

Efecto de la implementación de acolchados en los componentes del balance hídrico superficial

Delgadillo Ruiz Eladio¹, Vázquez Rodríguez Guadalupe¹, Tirado Torres David¹, Robles Buenrostro María Fernanda¹, Pérez Gallegos Diana Ofelia¹, Hernández Moreno Jesús David¹, Arias Hernández Luz Adriana²

¹Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Av. Juárez No. 77, Col. Centro, Guanajuato, Gto., C.P. 36000, México.

²Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, Av. Juárez No. 77, Col. Centro, Guanajuato, Gto., C.P. 36000, México.
e.delgadillo@ugto.mx¹

Resumen

La aplicación de los acolchados en el suelo como alternativa de los sistemas agrícolas ha adquirido una gran importancia en estos últimos años. Esta práctica consiste en colocar una cubierta sobre la superficie del suelo con el principal objetivo de establecer una serie de interacciones suelo-agua-planta favorables para el crecimiento óptimo del cultivo y con ello satisfacer la demanda de alimento. Los materiales utilizados tradicionalmente en los acolchados se clasifican en inorgánicos y orgánicos, los primeros incluyen varios tipos de plásticos de diversos colores destacando el plástico de polipropileno color negro, en el caso de los componentes de los acolchados orgánicos destacan los conformados por paja de arroz, maíz y sorgo, se destaca además acolchados conformados por piedras (piedra volcánica, gravas), arena y materiales geotextiles, entre otros. Las prácticas agrícolas que se han estado implementando con base al uso de los diversos acolchados que existen, se han identificado que cada uno de los resultados obtenidos han tenido variaciones, debido a que algunos acolchados poseen mejores características físicas y químicas que otros, partiendo de una comparación de cultivos, en las cuales algunos utilizan los plásticos más frecuentes y dejando algunas zonas sin acolchar, viéndose reflejado en estos casos sobre la cantidad de producción de los cultivos que llegan a tener en comparación a los que si se utilizaron, además de eso, se observa que no siempre se obtiene el mismo resultado de un acolchado que se aplica en diferentes localidades. Además de lo anterior, se ha determinado que la implementación de acolchados permite crear condiciones ambientales favorables para el mejoramiento del suelo, el crecimiento, desarrollo y producción de cultivos. Este proyecto de investigación se enfocó en el análisis del efecto de los acolchados sobre los componentes del balance hídrico superficial, realizando para ello la revisión de diversas publicaciones. Se determinó cómo los acolchados afectan los componentes principales del balance hídrico como evaporación, escurrimiento superficial, infiltración o almacenamiento, sin embargo, estos son solo algunos ya que se puede abundar en algunos más. Hablando específicamente de los resultados de las fuentes consultadas, se determinó que la aplicación de acolchados reduce tanto la evapotranspiración como la evaporación, ya que se crea una barrera que dificulta el flujo de vapor de agua a la atmósfera. La eficiencia del acolchado en la reducción de la evaporación depende de las características del material utilizado (grosor, porosidad, color, capilaridad, etc.), los acolchados usados más frecuentes para estos casos son los conformados de paja y película plástica. Se determinó que la aplicación de acolchados disminuye la escorrentía y permite con ello mayor infiltración de agua, generando con lo anterior disminución en la erosión de suelo y sedimentación. Los acolchados tienen efectos positivos en cuanto a mejorar el contenido y conservación de humedad y almacenamiento de agua en suelo, convirtiéndose así, en una solución para zonas en las que la escasez del agua es un factor clave para el crecimiento de los cultivos.

Palabras clave: Acolchado, Balance hídrico, Cultivos

Introducción

El aprovechamiento de los recursos naturales, tiene un gran impacto en el desarrollo de diversas actividades mediante las cuales se pueda cubrir la necesidades de la población, sin embargo el uso irracional e ilimitado ha sido tal, al punto de generar serios problemas ecológicos asociados por el uso desmedido de los recursos, lo cual trae como consecuencia que se intensifiquen aspectos como: la sobreexplotación del suelo, la crisis hídrica mundial, el calentamiento global, la incertidumbre en la disponibilidad de alimentos, las problemáticas ambientales, entre otros factores, que han generado constantes interrogativas acerca de cómo crear las condiciones ambientales adecuadas que permitan proveer elementos indispensables a todos los seres humanos. Con base en esta problemática, desde hace mucho tiempo las sociedades han generado una serie de técnicas orientadas a lograr una mejor adaptación, aprovechamiento, manejo y cuidado de los recursos disponibles, con la finalidad de garantizar la seguridad alimentaria de una población creciente. Actualmente, los problemas ambientales han sido, sin duda un tema de suma importancia para los seres humanos, ya que afecta de manera directa en las actividades cotidianas, sobre todo en la disposición de los recursos de los centros poblacionales (Apipalakul et al., 2015).

Por otro lado, hoy en día el cambio climático es uno de los temas más importantes y de mayor difusión en la sociedad, ya que representa una de las consecuencias principales del uso inadecuado de los recursos naturales y que se ha manifestado mediante fenómenos extremos en los que se tiene la presencia de inundaciones provocados por eventos de precipitación de gran intensidad en periodos cortos de tiempo, pero por otro lado, periodos extremos de sequía en los que son presentadas de forma irregular o nula los eventos de precipitación siendo mayor en zonas áridas y semiáridas, provocando esto último de manera particular, desequilibrio en los ecosistemas del medio ambiente así como en el desarrollo de diversas actividades, tal es el caso de la agricultura, en la que el impacto se manifiesta principalmente en la disponibilidad de agua para el desarrollo de cultivos, en el aumento de las temperaturas, en la reducción de la humedad del suelo, en la disminución del almacenamiento, entre otros, provocando una significativa reducción en la producción alimentaria a nivel mundial (Ahn et al., 2018).

Asimismo, la escasez del agua y el uso indiscriminado del suelo son limitantes a considerar en las actividades agrícolas, por ejemplo, las diversas técnicas de riego no son suficientes para reducir el consumo de agua o su evaporación después del riego, por lo cual, se debe recurrir a técnicas adicionales como la implementación de los acolchados, el cual genera un gran incremento en el ahorro del agua utilizada, permitiendo con lo anterior, el gestionar de mejor manera el riego y la distribución de agua en el suelo y los componentes del balance hídrico de la zona de raíces, esto genera que la absorción de agua de la raíz y la evaporación se reduce a medida que se reduce la cantidad de riego, lo cual genera un ahorro significativo gracias a los acolchados, por la cantidad de agua que ya no se evapora debido al acolchado (Liao et al., 2021). El desarrollo y aplicación de técnicas agrícolas toma un papel sumamente importante, 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 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. Además, se han tenido resultados acerca de la diferencia de colores utilizados en los acolchados, lo que puede generar una ligera variabilidad en los resultados, en cambio, al comparar dichas investigaciones con suelos sin acolchar hay una gran diferencia que se nota en la producción y desarrollo de los cultivos (Chopra & Koul, 2020). De igual manera, se han utilizado los acolchados para poder recrear un ambiente favorable para la producción de alimentos. El uso de los acolchados tiene ventajas significativas para el rendimiento de los cultivos, ya que con su aplicación se aumenta dicho rendimiento, así como la reducción significativa en la erosión y la conservación de humedad del suelo, por eso, los acolchados han dado de que hablar en estos últimos años, ya que consisten en el cuidado de los terrenos para su mayor progreso en su uso. Existen diferentes materiales económicos y fáciles de conseguir en los que resaltan los boleos, los plásticos y residuos vegetales. Durante las investigaciones se ha dado a conocer muchas ventajas de este método, como lo es, el mejoramiento de la producción de cultivos, conservación de agua en zonas de escases, mejoramiento en las características del suelo, mejoramiento de la temperatura del suelo, entre otros. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue la revisión de diversas publicaciones a través de las cuales se recopiló información para analizar el efecto de la implementación de acolchados en la evapotranspiración, evaporación, infiltración, escorrentía como componentes del balance hídrico superficial.

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

Respecto al balance hídrico es importante entender el equilibrio de los componentes del ciclo hidrológico, dichos componentes que comprenden la precipitación, escurrimiento, infiltración, evaporación y evapotranspiración forman parte importante en el buen desarrollo de diversas actividades en una cuenca, si bien dichos componentes dependen de las características climáticas, topográficas y geográficas, la alteración en alguno de estos componentes implica un impacto importante en la disponibilidad de agua a tal grado que se vean afectadas las actividades económicas, industriales, sociales y además de lo anterior, afectaciones en los ecosistemas. De manera apremiante la agricultura se encuentra dentro de estas actividades con gran afectación hablando del desequilibrio en el balance hídrico, debido a que requiere una cantidad considerable de agua para que se lleve a cabo de manera eficiente la producción de ciertos cultivos. Dada la situación actual de estrés hídrico, la cual tiene mayor afectación en zonas áridas o semiáridas, es de vital importancia la implementación de metodologías que disminuyan estas afectaciones, tal es el caso del uso de los diversos tipos de acolchados. Por lo anterior es de gran interés en esta investigación la interacción y resultado de la implementación del uso de acolchados en cada uno de los componentes mencionados anteriormente, para mantener el balance hídrico.

Efecto sobre la Evapotranspiración.

En el análisis de la interacción de los acolchados con la evapotranspiración (ET), es importante mencionar que la ET es definida como la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde, por un lado, a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo y cuyo valor se registra en mm. En el análisis del efecto del uso de acolchados en cultivos sobre la evapotranspiración, Patril et al. en 2018, han demostrado la disminución en la evapotranspiración con la implementación de acolchado plástico que sin acolchado, presentando valores de 27% y 28.9% más altos que bajo cobertura con plástico correspondientes a los años de estudio de 2016 y 2017 respectivamente, lo cual lo atribuyen al aumento de la resistencia a la difusión del vapor en la interfaz suelo-aire parcialmente cubierta por una película de plástico (Patril y Tiwari, 2018). Por otro lado, Sun et al. en 2012 mencionan que los acolchados de concreto y de película plástica tuvieron un mayor impacto que el acolchado de paja en la reducción del uso de agua del cultivo, logrando mantener una tasa máxima de transpiración diaria de 3 - 3.5 mm por día. (Sun et al., 2012). Respecto al efecto en la ET con la implementación de los acolchados en diversos cultivos se ha encontrado que la ET total en las tiras de maíz fue significativamente mayor que en las tiras de trigo, lo que resultó de la fuerte transpiración del maíz en el período de crecimiento vigoroso. Además, la evapotranspiración del trigo y el maíz en 2011 fue superior a la de 2010 después de la cosecha de trigo, lo que se debe a que la lluvia después de la cosecha de trigo en 2011 (precipitación fue de 131,6 mm) fue en consecuencia superior a la de 2010 (precipitación fue de 28.0 mm) (Yin et al. 2016). Por otro lado Li et al, han demostrado que 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). Otro aspecto importante sobre los efectos del acolchado es que ET estacional fue ligeramente mayor en las parcelas cultivadas sin acolchado de paja que en las cultivadas con acolchado, independientemente de los métodos de siembra y riego. (Brar et al., 2019). La ET bajo los tratamientos de acolchado 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 en la Evaporación

La evaporación como parte del ciclo hidrológico se define como el proceso en el que el agua pasa de estado líquido a gas, dicho proceso ocurre tanto en cuerpos de agua o superficie de suelo en los que el agua se encuentra almacenada. Es importante mencionar que la evaporación depende de diversos factores meteorológicos los cuales incluyen la velocidad del viento, presión atmosférica, humedad y temperatura (Zribi et al., 2015). Estos factores son analizados en la implementación de acolchados en la agricultura, la cual se ha observado efectos en incrementos o disminución de la temperatura, tal como lo indica Feng et al, quienes determinaron que la temperatura media del suelo cubierto por acolchado poroso disminuyó en 1,55 °C en comparación con acolchado ordinario (película de polietileno), y aumentó en 1,09 °C y 2,59 °C en comparación con la tierra desnuda y la paja. (Feng et al., 2015). Además de lo anterior, se ha determinado que el uso de acolchado plástico negro, aumenta de 1.2°C de la temperatura mínima diaria promedio y

reduce 43% la amplitud de la temperatura del suelo diaria promedio en comparación con el plástico color plata, este incrementa 1.6°C la temperatura mínima diaria promedio ambos en relación con el tratamiento sin acolchar (Inzunza-Ibarra et al., 2010). Por otro lado, estudios realizados por Lara et al, determinaron 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 obscuro (Lara-Capistrán et al., 2021), mostrando con lo anterior la variación de la temperatura dependiendo del color del acolchado y que están relacionados con los procesos fisiológicos en los que están involucrados la absorción de agua y nutrientes de los cultivos (Inzunza-Ibarra et al., 2017). El uso de los acolchados plásticos y orgánicos tiene efecto en los valores de evaporación, como lo menciona Llimpe et al, al realizar estudios con acolchados de rastrojo de trigo, determinando que generan la reducción de la evaporación y conservan mejor la humedad del suelo, que el suelo desnudo o sin acolchar (Llimpe, 2018). De acuerdo a estudios realizados por Brar et al, el acolchado con paja genera un 19% más de rendimiento de los tubérculos de papa que sin la implementación de acolchado, como resultado de 36.2 mm de transpiración y 44.2 mm menos de evaporación del suelo (Brar, 2019). Se ha demostrado además que el acolchado aumenta el almacenamiento de agua en el suelo en relación con la práctica convencional en 38 – 71 mm (Zhang et al., 2016). Los sistemas integrados de siembra en relevo de trigo y maíz combinado con el acolchado de paja pueden disminuir la evaporación del suelo, la siembra de relevo de trigo y maíz junto con la cobertura de paja en la superficie del suelo fue la más significativa, lo que redujo el consumo de agua de 3,6 a 4,6 % en comparación con el sistema convencional de plantación en relevo (Yin et al., 2015). Estudio realizados por Lin et al, demostraron que 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 se observa aumento del rendimiento, sin embargo para el caso el acolchado de paja este rendimiento es mucho menor e inestable, lo anterior lo atribuyen a la influencia de la aplicación del acolchado en los tiempos de crecimiento del cultivo así como en la inestabilización por degradación del acolchado orgánico (Lin et al., 2016), sin embargo la desventaja con los acolchados plásticos son los residuos que pueden ser difícil de eliminar del suelo, por lo anterior se han realizado investigaciones con acolchados a base de proteínas que además de ser de fácil degradación presentan una evaporación homogénea (Schettini et al., 2012). Finalmente, respecto al efecto de los acolchados en la evaporación se ha encontrado, que además de la implementación en campo, estudios experimentales a nivel laboratorio variando diversos aspectos, observando reducción de la evaporación, registrando porcentajes muy altos con el uso de plástico negro (80%), moderado con la corteza de pino (47%), bajo con la paja de trigo (27%) y muy bajo con el residuo de poda de viña (13%) y, en particular, con el geotextil (7%). En el ensayo de campo sin cultivo, los acolchados redujeron en promedio la evaporación del suelo en un 67% respecto a la del suelo desnudo cuando la humedad del suelo era relativamente alta, pero la reducción fue de tan solo un 35% para una humedad ligeramente inferior a capacidad de campo (Wided Zribi, 2013).

Efecto en la Infiltración y Escorrentía

Una vez que se lleva a cabo la precipitación los fenómenos de escorrentía e infiltración son factores de gran impacto en la determinación de humedad en suelo y retención de agua, así como en la pérdida de suelo por efecto de intensidad de lluvia causando con ello mayor sedimentación por arrastre de la escorrentía, siendo factores importantes en nuestro caso de estudio, para llevar a cabo el buen desarrollo en la agricultura, ya que al presentarse poca infiltración la escorrentía es mayor y puede afectar el crecimiento de los cultivos. Los factores que afectan la escorrentía pueden deberse a las características del suelo o si ha presentado cambios en su uso o a su topografía, entre otros factores o características de la cuenca. Por lo anterior se presenta a continuación los efectos de los acolchados en la infiltración y escorrentía, que han sido investigados. Hueso et al, (Hueso-González et al., 2017) mencionan que, el uso de acolchados a base de paja de astillas de pino permite incrementar el contenido volumétrico de agua en el perfil edáfico y aumentar la cantidad de agua disponible para las plantas. Por otro lado, se ha reportado que el acolchado de polipropileno negro amortigua la energía cinética de las gotas de lluvia que reduce la dispersión física del suelo, manteniendo la tasa de infiltración de agua en el suelo (Zribi, 2011). Otro aspecto importante a considerar es que se ha determinado que la infiltración incrementa el perímetro mojado del suelo aumentando horizontalmente y decreciendo verticalmente, la longitud de humedad horizontal de 5 cm fue un 14% mayor, mientras que la longitud vertical de perímetro mojado fue casi un 19 % menor (Wu et al., 2019). Liao et al, analizaron los efectos de acolchado de hierba y de paja de maíz en la infiltración en suelo perteneciente a huerto de manzanas, observando un aumento en la infiltración tanto por evento de lluvia como en riego por goteo aplicado, además de lo anterior observan mejoras en las propiedades del suelo así como buenos rendimientos en la producción de los cultivos (Liao et al., 2021).

La importancia de mantener baja escorrentía para una mayor infiltración en mencionada por Yakubu et al, quienes investigaron el efecto de acolchados de caña de azúcar sobre cultivos de zanahoria en donde determinaron que el acolchado evita la pérdida de suelo por el impacto del agua de lluvia y además incrementa la infiltración disminuyendo con ello la escorrentía lo cual se manifiesta con buena productividad del cultivo mencionado (Yakubu et al., 2021). Se ha demostrado que el acolchado de paja de arroz retrasa la generación de escorrentía en 4 min para capa delgada de acolchado y en 25 min para una capa gruesa de acolchado. También disminuye la escorrentía total en 31 % para la capa delgada de acolchado y 50 % para la capa gruesa de acolchado y redujo el sedimento en 93 % para la capa delgada de acolchado y 97 % para la capa gruesa de acolchado ($P < 0.05$), respectivamente (Rao et al., 2016). Por otro lado, Niziolomski et al mencionan que la inclinación del terreno, la intensidad de lluvia y el grado de erosión del terreno son factores que promueven los efectos de pérdida de suelo y sedimentación, realizando con ello estudios con acolchado de paja sobre cultivos de espárrago, observando disminución de pérdida de suelo con el acolchado de paja de un 72 % (Niziolomski et al., 2020). Haciendo referencia a acolchados orgánicos, el compuesto con ramas astilladas reduce la generación de escorrentía entre un 15,5 y un 78,6 % así como la producción de sedimentos entre un 40,7 y un 98,6 % en comparación con el suelo desnudo respectivamente. (Pan et al., 2018). Además de lo anterior se ha estudiado que el impacto de los acolchados en la infiltración y escurrimiento ha beneficiado la conservación de los nutrientes en suelo, que al ser comparadas con el suelo sin acolchar se observan diferencias en cuanto a la conservación de materia orgánica, así como nitrógeno y fósforo en específico con el uso de acolchados de paja (Yaşar Korkanç & Şahin, 2021).

Almacenamiento y conservación de agua en suelo por efecto del acolchado.

Una adecuada gestión hídrica, es indispensable para garantizar de manera eficiente la disponibilidad de agua en una cuenca, y en mayor medida por el incremento en el estrés hídrico que se presenta derivado de la sobreexplotación del agua de los mantos acuíferos. Asimismo, se han considerado técnicas o alternativas en la disponibilidad de agua. Lo anterior tiene mayor importancia en las zonas áridas en las cuales se ve limitada la actividad agrícola por dicha disponibilidad, si bien se han considerado técnicas como la captación de agua de lluvia (Loera-Alvarado et al., 2019), la aplicación de acolchados en la agricultura, ha sido aprovechada de tal forma que ha beneficiado una mayor disponibilidad y almacenamiento en suelo, en comparación con los suelos sin acolchado ya sea orgánicos o inorgánicos (Sharma & Bhardwaj, 2017). Manni et al mencionan que la aplicación de acolchado al ser menos permeable que el propio suelo permite la recolección de agua de lluvia, durante todo el año. Dichos volúmenes de agua de lluvia se han aprovechado para ser almacenados en un depósito de 5.000 L, los cuales fueron empleados en los cultivos a través del sistema de riego por goteo integrado en la membrana de acolchado. Este sistema podría permitir optimizar la etapa de riego al consumir menores volúmenes de agua y reducir la explotación de agua potable y agua del acuífero (Manni et al., 2020). Además, Prosdocimi et al, analizaron los efectos en las proporciones de acolchado y en los diversos tipos, encontrado como otro beneficio que el uso de acolchado en un rango de 400 gm^{-2} sirve para incrementar la porosidad y uno de un rango de 800 gm^{-2} para mejorar la capacidad de disponibilidad del agua, la retención de humedad y agregar estabilidad (Prosdocimi et al., 2016).

El almacenamiento de agua en el suelo generalmente disminuyó a medida que aumentaba la densidad de plantación, lo que puede atribuirse al alto consumo de agua del suelo y la baja cantidad de lluvia neta (Zheng et al., 2018). Se ha identificado diversos resultados en cuando al aumento de agua en los perfiles de suelo en el incremento de los perímetros con contenido de agua en suelo. Cheng et al indican un incremento del contenido de agua en suelo, causado por el efecto de los tratamientos con acolchados, así como en el contenido volumétrico del agua manteniendo un rango de 0.15 a 0.24 gcm^{-3} siendo mayor hacia la parte superior de la base y menor en medio del perfil (Cheng et al., 2021). Por otro lado, se ha verificado que el acolchado de película completa en camellones dobles y la siembra en surcos mejoran significativamente el contenido de agua del suelo, principalmente en la profundidad de 0 a 40 cm (Gao et al., 2014). Estudios realizados con acolchados de grava y paja han mostrado que se presentan mejoras en el contenido de agua del suelo a 15 cm de profundidad en comparación con el control sin acolchado, pero no influyeron en el contenido de agua en el perfil profundo del suelo (Jun et al., 2014). Yin et al analizaron que mediante un sistema integrado de doble acolchado se conserva más humedad del suelo que el sistema agrícola convencional en los 30 cm superiores de profundidad del suelo, los dos sistemas integrados de cobertura doble aumentaron el contenido promedio de agua del suelo en un 5,7 % en 2010 y un 7,7 % en 2011 en comparación con el control (Yin, 2016). Yan et al, analizan que el acolchado mejora el almacenamiento de

agua en el suelo en todas las etapas de crecimiento del cultivo bajo altas tasas de cobertura en un rango de 0 a 8 cm, con un efecto más fuerte en las etapas de crecimiento posteriores (Yan et al., 2018). Aunado a lo anterior se ha demostrado que el acolchado superficial beneficia en cierta medida el crecimiento de las hojas y promueve la aparición de refugios para la lluvia, lo que aumenta la capacidad de interceptar y recolectar la lluvia en el suelo a nivel del tallo (Zheng et al., 2018).

Otros beneficios del uso de acolchados

Además de disminuir la maleza con la implementación de acolchado, se encuentra también mayor conservación de la humedad. Barajas et al, determinaron que el contenido de humedad del suelo fue más alto con el uso de acolchados de polietileno blanco (Barajas-Guzmán & L. Barradas, 2011). El Acolchado orgánico (Paja de trigo) mantiene húmedo el suelo, estableciendo temperaturas medias (Gómez, s. f.). El empleo de acolchados plásticos para la producción de maíz forrajero incrementa los rendimientos hasta 25% más con respecto al sistema sin acolchar (Montemayor Trejo et al., 2018). El contenido de agua del suelo fue similar bajo los tratamientos de cobertura plástica y riego, excepto a 0.1 m de profundidad donde fue mayor bajo riego. La humedad del suelo fue más baja con el tratamiento de acolchado de café que con los tratamientos de acolchado de plástico y riego (Acheampong et al., 2019). Las parcelas cubiertas con cobertura vegetal tenían un perfil de almacenamiento de humedad 7.6 mm más alto que las parcelas sin cobertura vegetal (Brar et al., 2019). Además de los beneficios anteriores en el uso de acolchados, diversos autores han reportado como beneficios respecto a mejores rendimientos en la producción de cultivos en el caso de acolchados de plástico (Lahoz et al., s. f.). De forma general se han observado mejoras en la producción de trigo y maíz en un 33,2% y un 33,7%, respectivamente con el uso de cultivos acolchado plástico (Kader, 2019). Sun et al mencionan mejoras en el rendimiento de los cultivos y la eficiencia en el uso del agua en 45,5% y 58,0%, respectivamente con $3,0 \times 10^7$ toneladas métricas de producción de cultivos (Sun, 2020).

Conclusiones

A través de esta investigación se determinó que los acolchados ya sea de tipo orgánicos o inorgánicos están conformados por una gran variedad de componentes usados para diversos cultivos, siendo en el caso de los acolchados inorgánicos el más común el del plástico negro y en el caso de los acolchados orgánicos los de paja, trigo o maíz.

Respecto al efecto del acolchado en la evapotranspiración se puede mencionar que en todos los casos usados ya sea acolchados del tipo orgánico o inorgánico se observa disminución en la evapotranspiración que en los sistemas en los cuales no fue implementado el acolchado. Se puede concluir que con base al material de acolchado utilizado se puede generar un incremento de la temperatura del suelo, lo que ocasiona que se produzca mayor transpiración de las plantas, sin embargo, al conservarse la humedad del suelo existe una disponibilidad del recurso para poder llevar a cabo el proceso de evapotranspiración.

De manera general la evaporación se disminuye en los casos en los cuales se aplicó el acolchado manteniendo con ello mayor retención de humedad de suelo y por lo tanto mejores condiciones para un mejor rendimiento en los cultivos. Esto depende de la estructura particular del acolchado, del espesor de la lámina usada y del color específico del material, ya que se absorbe o refleja la radiación que llega directamente al suelo.

Se determinó mediante las investigaciones realizadas que la escorrentía disminuye con el uso de acolchados y por lo tanto se ve favorecida generando una mayor infiltración ya sea en cultivos con lluvia estacional o con algún método de riego, además de lo anterior se disminuye la erosión de suelo y la sedimentación causada por escorrentía. Además, se puede observar que dependiendo de la separación de las partículas del material de acolchado se incrementará la infiltración en el caso de los materiales orgánicos y se aumentará el escurrimiento en el caso de los materiales plásticos debido a su estructura particular.

Es importante mencionar que, entre los beneficios de gran impacto del uso de acolchado, es el relacionado con la conservación o almacenamiento de agua en el suelo de cultivo en los cuales se pudo analizar en las investigaciones realizadas que este almacenamiento es considerable, lo cual tiene gran aplicación en zonas áridas con poca presencia de eventos de lluvia en las cuales se lleva a cabo la práctica de cultivo de temporal.

Se propone la utilización de acolchados para poder realizar una conservación adecuada del recurso hídrico, ayudar con el entorno ambiental y sobre todo para garantizar la producción de alimento en el mundo, al incrementar por varios días la humedad que requieren los cultivos en particular.

Referencias

- Acheampong, K., Daymond, A. J., Adu-Yeboah, P., & Hadley, P. (2019). Improving field establishment of cacao (*Theobroma cacao*) through mulching, irrigation and shading. *Experimental Agriculture*, 55(6), 898-912. <https://doi.org/10.1017/S0014479718000479>
- Ahn, S., Abudu, S., Sheng, Z., & Mirchi, A. (2018). Hydrologic impacts of drought-adaptive agricultural water management in a semi-arid river basin: Case of Rincon Valley, New Mexico. *Agricultural Water Management*, 209, 206-218. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.040>
- Apipalaku, C., Wirojangud, W., & Ngang, T. K. (2015). Development of Community Participation on Water Resource Conflict Management. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 186, 325-330. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.048>
- Barajas-Guzmán, M. G., & L. Barradas, V. (2011). Microclimate and sapling survival under organic and polyethylene mulch in a tropical dry deciduous forest. *Botanical Sciences*, 88, 27. <https://doi.org/10.17129/botsci.303>
- Brar, A. S., Buttar, G. S., Thind, H. S., & Singh, K. B. (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. <https://doi.org/10.1007/s11540-019-9423-6>
- Cheng, D., Wang, Z., Yang, L., Zhang, L., & Zhang, Q. (2021). Combined effects of mulching and crop density on soil evaporation, temperature, and water use efficiency of winter wheat. *Experimental Agriculture*, 57(3), 163-174. <https://doi.org/10.1017/S0014479721000119>
- Chopra, M., & Koul, B. (2020). COMPARATIVE ASSESSMENT OF DIFFERENT TYPES OF MULCHING IN VARIOUS CROPS : A REVIEW. 7.
- Feng, L. S., Sun, Z. X., Yan, C. R., Zheng, M. Z., Zheng, J. M., 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. *J. Anim. Plant Sci.*, 6.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.10.016>
- Gómez, A. F. N. (s. f.). IDENTIFICACIÓN DE ALGUNOS EFECTOS CAUSADOS POR ACOLCHADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS EN CONDICIONES DEL TRÓPICO. 66.
- Hueso-González, P., Martínez-Murillo, J. F., & Ruiz-Sinoga, J. D. (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. <https://doi.org/10.18172/cig.3142>
- Inzunza-Ibarra, M. A., Catalán-Valencia, E. A., 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. <https://doi.org/10.35196/rfm.2017.1.9-16>
- Inzunza-Ibarra, M. A., Villa-Castorena, M., Catalán-Valencia, E. A., & Román-López, A. (2010). Extracción de nutrientes y producción de chile jalapeño bajo acolchado plástico y niveles de riego. 8.
- Jun, F., Yu, G., Quanjiu, W., Malhi, S. S., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.02.018>
- Kader, M. A. (2019). Mulching as water-saving technique in dryland agriculture: Review article. 6.
- Lahoz, I., Macua, J. I., Cirujeda, A., Aibar, J., León, A. I. M., Pardo, G., Suso, M., Moreno, M. M., Moreno, C., & Mancebo, I. (s. f.). Influencia del acolchado biodegradable en la producción de pimiento. 6.
- Lara-Capistrán, L., Zulueta-Rodríguez, R., Reyes-Pérez, J. J., Murillo-Amador, B., Ledea-Rodríguez, J. L., & Hernández-Montiel, L. G. (2021). Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares asociados a

- calabaza italiana (*Cucurbita pepo* L.) bajo acolchado plástico en campo. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.017>
- Liao, Y., Cao, H.-X., Liu, X., Li, H.-T., Hu, Q.-Y., & Xue, W.-K. (2021). By increasing infiltration and reducing evaporation, mulching can improve the soil water environment and apple yield of orchards in semiarid areas. *Agricultural Water Management*, 253, 106936. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106936>
- 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), 38995. <https://doi.org/10.1038/srep38995>
- Loera-Alvarado, L. A., Torres-Aquino, M. jjesus@colpos.mx, Juan Felipe Martínez-Montoya, J. F., Cisneros-Almazán, R., & Martínez Hernández, J. de J. (2019). Calidad del agua de escorrentía para uso agrícola captada en bordos de almacenamiento. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(17), 283-295. <https://doi.org/10.19136/era.a6n17.1867>
- Manni, M., Di Giuseppe, A., Petrozzi, A., Nicolini, A., Rossi, F., & Cotana, F. (2020). High-reflective Mulching Membrane for a Sustainable Development: Monitoring Campaign. *E3S Web of Conferences*, 197, 08012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019708012>
- Montemayor Trejo, J. A., Suárez González, E., Munguía López, J. P., Segura Castruita, M. Á., Mendoza Villarreal, R., & Woo Reza, J. L. (2018). Acolchados plásticos para la producción de maíz (*Zea mays* L.) forrajero en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 20. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i20.982>
- Niziolomski, J. C., Simmons, R. W., Jane Rickson, R., & Hann, M. J. (2020). Efficacy of mulch and tillage options to reduce runoff and soil loss from asparagus interrows. *CATENA*, 191, 104557. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104557>
- Pan, D., Zhao, X., Gao, X., Song, Y., Dyck, M., Wu, P., Li, Y., & Ma, L. (2018). Application Rate Influences the Soil and Water Conservation Effectiveness of Mulching with Chipped Branches. *Soil Science Society of America Journal*, 82(2), 447-454. <https://doi.org/10.2136/sssaj2017.10.0371>
- Patil, A., & Tiwari, K. N. (2018). Evapotranspiration and Crop Coefficient of Okra under Subsurface Drip with and without Plastic Mulch. *Current Science*, 115(12), 2249. <https://doi.org/10.18520/cs/v115/i12/2249-2258>
- Prosdocimi, M., Tarolli, P., & Cerdà, A. (2016). Mulching practices for reducing soil water erosion: A review. *Earth-Science Reviews*, 161, 191-203. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.1007/s11368-016-1391-8>
- Schettini, E., Sartore, L., Barbaglio, M., & Vox, G. (2012). HYDROLYZED PROTEIN BASED MATERIALS FOR BIODEGRADABLE SPRAY MULCHING COATINGS. *Acta Horticulturae*, 952, 359-366. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.952.45>
- Sharma, R., & Bhardwaj, S. (2017). Effect of mulching on soil and water conservation -A review. *Agricultural Reviews*, 38(04). <https://doi.org/10.18805/ag.R-1732>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.05.007>
- Wided Zribi. (2013). Efectos del acolchado sobre distintos parámetros del suelo y de la nectarina en riego por goteo. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26937.93287>
- Wu, H. X., 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. <https://doi.org/10.1108/WJE-10-2017-0332>

- Yakubu, A., Sabi, E. B., Onwona-Agyeman, S., Takada, H., & Watanabe, H. (2021). Impact of sugarcane bagasse mulching boards on soil erosion and carrot productivity. *CATENA*, 206, 105575. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105575>
- Yan, Q., Dong, F., Lou, G., Yang, F., Lu, J., Li, F., Zhang, J., Li, J., & Duan, Z. (2018a). Alternate row mulching optimizes soil temperature and water conditions and improves wheat yield in dryland farming. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(11), 2558-2569. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61986-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61986-0)
- Yan, Q., Dong, F., Lou, G., Yang, F., Lu, J., Li, F., Zhang, J., Li, J., & Duan, Z. (2018b). Alternate row mulching optimizes soil temperature and water conditions and improves wheat yield in dryland farming. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(11), 2558-2569. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61986-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61986-0)
- Yaşar Korkanç, S., & Şahin, H. (2021). The effects of mulching with organic materials on the soil nutrient and carbon transport by runoff under simulated rainfall conditions. *Journal of African Earth Sciences*, 176, 104152. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2021.104152>
- Yin, W. (2016). Integrated double mulching practices optimizes soil temperature and improves soil water utilization in arid environments. *Int J Biometeorol*, 15.
- Yin, W., Yu, A., Chai, Q., Hu, F., Feng, F., & Gan, Y. (2015). Wheat and maize relay-planting with straw covering increases water use efficiency up to 46 %. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 815-825. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0286-1>
- 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(No. 1), 64-73. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.1007/s40333-018-0122-y>
- Zribi, W. (2011). Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. 107, 16.
- Zribi, W., Aragüés, R., Medina, E., & Faci, J. M. (2015). Efficiency of inorganic and organic mulching materials for soil evaporation control. *Soil and Tillage Research*, 148, 40-45. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.12.003>