

Clasificación de acolchados y su implementación en la retención de humedad del suelo

Delgadillo Ruiz Eladio¹, Castorena Padilla Carlos¹, Peña Vázquez Fernando¹, Exiga Soria Álvaro Rubén¹, Ramírez Siorda Gabino Yoav¹, Arias Hernández Luz Adriana², Delgadillo Ruiz Lucía³

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.

³Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas", Unidad Académica de Ciencias Biológicas, Av. Preparatoria S/N, Col. Agronómica, Zacatecas, Zac., C.P. 98500, México.
arhadriana@ugto.mx¹

Resumen

El déficit de la disponibilidad de agua, el calentamiento global y la seguridad alimentaria son temas de discusión continua entre los gobiernos de todo el mundo. Hablando de los recursos hídricos en particular, la contaminación de los cuerpos de agua, el desperdicio del vital líquido y la disminución de la cantidad de agua dulce en el planeta detona un escenario complicado para los seres vivos. Una de las actividades que mayor volumen de agua requiere para el desarrollo y producción de alimentos es la agricultura, independientemente si se trata de temporal, riego o de invernadero. Los sistemas actuales de producción agrícola son, en algunos casos, obsoletos y no cuentan con estrategias de ahorro de agua con base a los requerimientos mínimos del cultivo. Una de las técnicas más empleadas desde hace mucho tiempo, es la implementación de láminas de materia orgánica, residuos vegetales, láminas de plástico, entre otras, para conservar la humedad del suelo y el uso eficiente el recurso hídrico, sobre todo en zonas de clima semiárido y árido, en los cuales la disponibilidad de agua es reducida y los periodos de sequía se alargan cada vez más como consecuencia del cambio climático. Existen diferentes tipos de acolchados y cada uno de ellos propicia cambios significativos en los elementos particulares del ciclo hidrológico, en la reducción de malezas, en el aumento de la producción y en un cambio significativo en la restauración ecológica del entorno. Particularmente el uso de acolchados tiene especial significado en la conservación de humedad del suelo, sobre todo en la parte superficial del perfil del suelo, por lo tanto, con una investigación exhaustiva de la literatura se puede obtener una clasificación particular de los diferentes tipos de acolchados en función de los efectos que se tienen en los componentes del balance hídrico superficial.

Palabras clave: acolchados, humedad del suelo, clasificación.

Introducción

La agricultura es, sin lugar a dudas, la actividad humana que utiliza mayor cantidad de agua dulce en el planeta, los sistemas agrícolas actuales presentan características tecnológicas que ayudan con el ahorro del vital líquido, sin embargo, aún son insuficientes. La agricultura de riego requiere un volumen mayor de agua para asegurar la producción de alimentos necesarios para el desarrollo humano, en comparación con la agricultura de temporal que utiliza la humedad producida por los eventos de precipitación, los cuales debido al cambio climático son más escasos, pero con mayor intensidad en menor duración, lo que ocasiona mayor erosión en los suelos agrícolas, principalmente en zonas áridas y semiáridas (Jabran, 2019).

El uso de acolchados en la agricultura tiene un efecto significativo en el aumento de la producción de alimentos, dentro de los objetivos que se buscan lograr al colocar los acolchados en la agricultura se encuentran principalmente la de retener humedad en el suelo, aumentar la temperatura, evitar el crecimiento de malezas, entre otros (Stelli et al., 2018). Además, se reduce la evaporación del agua en el suelo, disminuye la cantidad de agua requerida por el cultivo, aumenta entre otras características físicas la capacidad de infiltración, la capacidad de retención y percolación del suelo, dentro de las características químicas se aumenta la cantidad de nutrientes, la cantidad de materia orgánica, el carbón orgánico, la presencia de nitrógeno y el contenido de fósforo disponible en el suelo.

Sin embargo, otro de los aspectos importantes de la utilización de los acolchados es la modificación que se da en los componentes de los procesos hidrológicos de superficie. La evapotranspiración (Ding et al., 2013), el escurrimiento superficial (Keesstra et al., 2019), la evaporación (Shumova, 2018), la infiltración (Liao et al., 2021), el cambio de almacenamiento (Zong, 2021) y la humedad de suelo (Akhtar et al., 2019) se ven afectados cuando en la superficie de la cuenca se coloca una capa de material orgánico o inorgánico que funciona como acolchado provocando una alteración en el medio ambiente.

La utilización de acolchados es muy variada, no solo es aplicable en los sistemas agrícolas, además ayudan en la restauración de vegetación después de un incendio ya que previene los efectos erosivos de la lluvia, disminuyen el proceso de sedimentación en el área, aumentan la aparición de vegetación nueva en la zona, neutralizan los componentes químicos del suelo después del incendio, aumentan la retención de la humedad y disminuyen considerablemente la pérdida de suelo (Díaz et al., 2022).

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. (Cosgrove & Loucks, 2015; Kaur & Bons, 2017; Memon et al., 2017). 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. (Kaur & Bons, 2017) 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. (Kaur & Bons, 2017; Sharma & Bhardwaj, 2017a). 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. (Robb et al., 2019) Por lo que, en varios trabajos de investigación se hace énfasis en estudiar el rendimiento, los beneficios económicos, el equilibrio de suelo y la eficiencia en el uso del agua en respuesta a las prácticas de acolchado, dicha práctica tiene como principal objetivo proteger y nutrir el suelo, procurando generar un ecosistema constantemente húmedo y libre de agentes que atenten contra las cosechas. (Fonseca-Carreño et al., 2019; Zenner de Polanía et al., 2013). Por lo anterior, este trabajo tuvo la finalidad de realizar una revisión bibliográfica de los diferentes tipos de acolchados utilizados en la agricultura, con el fin de llevar a cabo una clasificación y determinar los efectos de la implementación en la retención de humedad del suelo.

Clasificación general de los acolchados

En particular se puede clasificar a los acolchados en dos grandes grupos generales: pueden ser orgánicos e inorgánicos, y en cada uno de ellos se puede observar una gran variedad de materiales particulares para el beneficio de los recursos hídricos y ambientales presentes en una zona en específico.

Acolchados orgánicos

En esta clasificación de acolchados se destacan los residuos vegetales entre los que se pueden mencionar: los de tipo paja de coco, paja de maíz (Jun et al., 2014a; Lin et al., 2016; Ren et al., 2018; Yan et al., 2018a; Yin et al., 2015a), paja de sorgo (González, 2015; Llimpe, 2018), paja de astillas de pino carrasco (Hueso-González et al., 2017), aserrín de madera (Ghouse, 2020a; Heid et al., 2019; Zribi et al., 2015a) cascara de arroz (Heid et al., 2019), paja (Li et al., 2018a; Prosdociami et al., 2016a), paja de arroz (Brar et al., 2019; Das et al., 2022; Pérez, 2020; Rao et al., 2016), sarmientos de poda triturados (Intrigliolo et al., 2019), paja de trigo (Gómez, 2018; Kahlon et al., 2013; Stigter et al., 2018; Wang & Shangguan, 2015; Zribi, 2011; Yin et al., 2015b; Zhang et al., 2016a; Zheng et al., 2018), 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), cascara 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 carmesi y trébol rojo mediano (Pfeiffer et al., 2016), café (Acheampong et al., 2019), restos vegetales (Shumova, 2018), astillas o

virutas de madera (Zribi et al., 2015a), hojas de pino (Zribi et al., 2015a), corteza de árboles (Zribi et al., 2015a), cascaras de cacao (Zribi et al., 2015a), corteza de pino (Zribi, 2011), madera triturada (Hannam et al., 2016a), pasto (Prosdocimi et al., 2016a), alfalfa (Chopra & 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 producto de pino (Chopra & Koul, 2020), algas marinas (Chopra & Koul, 2020).

Acolchados inorgánicos

Existe dentro de esta clasificación de acolchado los de tipo plásticos entre los que destacan: los de tipo plástico (Yin et al., 2016) plástico negro (Amador-Ramírez et al., 2013; Barajas-Guzmán & L. Barradas, 2011; Delgado Ramírez et al., 2018a; Inzunza-Ibarra et al., 2010, 2017; Lahoz et al., 2014; Lara-Capistrán et al., 2021; Li et al., 2018a, 2018b; Mayolo, 2015; Montemayor et al., 2018a; Munguía-López et al., 2011; Patil & Tiwari, 2018a; Robledo-Torres et al., 2010; Steinmetz et al., 2016), plástico rojo (Inzunza-Ibarra et al., 2010; Lara-Capistrán et al., 2021; Robledo-Torres et al., 2010), plástico azul (Chopra & Koul, 2020; Inzunza-Ibarra et al., 2010; Robledo-Torres et al., 2010), plástico blanco (Inzunza-Ibarra et al., 2010; Lara-Capistrán et al., 2021; Mayolo, 2015; Montemayor et al., 2018a; Robledo-Torres et al., 2010; Torres-Bojorques et al., 2017), plástico verde (Inzunza-Ibarra et al., 2010; Mayolo, 2015; Robledo-Torres et al., 2010), plástico transparente (Robledo-Torres et al., 2010; Torres-Bojorques et al., 2017), plástico plata (Barajas-Guzmán & L. Barradas, 2011; Inzunza-Ibarra et al., 2017; Montemayor et al., 2018a; Munguía-López et al., 2011; Torres-Bojorques et al., 2017), plástico cristalino (Mayolo, 2015), plástico amarillo (Chopra & Koul, 2020; Torres-Bojorques et al., 2017), plástico naranja (Chopra & Koul, 2020), plástico gris (Chopra & Koul, 2020), polietileno (Ghouse, 2020a; Zribi, 2011), polietileno blanco (Barajas-Guzmán & L. Barradas, 2011; Das et al., 2022), polietileno lineal de baja densidad, polietileno negro (Acheampong et al., 2019; Das et al., 2022; Sharma & Bhardwaj, 2017a; Zribi et al., 2015a), polietileno transparente (Das et al., 2022), polipropileno (Zribi, 2011), polipropileno negro (Sharma & Bhardwaj, 2017a), película plástica (Feng et al., 2015a; Gao et al., 2014a; Kader et al., 2019a; Li et al., 2018a; Lin et al., 2016; Meng et al., 2020; Sun et al., 2020; Xie et al., 2021a; G. Zhang et al., 2017a; Zribi et al., 2015a) Lamina y plásticos cubiertos de aluminio (Ghouse, 2020b) lamina de plástico negro (Zribi, 2011), film plástico (Zheng et al., 2018), biopolímeros (Lahoz et al., 2014).

Podemos además mencionar dentro de los inorgánicos la clasificación de acolchados de boleos entre los que destacan: los de tipo grava triturada (Chopra & Koul, 2020), grava (Jun et al., 2014a), astillas de boleos (Pan et al., 2018a), bolsa de arena (Halde & Entz, 2016). Además de otros materiales inorgánicos como los de tipo materiales altamente reflectantes (Manni et al., 2020), concreto (Sun et al., 2012a)

Efecto del acolchado sobre la retención de humedad del suelo

En la actualidad se ha comprobado la utilización recurrente de los acolchados plásticos en la agricultura para la producción de hortalizas frescas, China el cual es uno de los principales usuarios de acolchado plástico, con una estimación de 0,7 millones de toneladas que representa el 40% del uso mundial, de igual manera más de 60000 ha de invernaderos utilizaron acolchado de película plástica en España, el cual se incrementó anualmente en un 5,7%, para los últimos años. China, Japón y Corea del Sur han sido los mayores usuarios de los acolchados plásticos, representado en un 80% del uso mundial, provocando el incremento en la producción de maíz y trigo en un 33.2% y 33.7% respectivamente (Kader et al., 2019).

Por otro lado, los acolchados orgánicos de tipo paja según el estudio que reporta Brar et al., reportan una diferencia en el almacenamiento de humedad del suelo inicial (en la siembra) y final (en la cosecha) se comparó para diferentes tratamientos, si bien el balance de humedad del perfil del suelo fue positivo durante 2013-2014 para ambos niveles de cobertura vegetal y, en el momento de la cosecha, las parcelas con cobertura vegetal tenían un perfil de almacenamiento de humedad 7,6 mm más alto que las parcelas sin cobertura vegetal. De manera similar, se registró un almacenamiento positivo de agua en el suelo para diferentes métodos de siembra y riego durante 2013–2014. El almacenamiento fue 12,0 y 16,1 mm mayor en la siembra en camellones y en camas con riego por surcos que en el riego por goteo, respectivamente. Sin embargo, el almacenamiento de humedad del suelo fue negativo para ambos niveles de cobertura vegetal durante 2014-2015, lo que indica un almacenamiento de perfil más bajo en la cosecha que en la siembra y las parcelas con cobertura vegetal registraron un valor negativo 15,2 % menor que las parcelas sin cobertura vegetal (Brar et al., 2019).

Asimismo, el contenido de humedad del suelo con acolchados porosos y con el uso de paja fue mayor que los acolchados ordinarios comparados con los suelos desnudos ya que después de sembrar durante 70 a 100 días se encontró más humedad en los niveles más altos del suelo, donde la humedad del acolchado con posibilidad de infiltración en una profundidad de 0 a 60 cm fue mayor que en otros tratamientos. Debido a la temperatura y buenas condiciones de retención de humedad del acolchado poroso, la producción de maíz aumentó significativamente en un 6,64 %, 19,72 % y 16,76 % cuando se utilizó el acolchado común, la paja y el suelo desnudo, respectivamente. (Feng et al., 2015). De igual manera, el aumento de humedad del suelo se debió a que la cubierta de paja sobre la superficie del suelo disminuyó la evaporación del suelo en condiciones de agua limitada, el autor Yin demostró como es que en 2010 el consumo total del agua (en mm) para la siembra de relevo de trigo y maíz combinada con cobertura de paja en la superficie del suelo fue 4,6 % menor en comparación con la parcela de control. Los sistemas integrados de siembra en relevo de trigo y maíz combinado con el acolchado de paja pueden disminuir la evaporación del suelo, reducir el consumo de agua y aumentar el rendimiento de los cultivos y la eficiencia en el uso de agua significativamente, en comparación con las monoplantas convencionales de trigo y maíz. (Yin et al., 2015).

De igual forma al hacer la comparación con los campos descubiertos, las mayores diferencias mostradas son en el contenido de humedad del suelo ya que ocurren a una profundidad superior a los 60 cm, los acolchados de paja evidentemente puede mejorar el contenido de humedad de la capa superficial del suelo tomando en cuenta que si el acolchado de paja se utiliza desde el comienzo de invierno hasta la etapa del crecimiento del trigo, la humedad del suelo de los campos cubiertos con acolchados aumentará en comparación con los campos descubiertos. (Stigter et al., 2018). Además, se ha mencionado que el uso de acolchados también juega un papel importante en la conservación de la humedad del suelo ya que se genera una tasa decreciente de evaporación alterando la capacidad de infiltración de la superficie de suelo, ejemplo de esto es el acolchado de la corteza de árbol que aumenta en un 30% el contenido de humedad por un largo periodo de tiempo usado para la vegetación y los jardines, la relación de carbono y nitrógeno se descompone lentamente en presencia del aserrín, es menos nutritivo para el suelo, pero conserva el contenido de humedad durante mucho tiempo, aumenta de un 35 al 79% el rendimiento en los cultivos de arándanos, fresas y rododendros (azaleas) (Chopra & Koul, 2020). Por esto, es que la madera triturada y la corteza de árbol (siendo un subproducto de la industria maderera) cuando son usados como acolchados puede mejorar en la retención de humedad del suelo y el contenido de materia orgánica del suelo, cabe recalcar que el autor midió la humedad del suelo (un promedio de 0-30 cm) utilizando sondas de reflectometría, arrojando como resultados que las condiciones medias de humedad del suelo no fueron significativas, pero desde principios de julio hasta finales de agosto, se demuestra que los suelos en las parcelas regadas por goteo tendieron a estar más secos que las parcelas con el acolchado (Hannam et al., 2016).

Por otro lado, un resultado impactante sobre los acolchados plásticos y sobre el efecto de estos mismos en los cultivos de chile presentaron cambios considerables en cuanto a ser más altas que las otras producidas con los otros sistemas tradicionales de riego desde 2008 a 2010, mientras que las parcelas producidas bajo el sistema IAV mostraron la más baja altura de planta al final de las temporadas de producción en 2008 y 2009. (Amador-Ramírez et al., 2013). Los tratamientos de acolchado utilizados fueron película de polietileno y cáscaras de café colocadas alrededor de las plantas jóvenes. El contenido de humedad del suelo durante la estación seca de 2007/8 fue significativamente mayor ($p=0,04$) con los tratamientos de acolchado en comparación con el control. En general, 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 riego y acolchado plástico, aunque todavía algo más alta que con el control (Acheampong et al., 2019).

Se puede deducir que la mejor combinación de acolchados debida a su color, es la de color plata, ya que arrojaron mejores resultados en cuanto rendimiento de fruto y eficiencia del uso de agua fueron al aplicar 46 cm de agua durante el ciclo de desarrollo del tomate. Dicho análisis realizado por el autor Inzunza-Ibarra et al., demostró que esta combinación fue significativamente más alta y diferente al resto, lo que representó un incremento del 33 y 37.3 % de rendimiento de fruto y eficiencia de uso del agua, respectivamente, con respecto al valor próximo más alto ya que al compararse la citada combinación con los tratamientos que no usaron películas plásticas y que se regaron con el nivel de riego alto (51 cm), se obtuvo un incremento productivo de fruto y de eficiencia de uso de agua de 109 y 132 %, respectivamente (Inzunza-Ibarra et al., 2017).

Otros efectos provocados por los acolchados plásticos, específicamente los de polietileno ayudan a reducir la radiación registrada en el suelo, los valores acumulados de radiación neta desde las 7:00 hasta las 17:00 horas indican que el de menor valor de radiación neta fue el polietileno ($3,28 \text{ MW m}^{-2}$), seguido del suelo desnudo ($3,74 \text{ MW m}^{-2}$) y paja de alfalfa ($3,96 \text{ MW m}^{-2}$), la radiación neta registrada entre las 11:00 y las 13:00 horas fue diferente entre los acolchados ($P < 0,0001$). Todos los tratamientos fueron diferentes entre ellos, y de nuevo el polietileno mostró el menor valor de radiación neta ($478,8 \pm 16,4 \text{ W m}^{-2}$) (Barajas-Guzmán

y Barradas, 2011). Si bien los resultados de materia seca producida por planta fueron mayores en los sistemas en los cuales se usaron los acolchados que los sistemas sin acolchar, el acolchado plástico color plata obtuvo el mayor peso, seguido del acolchado color negro y posteriormente el color blanco; Sin embargo, no se detectó una diferencia estadística significativa entre los colores de los acolchados plásticos, por lo que, la diferencia en materia seca producida entre el acolchado color plata contra el sistema sin acolchar resultó de un 25.7%, encontrando un incremento del 18.3% de materia seca al comparar un cultivar de maíz con acolchados plástico y sin acolchar (Montemayor Trejo et al., 2018b)

Finalmente cuando hacemos la comparación con otros acolchados, los acolchados plásticos son completamente impermeables al agua; por lo tanto previene directamente la evaporación de la humedad del suelo y de este modo limita la pérdida del agua y la erosión sobre la superficie, por lo tanto, el acolchado juega un rol positivo en la conservación del agua, la supresión de evaporación también tiene un efecto secundario; este previene la subida de agua contaminada con sal, lo cual es importante en países con recursos hídricos con altos contenidos de sal, entonces, facilita la humedad del suelo y ayuda en el control de los cambios de temperatura, mejora las propiedades biológicas del suelo, ya que agrega nutrientes y, en última instancia mejora el crecimiento y el rendimiento de los cultivos (Sharma & Bhardwaj, 2017).

Conclusiones

El uso de acolchados en la actualidad ha sido de gran apoyo para los sistemas agrícolas ya que tiene como principal objetivo el garantizar la seguridad alimentaria en el mundo, la cual con esta tecnología se puede lograr de manera accesible, sencilla y sobre todo práctica, los materiales disponibles para acolchados están presentes en la mayoría de las regiones del mundo por lo que los programas de aplicación no resultan tardados o inaccesibles. Está claro, que no solamente con la colocación del acolchado se logrará una mayor producción tiene que estar acompañado de una gran capacitación técnica, un adecuado uso de fertilizantes, del manejo propio del suelo, y del periodo de irrigación, sin embargo, podemos mencionar que es un apoyo dentro de las técnicas agrícolas que actualmente se utilizan.

Al existir una gran variedad de materiales que pueden ser utilizados como acolchados, su clasificación se divide generalmente en dos grandes grupos, los cuales a su vez se subdividen de acuerdo con las características estructurales de las partículas, del color del material y de las características químicas que presente. La ventaja principal que abordamos en esta investigación fue la de identificar los acolchados con base al ahorro de agua y de la disponibilidad del material presente en la zona agrícola donde se vaya a instalar, se pueden además obtener cosechas fuera de las épocas tradicionales o alargar el tiempo de espera de precipitación den las zonas áridas y semiáridas.

Uno de los ejemplos más utilizados de acolchados en la actualidad, son los del tipo plástico, los cuales son costosos en relación de los mecanismos tradicionales de cultivo, por lo que en ocasiones son inaccesibles para ciertos países o regiones, por lo cual, se recomienda la utilización de materiales orgánicos que se encuentren disponibles en la zona de cultivo, además de ayudar en la mejora de la conservación de la humedad del suelo, sus costos muchas veces son menores comparados con los de los plásticos, son más amigables al ambiente, y en general propician variaciones de los componentes del balance hídrico superficial parecidos a los plásticos comerciales.

Bibliografía

- 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.
- Akhtar, K., Wang, W., Khan, A., Ren, G., Afridi, M. Z., Feng, Y., & Yang, G. (2019). Wheat straw mulching offset soil moisture deficient for improving physiological and growth performance of summer sown soybean. *Agricultural water management*, 211, 16-25.
- Amador-Ramírez, M. D., Velásquez-Valle, R., Sánchez-Toledano, B. I., & Acosta-Díaz, E. (2013). Respuesta del chile mirasol a la labranza reducida, enmiendas al suelo y acolchado plástico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(4), 543-555.

- Barajas-Guzmán, M. G., & Barradas, V. L. (2011). Microclimate and sapling survival under organic and polyethylene mulch in a tropical dry deciduous forest. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (88), 27-34.
- Bhaskar, V., Westbrook, A. S., Bellinder, R. R., & DiTommaso, A. (2021). Integrated management of living mulches for weed control: A review. *Weed Technology*, 35(5), 856-868.
- 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.
- Canali, S., Diacono, M., Montemurro, F., & Delate, K. (2017). Enhancing multifunctional benefits of living mulch in organic vegetable cropping systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 32(3), 197-199.
- Chopra, M., & Koul, B. (2020). Comparative assessment of different types of mulching in various crops: A review. *Plant Arch*, 20, 1620-1626.
- Cosgrove, W. J., & Loucks, D. P. (2015). Water management: Current and future challenges and research directions: Water management research challenges. *Water Resources Research*, 51(6), 4823-4839.
- Das, C., Gautham, B. P., Boruah, P., & Choudhury, H. (2022). Evaluation of the performance of different mulching materials on growth and yield of chilli.
- Delgado Ramírez, G., Inzunza Ibarra, M. A., Villa Castorena, Ma. M., Catalán Valencia, E. A., & Román López, A. (2018a). Evaluación de tecnología para maximizar la producción de chile serrano en la Región Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(8), 1557-1565.
- Díaz, M. G., Lucas-Borja, M. E., Gonzalez-Romero, J., Plaza-Alvarez, P. A., Navidi, M., Liu, Y.-F., Wu, G.-L., & Zema, D. A. (2022). Effects of post-fire mulching with straw and wood chips on soil hydrology in pine forests under Mediterranean conditions. *Ecological Engineering*, 182, 106720.
- Ding, R., Kang, S., Li, F., Zhang, Y., & Tong, L. (2013). Evapotranspiration measurement and estimation using modified Priestley-Taylor model in an irrigated maize field with mulching. *Agricultural and Forest Meteorology*, 168, 140-148.
- Feng, L. S., Sun, Z. X., Yan, C. R., Zheng, M. Z., Zheng, J. M., Yang, N., ... & Feng, C. (2015a). Effect of farmland surface covered porous mulch materials on soil water, heat and water use efficiency of maize. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 25(S1), 22-27.
- Fonseca-Carreño, N. E., Salamanca-Merchan, J. D., & Vega-Baquero, Z. Y. (2019). La agricultura familiar agroecológica, una estrategia de desarrollo rural incluyente. Una revisión. *Temas Agrarios*, 24(2), 96-107.
- Gao, Y., Xie, Y., Jiang, H., Wu, B., & Niu, J. (2014a). Soil water status and root distribution across the rooting zone in maize with plastic film mulching. *Field Crops Research*, 156, 40-47.
- Ghouse, P. (2020a). Mulching: Materials, Advantages and Crop Production. En New Delhi Publishers & S. Maitra, *Protected Cultivation and Smart Agriculture* (1.ª ed.). New Delhi Publishers.
- Gómez, A. F. N. (2018). *IDENTIFICACIÓN DE ALGUNOS EFECTOS CAUSADOS POR ACOLCHADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS EN CONDICIONES DEL TRÓPICO*. 66.
- González, M. M. Q. (2015). EFECTO DEL ACOLCHADO PLÁSTICO Y ORGÁNICO SOBRE LA TEMPERATURA DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO DE TOMATE EN INVERNADERO. N. L., 69.
- Hannam, K. D., Neilsen, G. H., Forge, T. A., Neilsen, D., Losso, I., Jones, M. D., ... & Fentabil, M. M. (2016). Irrigation practices, nutrient applications, and mulches affect soil nutrient dynamics in a young Merlot (*Vitis vinifera* L.) vineyard. *Canadian Journal of Soil Science*, 96(1), 23-36.
- Heid, D. M., Zárate, N. A. H., Torales, E. P., Luqui, L. de L., de Souza, S. A., & Abrão, M. S. (2019). Doses of organic residues in soil mulch influence productivity and profitability of Peruvian carrot. *Idesia (Arica)*, 37(3), 55-63.
- 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.

- 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.
- 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.
- Intrigliolo, D. S., Sanz, F., Yeves, A., Martínez, A., & Buesa, I. (2019). Manejo integral del viñedo para hacer frente al cambio climático. Uso eficiente del riego y otras prácticas agronómicas. El sector vitivinícola frente al desafío del cambio climático Estrategias públicas y privadas de mitigación y adaptación en el Mediterráneo, 193-220.
- Jabran, K. (2019). Mulches for soil and water conservation. In *Role of Mulching in Pest Management and Agricultural Sustainability* (pp. 33-39). Springer, Cham.
- Jun, F., Yu, G., Quanjia, W., Malhi, S. S., & Yangyang, L. (2014a). 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.
- Kader, M. A., Singha, A., Begum, M. A., Jewel, A., Khan, F. H., & Khan, N. I. (2019a). Mulching as water-saving technique in dryland agriculture: Review article. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(1), 147.
- Kaur, J., & Bons, H. K. (2017). Mulching: A viable option to increase productivity of field and fruit crops. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(2), 974-982.
- Keesstra, S. D., Rodrigo-Comino, J., Novara, A., Giménez-Moreira, A., Pulido, M., Di Prima, S., & Cerdà, A. (2019). Straw mulch as a sustainable solution to decrease runoff and erosion in glyphosate-treated clementine plantations in Eastern Spain. An assessment using rainfall simulation experiments. *Catena*, 174, 95-103.
- Kahlon, M. S., Lal, R., & Ann-Varughese, M. (2013). Twenty two years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio. *Soil and Tillage Research*, 126, 151-158.
- Lahoz, I., Macua, J. I., Cirujeda, A., Aibar, J., León, A. I. M., Pardo, G., Suso, M., Moreno, M. M., Moreno, C., & Mancebo, I. (2014). *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 micorrizicos arbusculares asociados a calabaza italiana (*Cucurbita pepo* L.) bajo acolchado plástico en campo. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39.
- Li, Q., Li, H., Zhang, L., Zhang, S., & Chen, Y. (2018a). Mulching improves yield and water-use efficiency of potato cropping in China: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 221, 50-60.
- Li, Q., Li, H., Zhang, L., Zhang, S., & Chen, Y. (2018b). Mulching improves yield and water-use efficiency of potato cropping in China: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 221, 50-60.
- 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.
- 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.
- Llimpe, M. A. T. (2018). PRESENTADO POR EL BACHILLER: 96.
- Mayolo, S. A. D. (2015). *FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS*. 113.
- 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.
- Memon, M. S., Jun, Z., Jun, G., Ullah, F., Hassan, M., Ara, S., & Changying, J. (2017). Comprehensive review for the effects of ridge furrow plastic mulching on crop yield and water use efficiency under different crops. 26(2), 11.

- Montemayor-Trejo, J. A., Suárez-González, E., Munguía-López, J. P., Segura-Castruita, M. Á., Mendoza Villarreal, R., & Woo-Reza, J. L. (2018a). Acolchados plásticos para la producción de maíz (*Zea mays* L.) forrajero en la Comarca Lagunera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(SPE20), 4107-4115.
- Montemayor Trejo, J. A., Suárez González, E., Munguía López, J. P., Segura Castruita, M. Á., Mendoza Villarreal, R., & Woo Reza, J. L. (2018b). Acolchados plásticos para la producción de maíz (*Zea mays* L.) forrajero en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 20.
- Munguía-López, J., Zermeño-González, A., & Gil-Marín, A. (2011). *Balance de energía en el cultivo de chile morrón bajo acolchado plástico*. 10.
- Obalum, S. E., Amalu, U. C., Obi, M. E., & Wakatsuki, T. (2011). SOIL WATER BALANCE AND GRAIN YIELD OF SORGHUM UNDER NO-TILL VERSUS CONVENTIONAL TILLAGE WITH SURFACE MULCH IN THE DERIVED SAVANNA ZONE OF SOUTHEASTERN NIGERIA. *Experimental Agriculture*, 47(1), 89-109.
- Patil, A., & Tiwari, K. N. (2018a). Evapotranspiration and Crop Coefficient of Okra under Subsurface Drip with and without Plastic Mulch. *Current Science*, 115(12), 2249.
- Patil, A., & Tiwari, K. N. (2018b). Evapotranspiration and Crop Coefficient of Okra under Subsurface Drip with and without Plastic Mulch. *Current Science*, 115(12), 2249.
- Pérez, J. M. M. (2020). *Efecto de una cubierta de paja de arroz sobre la respiración basal del suelo*. 50.
- Pfeiffer, A., Silva, E., & Colquhoun, J. (2016). Living mulch cover crops for weed control in small-scale applications. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 31(4), 309-317.
- Prosdocimi, M., Tarolli, P., & Cerdà, A. (2016a). Mulching practices for reducing soil water erosion: A review. *Earth-Science Reviews*, 161, 191-203.
- 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.
- Ren, Y., Gao, C., Yan, Z., Zong, R., Ma, Y., & Li, Q. (2018). EFFECTS OF PLANTING SYSTEMS AND STRAW MULCHING ON CARBON EMISSIONS AND WINTER WHEAT GRAIN YIELD IN THE NORTH CHINA PLAIN. *Experimental Agriculture*, 54(4), 520-530.
- Robb, D., Zehnder, G., Kloot, R., Bridges, W., & Park, D. (2019). Weeds, nitrogen and yield: Measuring the effectiveness of an organic cover cropped vegetable no-till system. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 34(5), 439-446.
- Robledo-Torres, V., Ramírez-Garza, Ma. M., Vázquez-Badillo, M. E., Ruiz-Torres, N. A., Zamora-Villa, V. M., & Ramírez-Godina, F. (2010). PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE CALABACITA ITALIANA (*Cucurbita pepo* L.) CON ACOLCHADOS PLÁSTICOS FOTOSELECTIVOS. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(3), 265.
- Sanbagavalli, S., Vaiyapuri, K., & Marimuthu, S. (2017). *Impact of mulching and anti-transpirants on growth and yield of soybean (*Glycine max* L. Merrill)*. 6.
- Schettini, E., Sartore, L., Barbaglio, M., & Vox, G. (2012). HYDROLYZED PROTEIN BASED MATERIALS FOR BIODEGRADABLE SPRAY MULCHING COATINGS. *Acta Horticulturae*, 952, 359-366.
- Sharma, R., & Bhardwaj, S. (2017a). Effect of mulching on soil and water conservation-A review. *Agricultural Reviews*, 38(4).
- Shumova, N. A. (2018). Methodological Aspects of the Estimation of Soil Water Evaporation upon Mulching with Vegetative Remains in Arid Regions. *Arid Ecosystems*, 8(2), 140-146.
- Stelli, S., Hoy, L., Hendrick, R., & Taylor, M. (2018). Effects of different mulch types on soil moisture content in potted shrubs. *Water SA*, 44(3 July).
- Stigter, K., Ramesh, K., & Upadhyay, P. K. (2018). Mulching for microclimate modifications in farming-An overview. *Indian Journal of Agronomy*, 63(3), 89-97.
- Sun, D., Li, H., Wang, E., He, W., Hao, W., Yan, C., Li, Y., Mei, X., Zhang, Y., Sun, Z., Jia, Z., Zhou, H., Fan, T., Zhang, X., Liu, Q., Wang, F., Zhang, C., Shen, J., Wang, Q., & Zhang, F. (2020). An overview of the use of plastic-film mulching in China to increase crop yield and water-use efficiency. *National Science Review*, 7(10), 1523-1526.

- Sun, H., Shao, L., Liu, X., Miao, W., Chen, S., & Zhang, X. (2012a). Determination of water consumption and the water-saving potential of three mulching methods in a jujube orchard. *European Journal of Agronomy*, 43, 87-95.
- Torres-Bojorques, A. I., Morales-Maza, A., Núñez-Ramírez, F., & Cervantes-Díaz, L. (2017). Utilización de acolchado plástico y aplicación de hierro foliar en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivado en malla sombra infectado con virus. *Acta Universitaria*, 27(5), 3-10.
- Wang, L., & Shangguan, Z. (2015). Water-use efficiency of dryland wheat in response to mulching and tillage practices on the Loess Plateau. *Scientific Reports*, 5(1), 12225.
- Xie, J., Wang, L., Li, L., Anwar, S., Luo, Z., Zechariah, E., & Kwami Fudjoe, S. (2021a). Yield, Economic Benefit, Soil Water Balance, and Water Use Efficiency of Intercropped Maize/Potato in Responses to Mulching Practices on the Semiarid Loess Plateau. *Agriculture*, 11(11), 1100.
- 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.
- Yin, W., Yu, A., Chai, Q., Hu, F., Feng, F., & Gan, Y. (2015a). Wheat and maize relay-planting with straw covering increases water use efficiency up to 46%. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 815-825.
- Yin, W., Yu, A., Chai, Q., Hu, F., Feng, F., & Gan, Y. (2015b). Wheat and maize relay-planting with straw covering increases water use efficiency up to 46 %. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 815-825.
- Zenner de Polanía, I., Peña Baracaldo, F., & Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. (2013). Plásticos en la agricultura: Beneficio y costo ambiental: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1).
- Zhang, S., Yang, X., & Lovdahl, L. (2016a). 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.
- 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.
- Zong, R., Han, H., & Li, Q. (2021). Grain yield and water-use efficiency of summer maize in response to mulching with different plastic films in the North China Plain. *Experimental Agriculture*, 57(1), 33-44.
- 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. (2015a). Efficiency of inorganic and organic mulching materials for soil evaporation control. *Soil and Tillage Research*, 148, 40-45.