



Valoración de acolchados ecoplásticos utilizados para reducir la evaporación en suelos agrícolas

Assessment of ecoplastic mulches used to reduce evaporation in agricultural soils

Luz Adriana Arias Hernández¹, Emilio Juaristi Videgaray², Héctor Eduardo Mares Martínez², Rudy Solís Silván³, María Maldonado Santoyo⁴, Felicitas Calderón Vega², Jesús Fernando Valdés Vázquez², Eladio Delgadillo Ruiz^{2*}

¹ Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, Av. Juárez No. 77, Col. Centro, C.P. 36000. Guanajuato, Gto., México.

² Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Av. Juárez No. 77, Col. Centro, C.P. 36000. Guanajuato, Gto., México.

³ Tecnológico Nacional de México, Campus Comalcalco, Carretera. Vecinal Comalcalco-Paraíso Km. 2 Rancho Occidente. 3ra. Sección, Comalcalco, Tabasco.

⁴ Centro de Innovación Aplicada a Tecnologías Competitivas, Omega # 201, Col. Industrial Delta, C.P. 37545. León, Gto.

Historial

Manuscrito recibido: 28 de noviembre de 2023

Manuscrito aceptado: 22 de mayo de 2024

Manuscrito publicado: agosto 2024

*Autor para correspondencia

Eladio Delgadillo Ruiz

e-mail: e.delgadillo@ugto.mx

ORCID: 0000-0002-2004-5340

Resumen

El uso de ecoplásticos para la implementación de acolchados contribuye a conservar la humedad del suelo y reducir la evaporación. El objetivo de este trabajo, por una parte, fue presentar una revisión de sobre la implementación de acolchados para proteger a los cultivos en la evapotranspiración, por otro lado, se realizaron pruebas a nivel experimental para la aplicación de ecoplásticos como acolchados, los cuáles se fabricaron a partir de 5 mezclas de compuestos orgánicos en diferentes proporciones y se evaluó el porcentaje de absorción de agua y humedad de los mismos mediante el método gravimétrico y el porcentaje de absorción de agua por método gravimétrico después de la inmersión, respectivamente. El análisis de Kruskal Wallis indicó diferencias significativas en las medianas del porcentaje de absorción de agua y humedad de las diferentes mezclas de bioplásticos probadas. Estos hallazgos respaldan la relevancia de los ecoplásticos como una alternativa en prácticas agrícolas.

Palabras clave: acolchado, evaporación, ecoplásticos, bagazo.

Introducción

El uso eficiente del agua es fundamental para que se puedan llevar a cabo diversas actividades de los seres vivos, así como diversos procesos en el medio ambiente, por lo tanto, una gestión eficiente de su

Abstract

The use of ecoplastic helps to conserve soil moisture and reduces evaporation. The objective of this work on the one hand, was to present a review on the implementation of mulches on evapotranspiration of crops and, on the other hand, experimental tests were carried out on the development of ecoplastics for their subsequent application as mulches, which were manufactured from 5 mixtures of organic compounds in different proportions and the percentages of water absorption and humidity were measured by the gravimetric method and the gravimetric method after immersion, respectively. The Kruskal Wallis analysis indicated significant differences in the median percentage for water and moisture absorption of the different blends of bioplastics tested. These findings support the relevance of ecoplastics as an alternative in agricultural practices.

Keywords: mulch, evaporation, ecoplastic, bagasse.

distribución ya sea superficial o subterránea ayuda a su disponibilidad. Sin embargo, existen factores que causan un desequilibrio entre los componentes del balance hídrico, como la disminución de zonas de infiltración en las que se presenta aumento de

escorrentía provocando mayor erosión de suelos.

Una de las actividades mayormente afectadas por la disponibilidad de agua es la agricultura y el rendimiento de los cultivos. En este escenario, el uso de acolchados permite además de reducir los riesgos de erosión del suelo, la protección del cultivo, la reducción de la pérdida de humedad del suelo, la preservación de las plantas y productos comestibles, la estabilidad del ecosistema, entre otros beneficios. Las técnicas agrícolas enfocadas en el uso de los acolchados mediante materiales plásticos o vegetales se han centrado en los efectos que provocan en las temperaturas de los perfiles superiores del suelo, así como también en la relación del desarrollo y rendimiento de los cultivos, en los que se ha tenido resultados positivos con las diversos tipos de acolchados en comparación con suelos sin acolchar (Chopra y Koul, 2020).

El objetivo de esta investigación fue, por una parte, presentar una revisión de diversas publicaciones a través de las cuales se recopiló información para analizar el efecto de la implementación de acolchados en la evapotranspiración, y por otro lado, se realizaron pruebas a nivel experimental del desarrollo de ecoplásticos para su posterior aplicación como acolchados.

Primera parte: revisión sobre el tipo y usos de los acolchados

Los acolchados se clasifican de acuerdo a su composición como acolchados orgánicos (**Tabla 1**), acolchados inorgánicos (**Tabla 2**) y acolchados biodegradables (**Tabla 3**).

Además de los acolchados mencionados anteriormente se puede presentar otros componentes tales como sarmientos de poda triturados (Intrigliolo *et al.*, 2019), cultivos intercalados de mantillo (Canali *et al.*, 2017), mantillos vivos (Bhaskar *et al.*, 2021), compostas (Ghouse, 2020a), estiércol (Ghouse, 2020a), turba (Ghouse, 2020a), residuos de cultivo (Ghouse, 2020a), cáscara de café (Acheampong *et al.*, 2019), poda de viña (Zribi, 2011), paja de baira (Sanbagavalli *et al.*, 2017), hojas secas (Obalum *et al.*, 2011), hoja seca de plátano (Das *et al.*, 2022), trigo sarraceno (Pfeiffer *et al.*, 2016), guisante (Pfeiffer *et al.*, 2016), trébol carmesí y trébol rojo

Tabla 1. Tipos de acolchados de origen orgánico

Acolchado orgánico	Autores
Paja de coco	Jun <i>et al.</i> , 2014a; Lin <i>et al.</i> , 2016; Ren <i>et al.</i> , 2018; Yan <i>et al.</i> , 2018a; Yin <i>et al.</i> , 2015
Paja de sorgo	González, 2015
Paja de astillas de pino carrasco	Hueso-González <i>et al.</i> , 2017
Aserrín de madera	Ghouse, 2020a; Heid <i>et al.</i> , 2019; Zribi <i>et al.</i> , 2015
Paja de arroz	Brar <i>et al.</i> , 2019; Das <i>et al.</i> , 2022; Pérez, 2020; Rao <i>et al.</i> , 2016
Paja de trigo	Gómez, 2018; Kahlon <i>et al.</i> , 2013; Stigter <i>et al.</i> , 2018; Wang y Shangguan, 2015; Zribi, 2011; Yin <i>et al.</i> , 2015b; Zhang <i>et al.</i> , 2016a; Zheng <i>et al.</i> , 2018

Tabla 2. Tipos de acolchados de origen inorgánico

Acolchado inorgánico	Autores
Plástico negro	Amador-Ramírez <i>et al.</i> , 2013; Barajas-Guzmán y Barradas, 2011; Delgado Ramírez <i>et al.</i> , 2018a; Inzunza-Ibarra <i>et al.</i> , 2010, 2017; Lahoz <i>et al.</i> , 2014; Lara-Capistrán <i>et al.</i> , 2021; Li <i>et al.</i> , 2018a, 2018b; Mayolo, 2015; Montemayor <i>et al.</i> , 2018a; Munguía-López <i>et al.</i> , 2011; Patil y Tiwari, 2018a; Robledo-Torres <i>et al.</i> , 2010; Steinmetz <i>et al.</i> , 2016.
Plástico rojo	Inzunza-Ibarra <i>et al.</i> , 2010; Lara-Capistrán <i>et al.</i> , 2021; Robledo-Torres <i>et al.</i> , 2010.
Plástico blanco	Inzunza-Ibarra <i>et al.</i> , 2010; Lara-Capistrán <i>et al.</i> , 2021; Mayolo, 2015; Montemayor <i>et al.</i> , 2018a; Robledo-Torres <i>et al.</i> , 2010; Torres-Bojorques <i>et al.</i> , 2017.
Plástico verde	Inzunza-Ibarra <i>et al.</i> , 2010; Mayolo, 2015; Robledo-Torres <i>et al.</i> , 2010).
Plástico plata	Barajas-Guzmán y Barradas, 2011; Inzunza-Ibarra <i>et al.</i> , 2017; Montemayor <i>et al.</i> , 2018a; Munguía-López <i>et al.</i> , 2011; Torres-Bojorques <i>et al.</i> , 2017.
Plástico cristalino	Mayolo, 2015
Plástico amarillo	Chopra y Koul, 2020; Torres-Bojorques <i>et al.</i> , 2017
Plástico naranja	Chopra y Koul, 2020

mediano (Pfeiffer *et al.*, 2016), café (Acheampong *et al.*, 2019), restos vegetales (Shumova, 2018), astillas o virutas de madera (Zribi *et al.*, 2015a),

Tabla 3. Tipos de acolchados de origen biodegradable

Acolchado con componentes biodegradables	Autores
Plástico biodegradable de lignina	Sirivechphongkul <i>et al.</i> , 2022
Hemicelulosa, b-ciclodextrina, alginato	Zhang <i>et al.</i> , 2023
Almidón	Anzalone <i>et al.</i> , 2010
Almidón y poliéster	Reid <i>et al.</i> , 2022

hojas de pino (Zribi *et al.*, 2015a), corteza de árboles (Zribi *et al.*, 2015a), cascara de cacao (Zribi *et al.*, 2015a), corteza de pino (Zribi, 2011), madera triturada (Hannam *et al.*, 2016a), pasto (Prosdocimi *et al.*, 2016a), y alfalfa (Chopra y Koul, 2020). Dentro de los orgánicos podemos mencionar además los acolchados de otros materiales entre los que destacan: los de tipo pulverización de solución acuosa (polisacáridos naturales) (Schettini *et al.*, 2012), periódico (Ghouse, 2020), pulverización de proteínas hidrolizadas (Schettini *et al.*, 2012), geotextil (Zribi, 2011), estiércol (Obalum *et al.*, 2011), aserrín de pino (Chopra y Koul, 2020), y algas marinas (Chopra y Koul, 2020). Por otro lado, en cuanto a los acolchados inorgánicos se destaca el uso de plásticos de diversas coloraciones, destacando los acolchados plásticos de color negro (Tabla 2).

Usos de los acolchados y sus efectos en los componentes del balance hídrico superficial

Los componentes del ciclo hidrológico (precipitación, escurrimiento, infiltración, evaporación y evapotranspiración) forman parte importante en el buen desarrollo de diversas actividades en una cuenca, estos componentes dependen de las características climáticas, topográficas y geográficas, la alteración en alguno de estos componentes afecta la disponibilidad de agua a tal grado que se ven afectadas las actividades económicas, industriales, sociales y además de lo anterior, ocurren daños en los ecosistemas. Por lo anterior, la agricultura se encuentra dentro de las actividades de mayor impacto hablando del desequilibrio en el balance hídrico, debido a que requiere una cantidad considerable de agua. Es así como el estrés hídrico tiene mayor afectación en zonas áridas o semiáridas, siendo de vital im-

portancia la implementación de metodologías que disminuyan estas afectaciones, tal es el caso del uso de los diversos tipos de acolchados.

Efecto sobre la evapotranspiración

Al hablar de la interacción de los acolchados con la evapotranspiración (ET), la ET es definida como la combinación de dos procesos separados por los que se tiene pérdida de agua, a través de la superficie del suelo por efecto de la evaporación y por otra parte mediante la transpiración del cultivo. En estudios del análisis del efecto del uso de acolchados en cultivos sobre la evapotranspiración, Patril *et al.* (2018), han observado una disminución en la evapotranspiración mediante el uso de acolchado plástico que sin acolchado, contribuyendo con ello al aumento de la resistencia a la difusión del vapor en la interfaz suelo y aire parcialmente cubierta por una película de plástico (Patril y Tiwari, 2018). Sun *et al.* (2012) encontraron que los acolchados de concreto y de película plástica presentan un mayor impacto que el acolchado de paja en la reducción del uso de agua, logrando mantener una tasa máxima de transpiración diaria de 3-3.5 mm por día. También se ha encontrado que la ET en las tiras de maíz fue significativamente mayor que en las tiras de trigo, lo que explicó por la fuerte transpiración del maíz en el período de crecimiento vigoroso (Yin *et al.*, 2016). La ET total durante toda la temporada de crecimiento del maíz varió en el rango de 406 a 466 y de 284 a 404 mm en el periodo estudiado comprendido entre 2013 y 2014, respectivamente, empleando acolchado plástico transparente (Li *et al.*, 2018). Aplicando tratamientos de acolchado, la ET fue menor (promedio de 59.8 mm en 2013-2014 y 61.1 mm en 2014-2015) que bajo tratamiento sin acolchar en ambos años (Yan *et al.*, 2018).

Efecto sobre la evaporación

La evaporación depende de diversos factores meteorológicos entre los que pueden mencionarse, la velocidad del viento, la presión atmosférica, la humedad y la temperatura entre otros (Zribi *et al.*, 2015). Todos estos factores son de importancia y son generalmente evaluados cuando se usan acolchados en la agricultura. Se ha observado que afectan la

variación de la temperatura provocando su aumento o disminución. De acuerdo con lo reportado por Feng *et al.* (2015), la temperatura media del suelo cubierto por acolchado poroso disminuyó en 1.55 °C en comparación con el uso de un acolchado tradicional de plástico (polietileno) y así mismo, se incrementó en 1.09 °C y 2.59 °C en comparación con la tierra desnuda (sin acolchado) y la paja (como acolchado orgánico), respectivamente.

Otra variable de importancia a considerar en el uso de los acolchados, es el color; algunos estudios han determinado que el uso de un acolchado plástico negro, incrementa en 1.2 °C la temperatura mínima diaria promedio y reduce 43% la amplitud de la temperatura del suelo diaria promedio, con respecto al uso de un acolchado plástico de color plata (1.6 °C) ambos, en relación con el tratamiento sin acolchar (Inzunza-Ibarra *et al.*, 2010). Por su parte, el trabajo realizado por Lara-Capistran *et al.* (2021), observaron que la cubierta plástica de color blanco refleja el 62% del espectro total de radiación visible en radiación fotosintéticamente activa comparada con los acolchados de color oscuro. Inzunza-Ibarra *et al.* (2017), mostraron que la variación de la temperatura es dependiente del color del acolchado usado en el cultivo y además, está relacionada con los procesos fisiológicos en los que están involucrados la absorción de agua y nutrientes.

Los acolchados, tanto plásticos como de origen orgánico, tienen efecto en los valores de evaporación y aumenta el almacenamiento de agua en el suelo en relación con la práctica convencional en 38-71 mm (Zhang *et al.*, 2016). En el estudio realizado por Lin *et al.* (2016), el acolchado de película plástica aumenta la temperatura y reduce la evaporación del suelo en mayor proporción que el acolchado de paja; además de lo anterior, observaron un incremento en el rendimiento del cultivo. Sin embargo, para el caso el acolchado de paja este rendimiento fue mucho menor e inestable; atribuyendo estos cambios, a la influencia de la aplicación del acolchado en los tiempos de crecimiento del cultivo así como, en la inestabilización por la degradación del acolchado orgánico (Lin *et al.*, 2016).

Una de las desventajas con el uso de los acolchados plásticos en cultivos, son los residuos que

pueden generar al fin de su vida útil, fragmentándose y mezclándose con el suelo, dificultando su eliminación. Derivado de lo anterior, varias investigaciones se han realizado, enfocándose al uso de acolchados plásticos de base biológica (proteínas, almidones, azúcares), los cuales contribuyen a una mejor degradación y presentan una evaporación más homogénea (Schettini *et al.*, 2012). Respecto a los acolchados biodegradables, Briassoulis *et al.* (2019), analizaron las propiedades de este tipo de plásticos basados en poliésteres aromáticos y almidón determinando que tienen efectos positivos en la permeabilidad del vapor.

A continuación, nos referimos a la segunda parte del trabajo, en que se realizaron pruebas a nivel experimental para la aplicación de ecoplásticos como acolchados.

Materiales y métodos

Se usó bagazo de maguey *Salmiana* (**Figura 1a**), fécula de maíz (**Figura 1b**), ácido acético y glicerina de grado comercial.

Preparación del bagazo

- Se lavó el bagazo para eliminar un poco de polvo o residuos.
- Después de lavado se molió hasta disminuir el tamaño de partícula.
- Posteriormente se tamizó hasta un tamaño de partícula de 200 mm.

Elaboración de los plásticos

Se variaron los componentes para el desarrollo de los plásticos a nivel experimental, los cuales consistieron en fécula de maíz, glicerina, ácido acético y agua (**Tabla 4**) para analizar características físicas, % de humedad y % de absorción de agua. Cada una de las mezclas fueron llevadas a calentamiento a 80 °C, posteriormente la mezcla fue extendida en una superficie para secarse a temperatura ambiente durante 24 horas.

Porcentaje de humedad y absorción de agua

Para el porcentaje de humedad se pesaron 0.3 g de cada una de las muestras de plástico por triplicado, posteriormente se secaron durante 24 horas a 50 °C.



Figura 1. a) Bagazo de maguey b) Fécula de maíz

Finalmente se pesaron las muestras y se realizaron los cálculos correspondientes. Para la determinación del % de absorción de agua a las muestras anteriores se agregó 20 mL de agua destilada y se mantuvieron a temperatura ambiente durante 20 horas, después de este tiempo se pesaron las muestras para determinar los cálculos correspondientes.

Diseño experimental

Se llevó a cabo un diseño completamente aleatorizado de un factor para evaluar el efecto de cin-

co mezclas (Descritas en la **Tabla 4**) diferentes de ecoplásticos, sobre los porcentajes de humedad y absorción de agua (variables de respuestas). Los ecoplásticos son evaluados para su uso como acolchados. Los resultados se llevaron a cabo por cuat-

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de los porcentajes de humedad y absorción de agua de las diferentes mezclas de ecoplásticos evaluados, no cumplieron con los

Tabla 4. Variación de componentes para el desarrollo de plásticos

Tratamientos	ID	Fécula de maíz	Glicerina	Ácido acético	H ₂ O	Bagazo
		g	mL	mL	mL	g
1.30gM.0.3b.20mLg.5mLa.180mLa	M1	30	20	5	180	0.3
2.30gM.0.3b.20mLg.10mLa.180mLa	M2	30	20	10	180	0.3
3.30gM.0b.20mLg.10mLa.180mLa	M3	30	20	10	180	0
4.30gM.1b.20mLg.5mLa.180mLa	M4	30	20	5	180	1
5.40gM.0b.20mLg.10mLa.100mLa	M5	40	30	10	100	0

supuestos de la estadística paramétrica. Por lo tanto, se procedió a realizar un análisis de Kruskal-Wallis, seguido de pruebas de contraste múltiple de Mann-Whitney para determinar diferencias estadísticamente significativas entre las medianas.

Resultados y discusión

Porcentajes de humedad y absorción de agua de las mezclas de los ecoplásticos evaluados

El análisis de Kruskal-Wallis de una vía indica que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$) con un 95% de confianza entre las medianas de los % de humedad y absorción de agua de los diferentes tratamientos de mezclas de ecoplásticos evaluados M1 (1.30gM. 0.3b.20mLg.5mLa.180mLa), M2 (2.30gM. 0.3b.20mLg.10mLa.180mLa), M3 (3.30gM.0b. 20mLg.10mLa.180 mL), M4 (4.30gM.1gb. 20mLg. 5mLa.180 mL), M5 (5.40gM.0gb.30mLgl.10mLa.100 mL). El contraste de medianas de Mann-Whitney reveló diferencias entre los distintos tratamientos, representados por letras diferentes. El tratamiento que mostró la mediana más alta en cuanto al % humedad fue M5 (5.40gM.0gb.30mLgl.10mLa.100

mLa), con un valor de 10.767 % ($\pm Q1 = 8.847$, $Q2 = 15.079$), seguidos por los tratamientos M3 (3.30gM.0b. 20mLg.10mLa.180 mL), M2 (2.30gM. 0.3b.20mLg.10mLa.180mLa) y M4 (4.30gM.1gb. 20mLg. 5mLa.180 mL), con valores de 7.738 % ($\pm Q1 = 7.525$, $Q2 = 7.996$), 6.9089 % ($\pm Q1 = 6.589$, $Q2 = 7.394$) y 6.67385 % ($\pm Q1 = 5.136$, $Q2 = 7.783$), respectivamente. El tratamiento M1 (1.30gM. 0.3b.20mLg.5mLa.180mLa), presentó el valor mediano más bajo del % de humedad con 6.067 % ($\pm Q1 = 5.4941$, $Q2 = 6.595$) (**Figura 2**).

Con respecto la % de absorción de agua, los tratamientos que mostraron las medianas más altas fueron M1 (1.30gM. 0.3b.20mLg.5mLa.180mLa) y M2 (2.30gM. 0.3b.20mLg.10mLa.180mLa), con valores de 62.2567% ($\pm Q1 = 61.478$, $Q2 = 62.963$) y 61.5109 ($\pm Q1 = 58.852$, $Q2 = 75.600$), respectivamente, seguidos por los tratamientos M4 (4.30gM.1gb. 20mLg. 5mLa.180 mL) y M3 (3.30gM.0b. 20mLg.10mLa.180 mL), con valores de 53.006% ($\pm Q1 = 51.344$, $Q2 = 54.668$) y 52.887% ($\pm Q1 = 46.499$, $Q2 = 58.713$), respectivamente. El valor mediano más bajo del % de absorción de agua se observó en el tratamiento M5 (5.40gM.0gb.30mLgl.10mLa.100 mL), con 37.238% ($\pm Q1 = 33.701$, $Q2 = 40.774$) (**Figura 3**).

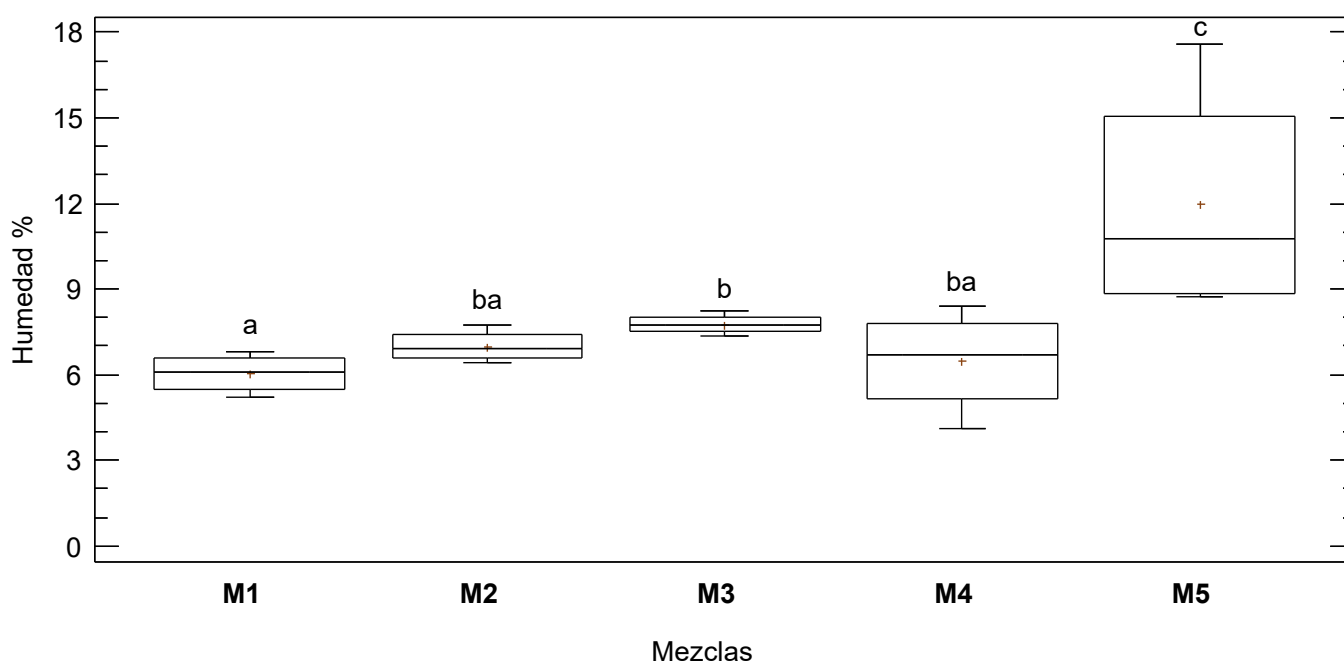


Figura 2. Valores medianos ($\pm Q1$ = cuartil inferior, $Q2$ = cuartil superior) de la variable humedad (%) de los diferentes tratamientos de mezcla de ecoplásticos empleados.

En este estudio experimental se pudo determinar la importancia de los acolchados en los procesos de evaporación y evapotranspiración. Los bioplásticos se han desarrollado de manera más común a partir de fécula de maíz y como plastificante la glicerina y el ácido acético, buscando con ello mejorar las características de los ecoplásticos. Los acolchados ayudan a mantener la humedad del suelo por lo que las características de los acolchados deben ser de carácter hidrofóbico es decir tener baja humedad (Sirivechphongkul *et al.*, 2022).

Conclusiones

En este artículo se presenta en primera instancia una revisión sobre la importancia potencial que tienen los acolchados para la retención de agua en los cultivos, y en una segunda fase se realizó un trabajo de investigación que se elaboraron 5 mezclas de ecoplásticos, a nivel laboratorio, utilizando almidón de maíz, glicerina, ácido acético y bagazo de agave a diferentes composiciones, para su uso como acolchados plásticos en la agricultura y evaluar su efecto en el proceso de evaporación. El análisis de Kruskal-Wallis mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$) con un 95 % de confianza entre las medianas de los porcentajes de humedad

y porcentajes de absorción de agua en mezclas de ecoplásticos evaluados. Mientras que, el contraste de medianas de Mann-Whitney reveló diferencias entre los distintos tratamientos, mostrando la mediana más alta en el porcentaje de humedad para el tratamiento M5 con un valor de 10.767 % ($\pm Q1 = 8.847$, $Q2 = 15.079$) y el más bajo para M1 con 6.067 % ($\pm Q1 = 5.4941$, $Q2 = 6.595$). De forma contraria, respecto al porcentaje de absorción de agua, fue M1 con 62.2567 % ($\pm Q1 = 61.478$, $Q2 = 62.963$) el que mostró el valor mediano más alto y M5 el valor mediano más bajo con 37.238 % ($\pm Q1 = 33.701$, $Q2 = 40.774$), lo anterior puede deberse a las características del material, el cual ya tiene un alto contenido de humedad por su naturaleza, y por lo tanto ya no puede absorber más agua. Estos hallazgos respaldan la relevancia de los ecoplásticos como una alternativa en prácticas agrícolas, con lo cual la relación de las mezclas de los ecoplásticos obtenidos con las características mecánicas permitirán determinar las condiciones físicas deseadas en su uso como acolchados. Por ello, es importante el continuar con investigaciones respecto al efecto del acolchado en la evaporación, de tal manera que sea un elemento de conservación de agua al evitar de forma constante la pérdida de

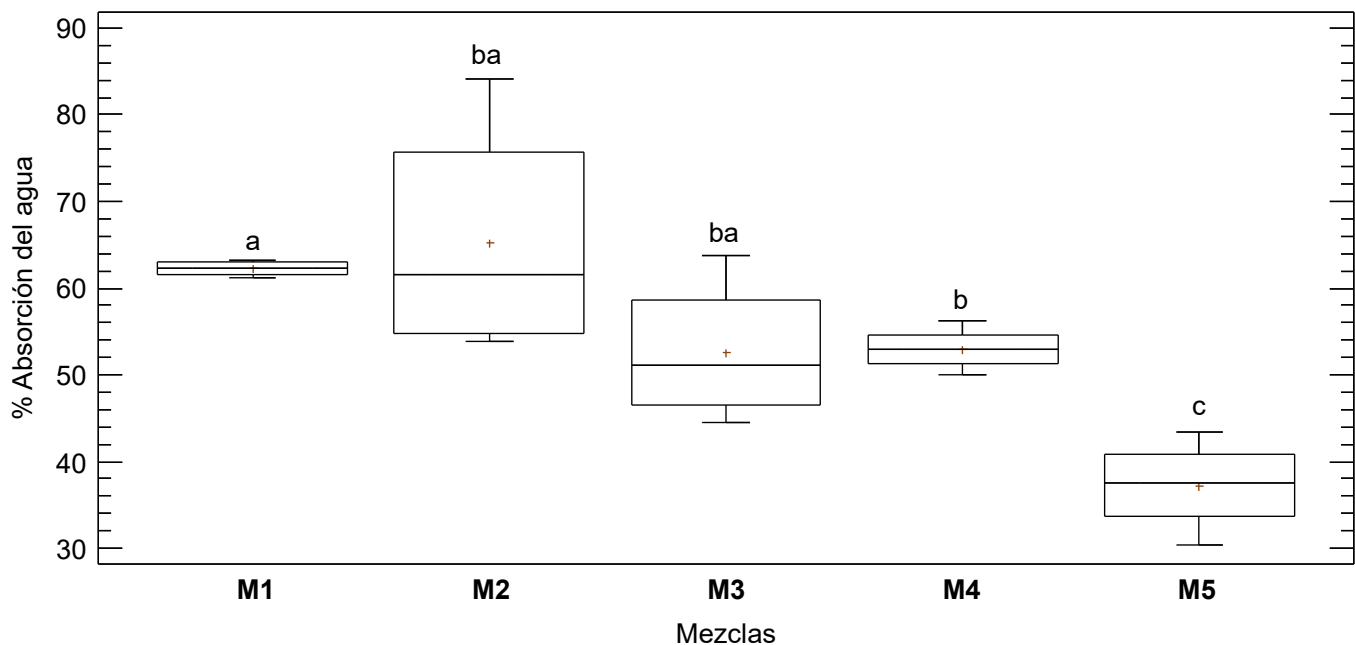


Figura 3. Valores medianos ($\pm Q1$ = cuartil inferior, $Q2$ = cuartil superior) de la variable % de absorción de agua de los diferentes tratamientos de mezcla de ecoplásticos empleados.

agua representada por la humedad y a su vez que se cumpla con la característica de ser biodegradables y ser competitivos con los acolchados plásticos que actualmente se utilizan y que representan un grave problema de contaminación ambiental.

Agradecimientos

A la Universidad de Guanajuato por el financiamiento del proyecto de investigación. A los estudiantes Brandon Alexis García Almanza y Rodrigo Juárez Balderas por su apoyo en el desarrollo del proyecto de investigación.

Referencias

- Achampong K, Daymond AJ, Adu-Yeboah P, Hadley P (2019), Improving field establishment of cacao (*Theobroma cacao*) through mulching, irrigation and shading. *Experimental Agriculture* 55(6):898-912. doi:10.1017/S0014479718000479
- Anzalone A, Cirujeda A, Aibar J, Pardo G, Zaragoza C (2010), Effect of biodegradable mulch materials on weed control in processing tomatoes. *Weed Science Society of America* 24(3):369-377. doi:10.1614/WT-09-020.1
- Barajas-Guzmán MG, L. Barradas V (2011), Microclimate and sapling survival under organic and polyethylene mulch in a tropical dry deciduous forest. *Botanical Sciences* 88:27-35. doi:10.17129/botsci.303
- Brar AS, Buttar GS, Thind HS, Singh KB (2019), Improvement of water productivity, economics and energetics of potato through straw mulching and irrigation scheduling in Indian Punjab. *Potato Research* 62(4):465-484. doi:10.1007/s11540-019-9423-6
- Briassoulis D, Giannoulis A (2018), Evaluation of functionality of bio-based plastic mulching films. *Polymer Testing* 67:99 - 109. doi:10.1016/j.polymertesting.2018.02.019
- Chopra M, Koul B (2020), Comparative assessment of different types of mulching in various crops: A review. *Plant archives* 20(2):1620-1626. ISSN:0972-5210.
- Feng LS, Sun ZX, Yan CR, Zheng MZ, Zheng JM, Yang N, Bai W, Feng C (2015), Effect of farmland surface covered porous mulch materials on soil water, heat and water use efficiency of maize. *Journal Animal Plant Sciences* 25:22-27.
- Gao Y, Xie Y, Jiang H, Wu B, Niu J (2014), Soil water status and root distribution across the rooting zone in maize with plastic film mulching. *Field Crops Research* 156:40-47. doi:10.1016/j.fcr.2013.10.016.
- Hueso-González P, Martínez-Murillo JF, Ruiz-Sinoga JD (2017), Beneficios de los acolchados de paja y poda como prácticas para la gestión forestal de los montes mediterráneos. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 43(1):189-208. doi:10.18172/cig.3142.
- Inzunza-Ibarra MA, Catalán-Valencia EA, Villa-Castorena M, López-López R, Sifuentes-Ibarra E (2017), Respuesta del tomate a tipos de acolchado plástico y niveles de riego con cinta, *Revista Fitotecnia Mexicana* 40(1):9-16. doi:10.35196/rfm.2017.1.9-16.
- Inzunza-Ibarra MA, Villa-Castorena M, Catalán-Valencia EA, Román-López A (2010), Extracción de nutrientes y producción de chile jalapeño bajo acolchado plástico y niveles de riego, *Terra Latinoamericana* 28(3):211-218.
- Jun F, Yu G, Quanju W, Malhi SS, Yangyang L (2014), Mulching effects on water storage in soil and its depletion by alfalfa in the Loess Plateau of northwestern China. *Agricultural Water Management* 138:10-16. doi:10.1016/j.agwat.2014.02.018.
- Lahoz I, Macua JJ, Cirujeda A, Aibar J, León AIM, Pardo G, Suso M, Moreno MM, Moreno C, Mancebo I (2014), Influencia del acolchado biodegradable en la producción de pimiento. 6.
- Lara-Capistrán L, Zulueta-Rodríguez R, Reyes-Pérez JJ, Murillo-Amador B, Ledea-Rodríguez JL, Hernández-Montiel LG (2021), Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares asociados a calabaza italiana (*Cucurbita pepo* L.) bajo acolchado plástico en campo. *Terra Latinoamericana* 3:1-11. doi:10.28940/terra.v39i0.834.
- Li Q, Li H, Zhang L, Zhang S, Chen Y (2018), Mulching improves yield and water-use efficiency of potato cropping in China: A meta-analysis. *Field Crops Research* 221:50-60. doi:10.1016/j.fcr.2018.02.017.
- Lin W, Liu W, Xue Q (2016). Spring maize yield, soil water use and water use efficiency under plastic film and straw mulches in the Loess Plateau. *Scientific Reports* 6(1):1-10. doi: 10.1038/srep38995.
- Loera-Alvarado LA, Torres-Aquino M, Martínez-Montoya JF, Cisneros-Almazán R, and Martínez Hernández J de J. (2019), Calidad del agua de escorrentía para uso agrícola captada en bordos de almacenamiento. *Ecossistemas y Recursos Agropecuarios* 6(17):283-295. doi:10.19136/era.a6n17.1867
- Montemayor Trejo JA, Suárez González E, Munguía López JP, Segura Castruita MÁ, Mendoza Villarreal R, Woo Reza JL (2018), Acolchados plásticos para la producción de maíz (*Zea mays* L.) forrajero en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 20:4107-4115. doi:10.28940/terra.

v39i0.834

Patil A, Tiwari KN (2018), Evapotranspiration and crop coefficient of Okra under subsurface drip with and without plastic mulch. *Current Science* 115(12):2249-2257. doi:10.18520/cs/v115/i12/2249-2258.

Prosdocimi M, Tarolli P, and Cerdà A (2016), Mulching practices for reducing soil water erosion: A review. *Earth-Science Reviews* 161:191-203. doi:10.1016/j.earscirev.2016.08.006

Rao Z-X, Huang D-Y, Zhu H-H, Zhu Q-H, Wang J-Y, Luo Z-C, Xu C, Shen X, He Y-B. (2016). Effect of rice straw mulching on migration and transportation of Cd, Cu, Zn, and Ni in surface runoff under simulated rainfall. *Journal of Soils and Sediments* 16(8):2021-2029. doi:10.3390/w14162471.

Reid EV, Samuelson MB, Blanco-Canqui H, Drijber R, Kadoma Wortman SE (2022), Biodegradable and biobased mulch residues had limited impact on soil properties but reduced yield of the following crop in a low fertility soil. *Renewable Agriculture and food System* 37:409-503. doi:10.1017/S1742170522000217.

Schettini E, Sartore L, Barbaglio M, Vox G (2012), Hydrolyzed protein based materials for biodegradable spray mulching coatings. *Acta Horticulturae* 952:359-366. doi:10.17660/ActaHortic.2012.952.45.

Sirivechphongkul K, Chiarasumran N, Saisriyoot M, Thanapimmetha A, Srinophakun P, Iamsaard K, Lin Y-T (2022), Agri-biodegradable mulch films derived from lignin in empty fruit bunches. *Catalysts* 12:1150. doi:10.3390/catal12101150

Sun H, Shao L, Liu X, Miao W, Chen S, Zhang X (2012), Determination of water consumption and the water-saving potential of three mulching methods in a jujube orchard.

European Journal of Agronomy 43:87-95. doi:10.1016/j.eja.2012.05.007

Wu HX, Zhang Y, Wang L, Chen D, Ma C (2019), Effect of infiltration head on soil water movement of small-diameter tube outflow furrow irrigation under mulch film. *World Journal of Engineering* 16(2):232-237. doi:10.1108/WJE-10-2017-0332.

Yan Q, Dong F, Lou G, Yang F, Lu J, Li F, Zhang J, Li J, Duan Z (2018), Alternate row mulching optimizes soil temperature and water conditions and improves wheat yield in dryland farming. *Journal of Integrative Agriculture* 17(11):2558-2569. doi: 10.1016/S2095-3119(18)61986-0

Yin W (2016), Integrated double mulching practices optimizes soil temperature and improves soil water utilization in arid environments. *International Journal Biometeorolgy* 15:1423-1437. doi:10.1007/s00484-016-1134-y.

Zhang S, Yang X, Lovdahl L (2016), Soil management practice effect on water balance of a dryland soil during fallow period on the Loess Plateau of China. *Soil and Water Research* 11(1):64-73. doi:10.17221/255/2014-SWR.

Zheng J, Fan J, Zhang F, Yan S, Guo J, Chen D, Li Z (2018). Mulching mode and planting density affect canopy interception loss of rainfall and water use efficiency of dryland maize on the Loess Plateau of China. *Journal of Arid Land* 10(5):794-808. doi:10.1007/s40333-018-0122-y.

Zribi W (2011), Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. *Información Técnica Económica Agraria* 107:16. 148-162.

Zribi W, Aragüés R, Medina E, Faci JM (2015), Efficiency of inorganic and organic mulching materials for soil evaporation control. *Soil and Tillage Research* 148:40-45. doi:10.1016/j.still.2014.12.003.