presencia de aditivos (urea y bórax) no produce cambios significativos en los valores de fuerza de punción calculados, sin embargo, las formulaciones que contenían bórax resultaron menos opacas (Tabla 1). Este efecto podría deberse a una reorganización de la matriz del almidón. Según Das et al. (2010), la reticulación del almidón con borato conduce a la formación de una red compleja entre los grupos hidroxilo de los iones borato y los del almidón, dando como resultado una estructura de red tridimensional altamente rígida y desorganizada.

Tabla 1. Caracterización óptica y mecánica de las películas obtenidas de las suspensiones gelatinizadas.

Película	UV	i-PAR	Fuerza máxima de punción (N)
T ₂	94,31 ± 0,42	5,30 ± 0,42	0,31 ± 0,07
T ₃	95,20 ± 0,33	3,14 ± 0,22	0,41 ± 0,19

T₂: Almidón + NaOH + Urea; T₃: Almidón + NaOH + Urea + Borax.

En la Figura 1 se observa el aspecto visual de los mantos días posteriores a su aplicación. Relacionado a las características mecánicas previamente analizadas, se observa una mayor fragilidad en T₁ evidenciándose en su aspecto quebradizo y poco uniforme. En cambio, el uso de plastificante y entrecruzante mejoró su comportamiento reflejándose en un manto más uniforme y con mejor cobertura.



Figura 1. Aspecto visual de los mantos biodegradables a. Formulación a base de almidón sin plastificante ni entrecruzante (T_1). y b. Formulación a base de almidón con plastificante (urea) y entrecruzante (bórax) (T_3).

En la Tabla 2 se observan los efectos de la aplicación de los mantos sobre algunas propiedades edáficas. En el ensayo no se observaron diferencias en los parámetros evaluados. Los valores de CE se encontraron, en todos los tratamientos, por debajo de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$, valor umbral para la reducción en el rendimiento del cultivo de lechuga (Carter, 1981). Sin embargo, ensayos en macetas bajo condiciones controladas utilizando un suelo con una CE baja ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), los tratamientos T_2 y T_3 mostraron un incremento de la CE y, además en el tratamiento T_2 se observó una disminución en el pH del suelo con respecto al suelo sin aplicación de mantos (Anzorena et al., 2023).

En cuanto al cultivo de lechuga no se evidenciaron síntomas visibles de salinidad. La aplicación de mantos biodegradables no mostró diferencias en el rendimiento en peso fresco entre los tratamientos evaluados.

Tabla 2. Impacto de mantos agrícolas biodegradables en la conductividad eléctrica (CE), pH, rendimiento del cultivo de lechuga.

Tratamiento	Suelo		Rendimiento de lechuga	
	CE	pH	(g m^{-2})	(g planta^{-1})
T_0	$0,94 \pm 0,16 \text{ a}$	$8,57 \pm 0,06 \text{ a}$	$214,33 \pm 176,77 \text{ a}$	$20,00 \pm 13,49 \text{ a}$
T_1	$1,03 \pm 0,20 \text{ a}$	$8,67 \pm 0,06 \text{ a}$	$101,67 \pm 40,50 \text{ a}$	$10,57 \pm 4,20 \text{ a}$
T_2	$1,18 \pm 0,23 \text{ a}$	$8,47 \pm 0,12 \text{ a}$	$275,67 \pm 304,05 \text{ a}$	$24,43 \pm 20,15 \text{ a}$
T_3	$0,96 \pm 0,19 \text{ a}$	$8,60 \pm 0,10 \text{ a}$	$112,00 \pm 118,29 \text{ a}$	$11,33 \pm 8,28 \text{ a}$

T_0 : Testigo; T_1 : Almidón + NaOH; T_2 : Almidón + NaOH + Urea; T_3 : Almidón + NaOH + Urea + Borax. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

En cuanto la incidencia de malezas, no se observaron diferencias en el número de las mismas entre los tratamientos. En cambio, su desarrollo fue menor en todos los tratamientos de mantos biodegradables con respecto al T_0 . En relación al suelo sin manto la materia seca producida por las malezas disminuyó hasta en un 90% con la aplicación de los mantos. (Figura 2). Esto se condice con los resultados obtenidos en la caracterización óptica de las

suspensiones evaluadas, cumpliendo así con uno de los objetivos del uso de la aplicación de mantos. En un ensayo, en el que comparaban mantos biodegradables con acolchados de polietileno negro y un testigo sin cobertura, Zhang et al. (2019) observaron que el número de malezas y su biomasa en los tratamientos de mantos biodegradables fue menor que en el testigo, sin observarse desarrollo de malezas en el tratamiento con polietileno negro.

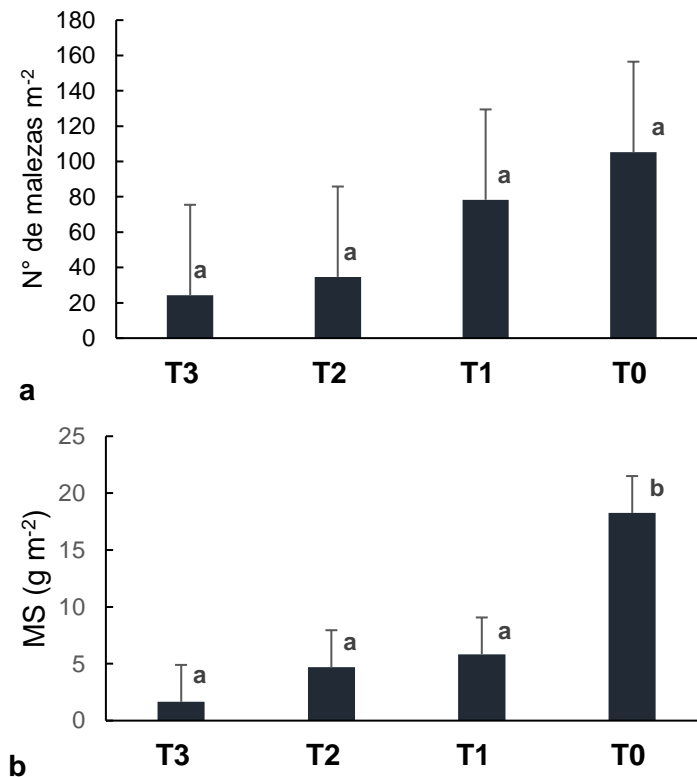


Figura 2. Efecto de los diferentes tratamientos sobre: A. el número de malezas y b. la materia seca (MS) generada por las malezas. T₀: Testigo; T₁: Almidón + NaOH; T₂: Almidón + NaOH + Urea; T₃: Almidón + NaOH + Urea + Borax. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Al finalizar el ensayo se observó una degradación en los mantos biodegradables. Por su forma de aplicación, en el transcurso del ciclo del cultivo, se podría repetir la pulverización para prolongar el efecto de los mismos.

CONCLUSIONES

A partir del método de gelatinización alcalina fue posible obtener películas de almidón con el agregado de plastificante y/o entrecruzantes, las cuales mostraron una alta capacidad de bloqueo a la radiación tanto en el rango UV como en el visible, con muy poca variación entre formulaciones de la fuerza máxima de punción. La aplicación a campo de los mantos biodegradables no tuvo efectos en el cultivo de lechuga. En cambio, se observó un menor desarrollo de malezas debido al uso de los mismos. No se observaron cambios en los parámetros edáficos evaluados. Sin embargo, es necesario seguir generando información relacionada a la forma de aplicación y al uso acumulado de los mantos sobre las propiedades edáficas y los cultivos.

BIBLIOGRAFIA

Anzorena, H. A., Toranzo, M., Duval, M. E., Comezana, M. M., García Ramiro, J., Ninago, M. D., y López, O. (3 al 5 de mayo de 2023). *Evaluación fisicoquímica de suelos protegidos por mantos agrícolas biodegradables*, [Resumen expandido]. V Congreso Nacional de

- Ciencia y Tecnología Ambiental, Argentina y Ambiente 2023 y el 4^o Simposio Iberoamericano de Adsorción, Potrero de los Funes, San Luis, Argentina.
- Briassoulis, D. (2006). Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions. *Polymer Degradations and Stability*. 91, 1256-1272.
- Carter, D. L. (1981). Salinity and plant productivity En: M. Rechcigl (Ed.). Handbook Series in Nutrition and Food (pp. 146-151). Chemical Rubber Co.
- Das, K., Ray, D., Bandyopahyay, N. R., Gupta, A., Sengupta, S., Sahoo, S., Mohanty, A. & Misra, M. (2010). Preparation and characterization of cross-linked starch/poly(vinylalcohol) green films with low moisture absorption. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 49(5),1520–5045.
- Di Rienzo J. A., Casanoves F., Balzarini M. G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C. W. (2020). InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Gáspár, M., Benkő, Z., Dogossy, G., Réczey, K. & Czigány, T. (2005). Reducing waterabsorption in compostable starch-based plastics. *Polymer Degradation and Stability*. 90, 563–569.
- Immirzi, B., Malinconico, M., Romano, G., Russo, R. & Santagata, G. (2003). Biodegradable films of natural polysaccharides blends. *Journal of Materials Science Letters*. 22,1389-1392.
- Marques, P. T., Lima, A. M. F., Bianco, G., Laurindo, J. B., Borsali, R., Meins, J. F. & Soldi, V. (2006). Thermal properties and stability of cassava starch films cross-linkedwith tetraethylene glycol diacrylate. *Polymer Degradation and Stability*. 91, 726–732.
- Sartore, L., Vox, G., & Schettini, E. (2013). Preparation and performance of novel biodegradable polymeric materials based on hydrolyzed proteins for agricultural application. *Journal of Polymers and the Environment*, 21, (718-725).
- Soil Survey Staff (2010). Keys to Soil Taxonomy, 11th ed. USDA-Natural Resources 22. Conservation Service, Washington, DC.
- Zhang, H., Miles, C., Ghimire, S., Benedict, C., Zasada, I., & DeVetter, L. (2019). Polyethylene and biodegradable plastic mulches improve growth, yield, and weed management in florican red raspberry. *Scientia Horticulturae*, 250, (371-379).