

W. Zribi, J.M. Faci y R. Aragüés

**EFFECTOS DEL ACOLCHADO SOBRE LA HUMEDAD, TEMPERATURA,
ESTRUCTURA Y SALINIDAD DE SUELOS AGRÍCOLAS**

Separata ITEA

INFORMACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA AGRARIA, VOL. **107** N.º 2 (148-162), 2011

Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas

W. Zribi, J.M. Faci y R. Aragües

Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC), Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, CITA, DGA. Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza. E-mail: wzribi@aragon.es

Resumen

Los efectos del acolchado sobre los cultivos, hortofrutícolas en particular, agentes patógenos, plagas y malas hierbas han sido extensamente estudiados, en contraste con los efectos sobre las características físicas y químicas del suelo que han sido menos investigados. El objetivo de esta revisión bibliográfica es analizar y sintetizar trabajos relevantes efectuados principalmente en la última década sobre los principales efectos de distintos tipos de acolchados inorgánicos y orgánicos en la humedad, temperatura, estructura y salinidad de los suelos agrícolas. En primer lugar, se discuten los distintos tipos de acolchado más utilizados en la agricultura de regadío. Los acolchados de material plástico son los más utilizados por ser económicos, pero su uso intensivo está produciendo una contaminación de los suelos por su alta estabilidad y persistencia de sus restos. Por ello, el plástico está siendo progresivamente sustituido por otros materiales alternativos biodegradables de tipo orgánico (paja, corteza de pino, papel) o mineral (geotextiles). En segundo lugar, se sintetizan los resultados acerca del efecto de distintos tipos de acolchado sobre algunas variables del suelo. El acolchado reduce la evaporación directa del agua desde la superficie del suelo, mantiene una mayor humedad en el suelo, favorece la estabilidad estructural y fertilidad del suelo y reduce la evapoconcentración y salinización del suelo. Asimismo, desde el punto de vista térmico, el acolchado orgánico amortigua las fluctuaciones de temperatura del suelo, mientras que el acolchado plástico favorece el calentamiento del suelo lo que puede provocar la precocidad beneficiosa de ciertos productos hortícolas.

Palabras clave: Mulch, mulching, plástico, polietileno, cloruro de polivinilo, geotextil, paja, corteza, madera, residuos orgánicos, evaporación, horticultura.

Summary

Mulching effects on moisture, temperature, structure and salinity of agricultural soils

The effects of mulching on crops, horticultural in particular, pathogens, pests and weeds have been extensively studied. In contrast, the mulching effects on soil physical and chemical characteristics have been less investigated. The aim of this bibliographic review is to analyze and synthesize relevant works carried out mainly in the last decade on the main effects of different types of inorganic and organic mulches on moisture, temperature, structure and salinity of agricultural soils. First, the different types of mulches most commonly used in irrigated agriculture are discussed. Plastic mulches are most widely used because they are the cheapest, but their intensive use is causing soil contamination due to their high stability and persistence of residues. Hence, plastic is being progressively substituted by other alternative biodegradable materials of organic (straw, pine bark, paper) or mineral (geotextiles) type. Secondly, the results about the effects of different types of mulches on several soil variables are summarized. Mulching reduces water evaporation from the soil surface, maintains higher soil moisture content, promotes the structural stability and fertility of soils and reduces evapoconcentration and soil salinization. Also, from a thermal point of view, organic mulches decrease soil temperature fluctuations whereas plastic mulches favour soil warming which may lead to a beneficial precocity of certain horticultural products.

Key words: Mulch, plastic, polyethylene, polyvinyl chloride, geotextil, straw, bark, wood, organic residues, evaporation, horticulture.

Introducción

El término acolchado hace referencia a cualquier manto de restos vegetales que se forman naturalmente o son aplicados a la superficie del suelo sin ser incorporados al mismo (Turney y Menge, 1994), así como a cualquier material sintético que se coloca sobre la superficie del suelo (Robinson, 1988).

Los acolchados se han utilizado desde hace muchos años en la agricultura, principalmente en horticultura y fruticultura. El motivo principal del uso de los acolchados es la mejora de la productividad del cultivo debida al control de las malas hierbas y de la temperatura del suelo, al aumento de la precocidad de la cosecha, y a la disminución de la evaporación de agua del suelo. Hay numerosas ventajas asociadas al empleo de los acolchados, pero su uso supone un importante coste que sólo es generalmente abordable en cultivos con una elevada rentabilidad económica.

El acolchado del suelo constituye una alternativa a los métodos tradicionales de control de malas hierbas ya que no produce contaminación del medio (suelo o aguas subterráneas) por productos fitosanitarios ni ocasiona problemas de erosión. El acolchado del suelo con materiales opacos evita la penetración de la luz y constituye una barrera física para la emergencia de la flora arvense (Teasdale, 2003). Asimismo, Walsh *et al.*, (1996) indican que el acolchado controla la maleza favoreciendo su asfixia y evitando la germinación de las semillas de las malas hierbas.

En general el uso de acolchados en agricultura tiene una serie de ventajas técnico-ambientales, pero implica un incremento de los costes de producción debido al elevado precio de algunos materiales usados como acolchados (Shenk, 1996) y al coste de transporte, instalación y manejo de los mismos. El uso de acolchados también puede tener desventajas como son los riesgos medioam-

bientales originados por algunos acolchados de material plástico no biodegradable cuyos residuos pueden contaminar los campos donde se instalaron (Lamont, 1993; Briassoulis, 2006). La recogida de estos residuos y su reciclaje es complicada ya que se encuentran mezclados con el suelo, lo cual dificulta su separación (González *et al.*, 2003). Otros inconvenientes son la posible proliferación de roedores (Zaragoza, 2003), el aumento de algunas plagas (Shenk, 1996) y los riesgos de incendios en el caso de los materiales orgánicos. Los resultados obtenidos en la bibliografía son muy variables debido a los distintos efectos de los acolchados que cambian según el tipo de material, el clima y el cultivo. Para conseguir los objetivos deseados con el acolchado es necesario hacer una elección adecuada del material apropiado que puede diferir para distintas situaciones (ISA, 2009).

A pesar de estas desventajas, el acolchado es un elemento indispensable en ciertas técnicas de producción, principalmente en hortofruticultura, por lo cual la mayoría de los trabajos de investigación se concentran en el estudio de los efectos del acolchado sobre los cultivos, los agentes patógenos, las plagas y las malas hierbas. Sin embargo, los efectos del acolchado sobre las características físicas y químicas del suelo han sido menos investigados. En la presente revisión se discuten los distintos tipos de acolchado más utilizados en la agricultura de regadío y se presentan y analizan los resultados de trabajos sobre los efectos del acolchado en las características físicas (humedad, temperatura y estabilidad estructural) y químicas (salinidad) del suelo.

Tipos de acolchados usados en agricultura

Los materiales utilizados tradicionalmente en los acolchados se clasifican en dos grupos: inorgánicos y orgánicos. Los materiales inor-

gánicos incluyen varios tipos de piedras (piedra volcánica, gravas), arena, materiales plásticos y materiales geotextiles, entre otros. En general los acolchados inorgánicos tardan mucho tiempo en descomponerse por lo que no necesitan ser reinstalados con frecuencia (International Society of Arboriculture-ISA, 2009). Los acolchados inorgánicos de distintos materiales plásticos son los más utilizados y representan el mayor volumen de uso en el cultivo de hortalizas comerciales.

Los materiales orgánicos pueden ser astillas o virutas de madera, hojas de pino, corteza de árboles, cáscaras de cacao, hojas, paja, papel, mulch mixto y una gran variedad de otros productos generalmente derivados de los restos vegetales de las plantas cultivadas. Los acolchados orgánicos se descomponen a diferentes ritmos dependiendo del tipo de material y las condiciones ambientales. Los que se descomponen con mayor rapidez se tienen que reponer con más frecuencia (ISA, 2009).

Acolchado plástico

Los acolchados plásticos se han utilizado comercialmente desde los años sesenta para mejorar la producción de hortalizas (Lamont, 1993). Según datos del CEP (Centro Español de Plásticos) correspondientes al año 2004, el consumo de plásticos en España fue de 3 748 790 toneladas, de las que el sector agrícola consumió 235482 toneladas, lo que representa el 6,3% del consumo total de plástico.

En cuanto al material, espesor y color, se utilizan diferentes tipos de plásticos que varían dependiendo del objetivo de su uso, del cultivo y de la región. La anchura de la lámina de plástico utilizada en los acolchados varía generalmente de 0,9 m a 1,5 m. En cuanto al espesor, al principio se utilizaban láminas de mayor espesor (entre 30 y 50 micras), pero en la actualidad es común el

uso de láminas más finas de unas 15 micras (Gutiérrez *et al.*, 2003).

El polietileno es uno de los materiales plásticos más utilizados en el acolchado, debido a que es fácil de procesar, tiene excelente resistencia física y química, alta durabilidad, flexibilidad y es inodoro en comparación con otros polímeros. Con el acolchado plástico se forma una barrera relativamente impermeable al flujo de vapor de agua en la superficie del suelo que cambia el modelo de flujo de calor y de evaporación de agua (Tripathi y Katiyar, 1984). El acolchado plástico de color negro es el estándar de la industria (Tarara, 2000), pero también se fabrica en otros colores con diferentes propiedades ópticas (Ngouajio y Ernest, 2005). Estas diferencias en las características ópticas afectan al modo en el que el acolchado plástico modifica el microclima alrededor del cultivo (Kasperbauer y Hunt, 1988; Tarara, 2000).

El uso de plásticos supone un grave problema de impacto paisajístico por su lenta degradación, su permanencia en el campo y la contaminación potencial del suelo. El coste de la retirada de los restos plásticos es muy alto (Moreno *et al.*, 2004), por lo que el uso de materiales biodegradables tiene un gran futuro. La degradación puede ser biológica (bacterias u otros agentes biológicos) o por la acción de la radiación solar.

Acolchado geotextil

El geotextil se define como un material polimérico (sintético o natural) permeable que puede ser tejido o no tejido (BOE, 2002). El geotextil se caracteriza por su multitud de aplicaciones. El uso de los geotextiles tejidos y no tejidos puede definirse mediante las funciones que va a desempeñar. Estas funciones pueden ser de separación, filtración, drenaje, refuerzo, contención de fluido/gas, control de erosión o protección. En algunos

casos los geotextiles pueden cumplir simultáneamente varias funciones (Martinek, 1986).

Martin *et al.* (1991) indican que el uso del geotextil (sobre todo el polipropileno) como acolchado del suelo es una nueva tecnología en la que se buscan propiedades distintas a las del polietileno negro puesto que los geotextiles son permeables al agua y al CO₂. Una ventaja importante de los geotextiles en comparación con el polietileno negro es su biodegradación natural, lo cual supone una gran ventaja medioambiental.

Acolchado de residuos orgánicos

El acolchado orgánico favorece el desarrollo y la actividad de diversos microorganismos que se encuentran en el suelo, ayudando también a mantener una temperatura constante para garantizar su actividad (Infante, 2004). La dinámica de los procesos de descomposición de los materiales orgánicos, su acción residual y el aporte de elementos fertilizantes dependen de un conjunto de variables como la naturaleza de los productos, las características del suelo, las poblaciones de organismos y su actividad, y las características climáticas (Matheus *et al.*, 2007).

Los materiales más utilizados como acolchado orgánico son el serrín, la corteza de pino, los restos de madera de poda, la paja y la cascarilla de cereales y otros residuos vegetales como los restos troceados de la madera de poda en plantaciones frutales. El uso de unos u otros depende de su disponibilidad y costo.

Efectos del acolchado sobre la humedad del suelo

Se han realizado numerosos estudios para determinar la influencia del acolchado en la evaporación de agua desde el suelo y en su

contenido de humedad (Cook *et al.*, 2006; Ramakrishna *et al.*, 2006; Yang *et al.*, 2006). El acolchado puede debilitar la intensidad del intercambio turbulento entre la atmósfera y el agua del suelo, lo que reduce su evaporación (Dong y Qian, 2002). Turney y Menge (1994) concluyen que el acolchado favorece la conservación de la humedad del suelo, disminuye la escorrentía superficial y la erosión del suelo y aumenta la permeabilidad y la capacidad de retención de agua del suelo.

El acolchado aumenta significativamente la humedad del suelo en la capa superficial (0 - 5 cm) en comparación con el suelo desnudo (Zhang *et al.*, 2008). Chaudhry *et al.* (2004) indican que la tasa de infiltración de agua en el suelo cubierto con diferentes tipos de acolchados permeables aumentó un 30% en comparación con el suelo desnudo.

Los residuos vegetales provenientes de restos de cosecha (paja, cortezas, residuos de poda, etc.) reducen la evaporación al disminuir la cantidad de energía radiante absorbida y reducir al mínimo el flujo de aire en la superficie del suelo. Gonzalo (2009) estudió la evolución con el tiempo de la evaporación acumulada de agua de una lámina libre de agua y de un suelo desnudo y acolchado con dos cubiertas de paja. Sus resultados mostraron que los acolchados con paja redujeron drásticamente las tasas de evaporación y mantuvieron una humedad del suelo mayor que la del suelo desnudo. Dahiya *et al.* (2007) concluyen que los residuos vegetales redujeron la evaporación del suelo en un valor medio de 0,39 mm/día en comparación con el control. En un cultivo de vid, Stewart (2005) observó un mayor contenido de humedad del suelo con el acolchado de paja que en suelo desnudo. Sin embargo, Mellouli *et al.* (2000) concluyeron que la reducción de la evaporación con acolchados orgánicos disminuye con el tiempo. La conservación de agua en suelos acolchados con residuos vegetales depende

de las características del material usado. Así, Robinson (1988) indica que las partículas de corteza de pino menores de 25 mm conservan más humedad en el suelo que las mayores de 75 mm.

El acolchado mineral (plástico), más impermeable al vapor de agua que el orgánico, conserva de forma más eficiente la humedad del suelo que el acolchado orgánico (Lei *et al.*, 2004). La utilización de acolchado plástico de polietileno logra los mayores efectos en la economía del agua ya que su gran impermeabilidad impide la evaporación desde la superficie del suelo, quedando el agua a disposición del cultivo que se beneficia de un suministro más constante y regular (Maurya y Lal, 1981; 2003; Jia *et al.*, 2006; Ramakrishna *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2009). Sin embargo, Hogue y Neilsen (1987) concluyen que el acolchado orgánico fue más eficiente que el inorgánico en el aumento de la humedad del suelo en una plantación de manzanos. Yang *et al.* (2006) encontraron que el acolchado de paja mantuvo un mayor contenido de agua en el suelo que el acolchado de lámina de plástico y el suelo desnudo. Asimismo, Ghosh *et al.* (2006) encontraron que el acolchado de paja de trigo en un cultivo de cacahuete mantenía una humedad en el suelo ligeramente mayor que el acolchado de plástico y sensiblemente superior a la humedad del suelo desnudo.

El acolchado geotextil también reduce la evaporación de agua desde el suelo (Walsh *et al.*, 1996) aunque en menor medida que las cubiertas plásticas. Así, Dudeck *et al.* (1970) encontraron diferencias significativas en la humedad del suelo con y sin geotextil en un suelo franco arcillo-limoso: la humedad gravimétrica del suelo con geotextil de yute fue, respectivamente, del 23% y 21%, frente a una humedad del suelo desnudo del 13%. Morgan y Rickson (1995) encontraron que solo el geotextil grueso protegía el suelo de las pérdidas de agua por evaporación, manteniendo buenos niveles de humedad.

Díaz *et al.* (2005) investigaron el efecto del grosor y tamaño de un acolchado de piedra volcánica granulada sobre la evaporación del suelo de una región volcánica española con una precipitación inferior a 150 mm al año. Los resultados mostraron que la evaporación de agua desde el suelo disminuye al aumentar el grosor del acolchado. La evaporación se redujo un 92% y un 52% con acolchados de un espesor de 10 y 2 cm, respectivamente.

En relación con el rendimiento de los cultivos, Fairbourn (1973) obtuvo en suelos acolchados con grava (1,8 cm de diámetro y espesores de 2,5 y 3,8 cm) de una región árida (precipitación media anual de 250 a 450 mm), unos rendimientos de maíz y sorgo significativamente mayores que los obtenidos en suelo desnudo o cubierto con residuos de maíz (13,5 Mg/ha de residuos) debido a las menores pérdidas de agua por evaporación del suelo cubierto con grava respecto al control y al suelo cubierto con los residuos de maíz. Asimismo, Walsh *et al.* (1996) mostraron que la aplicación de una capa de geotextil al suelo en una plantación de manzanos mantuvo la humedad del suelo a niveles más altos que en el suelo desnudo o en el suelo con un cultivo de hierba.

En síntesis, todos los materiales de acolchado reducen significativamente la evaporación de agua y promueven la conservación de agua en el suelo en relación a suelos desnudos. La eficiencia de los distintos materiales en la reducción de la evaporación directa de agua del suelo depende fundamentalmente de las propias características del material utilizado pero parece ser ambiente-dependiente, ya que un buen número de trabajos indican que el acolchado plástico debido a su impermeabilidad es el más eficaz, pero otros trabajos concluyen que, bajo ciertas condiciones como la temperatura de suelo elevada, algunos acolchados orgánicos pueden ser más eficientes que el plástico.

Efectos del acolchado sobre la temperatura del suelo

El acolchado modifica la energía que llega al suelo, el intercambio de calor, el balance de energía y el régimen térmico (Gonzalo, 2009). Un aspecto positivo del acolchado es la disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo, amortiguando los picos máximos y mínimos principalmente en los primeros 15 cm de profundidad (Leal, 2007). Esta amortiguación genera un mayor crecimiento radicular, especialmente en árboles jóvenes y en zonas con veranos muy cálidos (Turney y Menge, 1994; Foshee *et al.*, 1996; Lalitha *et al.*, 2001).

El efecto del acolchado en la temperatura del suelo depende de las características del material de acolchado, siendo siempre la temperatura diurna más baja y la nocturna más alta que en el suelo desnudo (Robinson, 1988). El acolchado plástico se comporta como un filtro de doble efecto, acumulando calor en el suelo durante el día por el efecto invernadero y perdiendo parte del mismo durante la noche, lo que evita o disminuye el riesgo de heladas por bajas temperaturas del aire. Durante la noche, el film plástico detiene, en cierto grado, el paso de la radiación de onda larga (calor) del suelo a la atmósfera (Valenzuela y Gutiérrez, 2003).

Munguía *et al.* (2004) encontraron en un cultivo de melón bajo acolchado plástico que la temperatura media del suelo y del dosel vegetal fueron mayores que en el suelo desnudo. Asimismo, la radiación neta y el flujo de calor latente y sensible fueron también mayores, lo que produjo precocidad en el desarrollo del cultivo. Bonanno *et al.* (1987) concluyeron que la temperatura media del suelo fue mayor bajo el suelo acolchado que en el suelo desnudo. Sin embargo, la evolución de la temperatura del suelo varía considerablemente según el color del acolchado y su composición. El

plástico transparente permite el paso de la radiación luminosa que aumenta la temperatura del suelo, mientras que el plástico negro absorbe la mayor parte de la radiación y obstaculiza hasta cierto grado el calentamiento del suelo.

Stinson *et al.* (1990) indicaron que el acolchado orgánico permite mantener la temperatura del suelo más baja en verano y más alta en invierno, siendo las temperaturas de los diferentes acolchados significativamente más bajas en verano en comparación con el suelo desnudo. Asimismo, Walsh *et al.* (1996) indicaron que la paja mantiene una temperatura más constante y más baja que el suelo desnudo.

Yang *et al.* (2006) encontraron que la temperatura del suelo bajo acolchado de paja se mantiene tanto en días soleados como en días nublados por debajo de la temperatura del suelo bajo acolchado plástico. Sin embargo, las temperaturas en suelos cubiertos por geotextil tienden a ser mayores y tienen mayor variabilidad que en el suelo bajo acolchado orgánico (Nielsen *et al.*, 1986; Fear y Nonnecke, 1989).

El incremento de la temperatura del suelo por efecto de algunos tipos de acolchado puede ser beneficioso para los cultivos debido al aumento de la mineralización de los nutrientes del suelo, pero puede también aumentar la desecación del suelo y generar un estrés hídrico en el cultivo (Walsh *et al.*, 1996).

Finalmente, Richards (1983) concluye que el acolchado puede proporcionar un ambiente ideal para el desarrollo de las raíces que es esencial para el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Este autor indica que el crecimiento de raíces en plantas de vid generalmente tiene lugar cuando las temperaturas superan los 6 °C, alcanzando el óptimo a 30 °C. Muchos autores han demostrado que la temperatura de la zona radicular de la vid influye en la brotación, en el crecimiento de

los brotes y en la composición de la fruta en un ambiente controlado (Leal, 2007).

Debido al calentamiento del suelo, el uso del acolchado sobre todo los de material plástico, proporciona al productor una herramienta de gran interés para aumentar la precocidad de los cultivos especialmente en variedades tempranas hortícolas y frutícolas.

Moreno (2009) encontró que el uso de acolchado plástico en una variedad de ciruelo, con una fecha de recolección media en la última decena de mayo, produjo un adelanto de unos 15 días respecto al testigo sobre suelo desnudo. Asimismo, la utilización de acolchados plásticos favorece un rápido crecimiento y un incremento del rendimiento en productos hortícolas como en el melón (Lamont *et al.*, 1993, Munguía *et al.*, 2004), sandía (Moreno *et al.*, 2005), tomate y pimiento (Ibarra, 2004). Munguía *et al.* (2004) encontraron en un cultivo de melón bajo acolchado plástico que la resistencia estomática, la temperatura del suelo y la temperatura del dosel vegetal fueron mayores que en suelo desnudo. La radiación neta y el flujo de calor latente y sensible fueron también mayores en el suelo bajo plástico, lo que produjo precocidad en el desarrollo de los frutos de melón. Asimismo, Arrellano *et al.* (2003) observaron un adelanto de la cosecha del melón en suelo bajo acolchado plástico que se inició a partir de la segunda semana de mayo, mientras que en el sistema tradicional (suelo desnudo) se inició 3 semanas después, incrementándose significativamente el precio de venta del melón temprano.

Dada la creciente competitividad de los mercados alimentarios y los elevados precios de productos tempranos, el acolchado del suelo puede constituir un factor de éxito económico muy relevante para el productor hortofrutícola.

Efectos del acolchado sobre la estructura y la fertilidad del suelo

La estructura del suelo acolchado se mantiene en un mejor estado que la del suelo desnudo durante más largo plazo gracias a la protección contra los agentes atmosféricos que proporciona el acolchado. El efecto beneficioso del acolchado en la estructura del suelo es consecuencia principalmente de una amortiguación de la energía cinética de las gotas de lluvia (y aspersión en su caso) que reduce la dispersión física del suelo y el sellado superficial, manteniendo la tasa de infiltración de agua en el suelo (Erenestein, 2002). Además el aumento de la temperatura y de la humedad del suelo favorece la mineralización del suelo, lo que genera una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas (entre otros el nitrógeno) y un aumento de la materia orgánica del suelo. El acolchado protege el suelo de la erosión de la lluvia, de las tormentas de granizo y de la desecación del suelo por el viento (Smets y Poesen, 2009).

Los acolchados orgánicos favorecen la actividad de la microfauna del suelo y la proliferación de raíces, lo que disminuye la compactación del suelo debido a la agregación de las partículas finas de arcilla. Además, al descomponerse la materia orgánica se forman compuestos cementantes que forman agregados más estables, lo que permite el movimiento de gases tales como CO₂ y O₂ y aumenta la fertilidad del suelo (Turney y Menge, 1994). Según Ceccanti *et al.* (2007), la aplicación de paja en la superficie del suelo aumentó el contenido de materia orgánica caracterizada por un alto índice de humificación.

Ghosh *et al.* (2006) confirman estos resultados, encontrando que el acolchado de suelo con paja de trigo genera hábitats más favorables para las lombrices, insectos y microorganismos patógenos, lo que contribuye a

una densidad aparente del suelo más baja que en el caso del acolchado del suelo con polietileno. Así, uno de los efectos más significativos del acolchado es el relacionado con la porosidad, que aumenta hasta una profundidad de 50 cm, permitiendo una buena aireación del suelo y un desarrollo mayor del sistema radicular (Tesi, 2000) lo que conduce a una mejor absorción del agua y de los nutrientes del subsuelo.

En una región semi-árida del sur de España, el acolchado del suelo con diferentes cantidades de paja de trigo (0, 1, 5, 10 y 15 Mg ha⁻¹) produjo en la parte superficial del suelo (0 a 10 cm de profundidad) un incremento significativo respecto al control del contenido de materia orgánica, de la porosidad y de la estabilidad estructural del suelo después de 3 años de tratamiento. La mejora de estas propiedades químicas y físicas del suelo condujo a una disminución de la escorrentía y de las pérdidas del suelo por erosión para aplicaciones de paja por encima de 5 Mg ha⁻¹año⁻¹ (Jordán *et al.*, 2010). Además, Lattanzi *et al.* (1974), concluyeron que la erosión laminar se redujo en un 40 % con la aplicación de 0,5 Mg ha⁻¹ de paja de trigo y en un 80 % con la aplicación de 2,0 Mg ha⁻¹ en comparación con el suelo desnudo. Sin duda, la disminución de la erosión producida por el acolchado reduce también las pérdidas de los nutrientes del suelo y de los fertilizantes. En Canadá, la aplicación de 2,25 Mg ha⁻¹ de paja de trigo redujo las pérdidas de los nutrientes NO₃, N, P, K, Mg, y Ca en el suelo (Rees *et al.*, 1999).

En síntesis, el acolchado mantiene una buena estructura del suelo que previene su compactación y la formación de costras superficiales impermeables. El suelo acolchado permanece más aireado y con una porosidad mayor que la del suelo desnudo, lo que favorece un buen desarrollo del sistema radicular y un uso eficaz de los nutrientes.

Efectos del acolchado sobre la salinidad del suelo

El control de la salinidad del suelo es fundamental para la producción óptima de los cultivos. Las prácticas que reducen la evaporación del agua (efecto evapoconcentración) y/o favorecen el flujo descendente de agua en el suelo (efecto lavado) son claves para el control de la salinidad en la zona radicular de los cultivos.

El acolchado es una práctica eficaz que reduce la salinidad y conserva la humedad en la zona radicular (Rahman *et al.*, 2006), principalmente en los primeros cm de suelo (Stewart 2005, Zhang *et al.*, 2008), lo que permite el uso de aguas más salinas sin un efecto perjudicial sobre el crecimiento de los cultivos. Zhang *et al.* (2008) indican que en suelos desnudos la mayor acumulación de sales se produce en el suelo superficial debido al efecto evapoconcentración.

El daño causado por las sales solubles es más severo durante la emergencia y crecimiento inicial de ciertos cultivos. Así, Dong *et al.* (2008) concluyeron que el acolchado de algodón mantiene un mayor contenido de humedad, reduce la evaporación y salinización del suelo y favorece una buena emergencia y establecimiento del cultivo.

Smith (1962), citado por Gonzalo (2009), trabajando en una región semiárida del oeste de Australia, concluyó que el acolchado con una capa de arena de 5 cm fue efectivo para aumentar el lavado de sales durante las lluvias de invierno, así como para reducir la evaporación y el consiguiente ascenso capilar de sales en verano.

En un ensayo realizado en un cultivo de pimiento, Zhang *et al.* (2008) concluyeron que el aumento de la salinidad del agua de riego incrementó la salinidad del suelo, pero el uso de acolchados de polietileno, paja de arroz, hojas de pino y grava disminuyó la

concentración de sales en el suelo en comparación con el suelo desnudo. Las diferencias de salinidad del suelo para los diferentes acolchados fueron escasas y, en general, no significativamente diferentes entre sí.

El efecto del acolchado sobre la salinidad del suelo depende de la tasa de evaporación del suelo y del tipo de acolchado. En un cultivo de acelga regado con aguas de diferentes niveles de salinidad, el aumento de la salinidad del agua de riego incrementó la salinidad del suelo. Sin embargo, el uso del acolchado con grava, hojas de pino y paja de arroz redujo los valores de salinidad (CE) al 61, 62 y 50%, respectivamente, de la CE del testigo sin acolchado (Zhang *et al.*, 2008).

Chaudhry *et al.* (2004) evaluaron el efecto de diferentes acolchados (suelo desnudo, acolchados con paja de arroz, lámina de polietileno y suelo con una labor mecánica) sobre la humedad, salinidad y sodicidad de un suelo arcillo-limoso en una plantación de eucalipto regada con un agua de CE = 1,7 dS/m y RAS = 13,5 (mmol/l)^{0,5} durante un

año. La evaporación del tanque clase A durante el período de estudio fue de unos 570 mm, la lluvia de 174 mm y el número de riegos varió entre 4 y 7 según tratamientos. La Tabla 1 resume algunos resultados relevantes para los tratamientos de suelo desnudo (Desnudo), acolchados con paja de arroz (Paja) y lámina de polietileno (Plástico), y suelo con una labor mecánica (Laboreo). El mayor descenso de salinidad (-34%) se obtuvo con la paja, seguido del laboreo (-28%), mientras que la salinidad aumentó un 11% en el suelo desnudo. Asimismo, el mayor descenso de sodicidad (RAS) se obtuvo con el plástico y el suelo con laboreo (descensos del orden del 37 y 30% respectivamente). La mayor conservación de agua se alcanzó con plástico (+45%) y paja (+30%). Los autores no discuten las razones de estos resultados, aunque cabría pensar que los mayores descensos de salinidad y sodicidad con paja y laboreo fueron debidos a la lluvia, mientras que el plástico sería el acolchado más eficiente desde el punto de vista de la reducción de la evaporación.

Tabla 1. Porcentaje del cambio final respecto al inicial de la salinidad (conductividad eléctrica del extracto saturado, CEe), sodicidad (relación de adsorción de sodio del extracto saturado, RASe) y humedad del suelo (en % de conservación de agua respecto a la humedad del tratamiento Desnudo) (Chaudhry *et al.*, 2004)

*Table 1. Percentage of final change in relation to the initial soil salinity (electrical conductivity of saturated extract, ECe), sodicity (sodium adsorption ratio of saturated extract, SARe) and moisture (% of water conservation in relation to the moisture of unmulched treatment) (Chaudhry *et al.*, 2004)*

Tratamiento	% cambio final respecto a inicial		
	CEe (dS m ⁻¹)	RAS (mmol l ⁻¹) ^{0,5}	Humedad (%)
Desnudo	11	-8	-
Paja	-34	-32	30
Plástico	-2	-37	45
Laboreo	-28	-30	15

En riego por goteo las sales se desplazan lateralmente hacia la periferia de la zona humedecida por los goteros (Hoffman y Shannon, 2007). En riego por goteo de alta frecuencia, la superficie del suelo está húmeda de forma prolongada, por lo que la tasa de evaporación y la evapo-concentración pueden ser elevadas. Cuando se aplica acolchado, la concentración de sales en la superficie del suelo disminuye debido a una menor evapo-concentración del agua del suelo. Asimismo, la cantidad de sales incorporada con el agua de riego disminuye si se reduce el volumen de riego aplicado. Así, ensayos con acolchado de compost en un cultivo de vid redujeron el agua aplicada en un tercio, reduciéndose asimismo la salinidad del suelo ya que las sales del agua de riego eran el mayor input de sales en el suelo (Buckerfield y Webster, 2002).

Por otro lado, la disminución de la evaporación del suelo con el acolchado lleva a una distribución más homogénea de la salinidad en el perfil del suelo (Gracia, 2008). Huang *et al.* (2001, 2009) observaron estos hechos con un acolchado con paja de trigo que impidió la acumulación superficial de sales y condujo a una distribución uniforme de la salinidad en la profundidad de 0-10 cm del suelo. Tejedor *et al.* (2003) estudiaron el efecto del acolchado de suelo con lavas volcánicas sobre la recuperación de suelos salinos y sódicos, concluyendo que la variabilidad espacial de la CE en el perfil del suelo acolchado fue muy inferior a la del suelo desnudo.

Yang *et al.* (2006), estudiaron el efecto de cuatro sistemas de acolchado (suelo desnudo, planchas de hormigón, paja y plástico) sobre la salinidad del suelo. Estos acolchados produjeron efectos significativos en la reducción de la salinidad del suelo en comparación con el suelo desnudo, con un mayor efecto del acolchado con planchas de hormigón de 3 cm de espesor, seguido por la paja y el plástico. Estos autores concluyen que el mayor efecto del acolchado con paja en la reduc-

ción de la salinidad del suelo en comparación con el acolchado plástico puede atribuirse a que la paja permite el paso de la lluvia y favorece el lavado de sales.

Por otro lado, el acolchado puede limitar el lavado de nitratos y la contaminación de las aguas subterráneas. Romic *et al.* (2003) realizaron un ensayo de campo de dos años en un cultivo de pimiento regado por goteo para analizar el efecto de dos tipos de acolchado (polietileno negro y celulosa biodegradable) y del suelo desnudo sobre el lavado del nitrógeno. El uso del polietileno negro redujo significativamente este lavado, seguido por la celulosa biodegradable en comparación con el suelo desnudo.

Díaz *et al.* (2003) estudiaron la diferencia en el contenido de iones de suelos acolchados y desnudos. Sus resultados indican que los iones dominantes (Cl^- y Na^+) tuvieron bajas concentraciones en el suelo acolchado y más altas en el suelo desnudo. La concentración de Na^+ y Ca^{++} difirió significativamente en ambos suelos, con un mayor contenido de Na^+ intercambiable en el suelo desnudo.

Otros trabajos analizan el efecto del acolchado sobre el contenido iónico en las hojas. Dong *et al.* (2009) concluyen que el acolchado redujo el contenido de Na^+ en las hojas de algodón. Stewart (2005) concluye que en el tercer año de un ensayo en vid el contenido de cloruro y sodio en el pecíolo de las hojas fue menor en plantas cultivadas en suelo acolchado con paja que en suelo desnudo. Asimismo, Cabañero *et al.* (2004), y Rubio *et al.* (2003) (citado por García, 2008) concluyen que el acolchado plástico favorece la absorción de Ca^{++} y reduce la absorción de Na^+ en pimiento. Estos resultados confirman que el acolchado disminuye la evaporación directa de agua desde el suelo, por lo que aumenta el contenido de agua del suelo y disminuye la concentración de sales en la solución del suelo, lo que reduce la absorción de sales por las plantas de vid.

Tabla 2. Síntesis cualitativa de los efectos positivos y negativos del acolchado del suelo desde el punto de vista de la humedad, temperatura, estructura y salinidad del suelo
Table 2. Qualitative summary of the positive and negative effects of soil mulching from the point of view of soil moisture, temperature, structure and salinity

Efectos positivos	Efectos negativos
<ul style="list-style-type: none"> • Ahorro de agua en el suelo, impidiendo o limitando la evaporación desde su superficie. El agua ahorrada queda a disposición del cultivo, que se beneficia de un suministro más constante y regular. • Disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo. Los acolchados plástico y geotextil se comportan como un filtro de doble efecto, acumulando calor durante el día y liberándolo durante la noche, lo que reduce el riesgo de heladas por bajas temperaturas del aire. El acolchado orgánico mantiene temperaturas bajas del suelo, limitando su calentamiento durante las épocas calidas del año. • Reducción del aumento de la salinidad y sodicidad del suelo que se produce por efecto de la evapoconcentración de agua y sales en la superficie del suelo. • Disminución de la escorrentía superficial y de la erosión del suelo, y protección de la estructura del suelo, incrementando su porosidad y la densidad de raíces de las plantas, lo que conduce a una mayor absorción de agua y nutrientes y a unos mayores rendimientos. • Degradación de los acolchados orgánicos que aportan materia orgánica al suelo y restablecen el equilibrio biológico, físico, químico y ecológico del suelo. • Costes muy bajos en el caso de restos de cosecha que constituyen cubiertas biodegradables a nivel local. • Incremento en la precocidad y en ciertos casos en la calidad del producto cosechado. • Mayores beneficios económicos (a estudiar caso por caso). 	<ul style="list-style-type: none"> • Costes elevados de adquisición, instalación (transporte, maquinaria especializada y/o mano de obra) y eliminación (mano de obra y transporte) de los acolchados plástico y geotextil. • Problemas medioambientales derivados de los restos plásticos no bio-degradables • Riesgo de incendios con los acolchados orgánicos (paja, cortezas, serrín, etc.). • Posible proliferación de roedores y, en el caso de acolchados plásticos, de plagas. • El acolchado plástico puede inducir cambios térmicos del suelo negativos para las plantas. • El acolchado plástico impide la entrada de agua de lluvia en la zona de raíces, limitando el lavado de sales • El acolchado orgánico puede incorporar semillas de malas hierbas al suelo. • Resultados variables y no extrapolables ya que dependen del tipo de cubierta, suelo, cultivo, clima y manejo agronómico.

Síntesis de resultados

Los resultados presentados en los capítulos anteriores acerca de las ventajas y limitaciones del acolchado del suelo son extensos, claros en algunos aspectos (reducción de la evaporación directa de agua desde el suelo y disminución de la concentración de sales en la solución del suelo) y contradictorias en otros (aumento o disminución de la temperatura del suelo según el tipo de acolchado). En este apartado se ha tratado de sintetizar y resaltar los efectos beneficiosos y negativos del acolchado que pueden sustentarse con más consistencia en base a los resultados de la bibliografía antes indicados. Así, la Tabla 2 presenta una síntesis cualitativa de los efectos positivos y negativos del acolchado sobre los diferentes atributos revisados en este trabajo y otros de tipo más agronómico. El objetivo de esta revisión es tratar de sintetizar y tipificar la amplia cantidad de información revisada en esta publicación.

Agradecimientos

Al IAMZ por la concesión de una beca a W. Zribi para la realización del Master. Al programa CONSOLIDER-INGENIO por la financiación del proyecto CSD2006-00067 dentro del cual se ha realizado esta publicación.

Referencias

- Arrellano J, Ríos P y Castillo I, 2003. Utilización de tecnologías de producción modernas para obtener ventajas de mercado: los casos del acolchado plástico y semillas híbridas en melón en la comarca lagunera. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 12: 582-595.
- Bonnano AR and Lamont JR, 1987. Effect of polyethylene mulches, irrigation method and row covers on soil and air temperature and yield of muskmelon. *HortScience*, 112: 735-738.
- Briassoulis D, 2006. Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions. *Polymer Degradations and Stability*, 91: 1256-1272.
- Buckerfield JC and Webster KA, 2002. Organic matter management in vineyards: mulches for soil maintenance. *The Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker*, 461: 26-30.
- Centro Español de Plástico, 2004. <http://www.cep-inform.es/>
- Cook HF, Valdes SB and Lee HC, 2006. Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under Zea mays L. *Soil Till. Res.*, 91: 227-235.
- Chaudhry MR, Aziz AM and Sidhu M, 2004. Mulching impact on moisture conservation, soil properties and plant growth. *Pakistan J. Water Res.*, (82): 1-8.
- Dahiya R, Ingwersen J and Streck T, 2007. The effects of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil: experimental findings and modeling. *Soil Till. Res.*, 96: 52-63.
- Díaz F, Jimenez CC and Tejedor M, 2005. Influence of the thickness and grain size of tephra mulch on soil water evaporation. *Agri. Water Manag.*, 74: 47-55.
- Dong ZY and Qian BF, 2002. Field investigation on effects of wheat-straw/corn-stalk mulch on ecological environment of upland crop farmland. *J. Zhejiang Univ. Sci.*, 3(2): 209-215.
- Dong H, Li W, Tang W and Zhang D, 2008. Furrow seeding with plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in a saline field. *Agron. J.*, 100: 1640-1646.
- Dong H, Li W, Tang W and Zhang D, 2009. Early plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in saline fields. *Field Crops Res.*, 111: 269-275.
- Dudeck AE, Swanson NP, Mielke LN and Dedrick AR, 1970. Mulches for grass establishment on fill slopes. *Agron. J.*, 62: 810-812.
- Erenstein O, 2002. Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications. *Soil Till Res.*, 67: 115-133.

- Fear CD and Nonnecke GR, 1989. Soil mulches influence reproductive and vegetative growth of "Fern" and "Tistar" dayneutral strawberries. *HortScience.*, 24: 912-913.
- Fairbourn ML, 1973. Effect of gravel mulch on crop yield. *Agron. J.*, 65: 925-928.
- Foshee W, Goff W, Tilit K, Williams J, 1996. Organic mulches increase growth of young Pecan trees. *HortScience*, 31(5): 811-812.
- Ghosh PK, Dayal D, Bandyopadhyay KK and Mohanty M, 2006. Evaluation of straw and polythene mulch for enhancing productivity of irrigated summer groundnut. *Field Crops Res.*, 99: 76-86.
- Gonzalo CR, 2009. Manejo de suelos en condiciones de escasez de agua. [http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VA nexos/EA-SA-C7/\\$File/SA-C7.pdf](http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VA nexos/EA-SA-C7/$File/SA-C7.pdf)
- González A, Fernández JA, Martín P, Rodríguez R, López J, Bañón S, Franco JA, 2003. Behaviour of biodegradable film for mulching in open-air melon cultivation in South-East Spain. *KTBL-Schrif.t*, 71-77.
- Gutiérrez M, Villa F, Cotrina F, Albalat A, Macua J, Romero J, Sanz J, Uribarri A, Sábada S, Aguado G y del Castillo J, 2003. Utilización de los plásticos en la horticultura del valle medio del Ebro. Dirección General de Tecnología Agraria. Informaciones técnicas. España.
- Hoffman GJ and Shannon MC, 2007. Salinity. *Developments in Agricultural Engineering.*, 13: 131-160.
- Hogue EJ and Neilsen GH, 1987. Orchard floor vegetation management. *Hortic. Rev.*, 9: 377-430.
- Ibarra L, Flores J, Quezada M y Zermeño A, 2004. Acolchado, riego y micro túneles en tomate, Chile Anaheim y Chile pimiento. *Horticultura.*, 10(2): 179-187.
- Infante A, 2004. Abonos verdes y mulch. *Chile Agrícola.*, 29(266): 30-31.
- Internatiocnal Society of Arboriculture, 2009. Técnicas apropiadas para aplicar el mulch. http://www.isahispana.com/treecare/resources/mulching_spanish.pdf
- Jia Y, Li FM, Wang XL and Yang SM, 2006. Soil water and alfalfa yields as affected by alternating ridges and furrows in rainfall harvest in a semiarid environment. *Field Crops Res.*, 97: 167-175.
- Jordán A, Zavala LM and Gil J, 2010. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. *Catena.*, 81: 77-85.
- Lalitha BS, Nagaraj KH and Anard TN, 2001. Effect of soil solarisation on weed dynamics and yield of groundnut-tomato sequence. *Mysore J. Agric. Sci.*, 35 (3): 226-231.
- Lamont WJ, 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. *HortTech.*, 3: 35-39.
- Lattanzi AR, Meyer LD and Baumgardner MF, 1974. Influences of mulch rate and slope steepness on interrill erosion. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 38: 946-950.
- Leal GR, 2007. Influence of Reflective Mulch on Pinot noir Grape and Wine Quality. Master of Applied Science, Lincoln University. New Zealand.
- Lei Y, Takahashi H and Li W, 2004. Effects of concrete mulch on soil thermal and moisture regimes. *J. Agric. Meteorol.*, 60(1): 17-23.
- Li MZ, Li FM, Jin SL and Song Y, 2009. How two ridges and the furrow mulched with plastic film affect soil water, soil temperature and yield of maize on the semiarid Loess Plateau of China. *Field Crops Res.*, 113: 41-47.
- Martin ChA, Ponder HG and Gilliam ChA, 1991. Evaluation of Landscape Fabrics in Suppressing Growth of Weed Species. *J. Environ. Hort.*, 9(1): 38-40.
- Martinek K, 1986. Geotextiles used by the German Federal Railway-Experiences and Specifications. *Geotextiles and Geomembranes*, 3: 175-200.
- Matheus J, Caracas M y Fernández O, 2007. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost, y gallinaza) en plantas de maíz (zea mays l). *Agricultura Andina*, 13: 27-31.

- Maurya PR and Lal R, 1981. Effect of different mulch materials on soil and on root growth and yield of maize and cowpea. *Field Crops Res.*, 4: 33-45.
- Mellouli HJ, Wesemael B, Poesen J and Hartmann R, 2000. Evaporation losses from bare soils as influenced by cultivation techniques in semi-arid regions. *Agri. Water. Manage.*, 42: 355-369.
- Moreno MM, Moreno A, Mancebo I, Meco R y Lopez JA, 2004. Comparación de diferentes materiales de acolchado en cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Producción de plantas y prácticas culturales.
- Morgan RPC and Rickson RJ, (eds.), 1995. Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach. E and FN Spon. London.
- Munguía J, Zermeño A, Quezada R, De La Rosa ML y Torres A, 2004. Relación entre los componentes del balance de energía y la Resistencia estomática en el cultivo de melón bajo acolchado plástico. *Revista Internacional de Botánica Experimental.*, 73: 181-19.
- Neilsen GH, Hogue EJ and Drought BG, 1986. The effect of orchard soil management on soil temperature and apple tree nutrition. *Can. J. Soil Sci.*, 66: 701-711.
- Ngouajio M and Ernest J, 2005. Changes in the physical, optical, and thermal properties of polyethylene mulches during double cropping. *HortScience.*, 40: 94-97.
- Rahman MJ, Uddin MS, Bagum SA, Mondol ATMAI and Zaman MM, 2006. Effect of mulches on the growth and yield of tomato in the costal area of Bangladesh under rainfed condition. *Int. J. Sustain. Crop. Prod.*, 1: 06-10.
- Ramakrishna A, Tam HM, Wani SP, Long TD, 2006. Effects of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. *Field Crops Res.*, 95: 115-125.
- Rees HW, Chow TL and Daigle JL, 1999. Effectiveness of terrace grassed waterway systems for soil and water conservation: A field evaluation. *J. Soil Water Cons.*, 54: 577-583.
- Richard D. 1983. The grape root system. *Hort. Reviews.*, 5: 127-168.
- Robinson D, 1988. Mulches and herbicides in ornamental plantings. *Hortscience.*, 23: 547-552.
- Romic D, Romic M, Borosic J and Poljak M, 2003. Mulching decrease nitrate leaching in bell pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivation. *Agric. Water Manage.*, 60: 87-97.
- Sarao GS and Lal R, 2003. Soil restorative effects of mulching on aggregation and carbon sequestration in a Miamian soil in central Ohio. *Land Degrad. And Dev.*, 14: 481-493.
- Shenk MD, 1996. Prácticas culturales para el manejo de malezas. pp: 173-179 En: Organización de la Naciones Unidas para la agricultura y alimentación (Ed.) Manejo de Malezas para países en desarrollo. FAO, Roma, Italia.
- Smets T, Poesen J, 2009. Impacts of soil tillage on the effectiveness of biological geotextiles in reducing runoff and interrill erosion. *Soil Till. Res.*, 103: 356-363.
- Stewart D, 2005. The effect of soil and irrigation management on grapevine performance. PhD Thesis, University of Adelaide, Australia.
- Stinson J, Brinen GM, Connell D and Black R, 1990. Evaluation of landscape mulches. *Hortscience*, 103: 372-377.
- Tarara JM, 2000. Microclimate modification with plastic mulch. *HortScience*, 35:169-180.
- Teasdale J, 2003. Principles and practices of using cover crops in weed management systems En: Weed management for developing countries. Addendum.
- Tejedor M, Jiménez CC and Díaz F, 2003. Use of volcanic mulch to rehabilitate saline-sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 67: 1856-1861.
- Tesi R, 2000. Medios de protección para la hortoflorofruticultura y los viverismo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. España.
- Tripathi RP and Katiyar TPS, 1984. Effect of mulches on the thermal regime of soil. *Soil Till. Res.*, 4: 381-390.

- Turney J y Menge J, 1994. Root health: Mulching to control root disease in avocado and citrus. Riverside, California Avocado Society, Inc. California Avocado Comission and Citrus Research Board. 8 p.
- Valenzuela PA y Gutiérrez HC, 2003. Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. <http://www.biblioteca.org.ar/libros/8862.pdf>
- Walsh BD, Salmins S, Buszard DJ and MacKenzie AF, 1996. Impact of soil management systems on organic dwarf apple orchards and soil aggregate stability, bulk density, temperature and water content. *Can. J. Soil Sci.*, 203-209.
- Yang YM, Liu XJ, Li WQ and Li CZ, 2006. Effect of different mulch materials on winter wheat production in desalinized soil in Heilonggang region of North China. *J. Zhejiang Univ-Sc.*, 7(11): 858-867.
- Zaragoza C, 2003. Weed management in vegetables. En: Weed management for Developing Countries. Addendum 1. FAO Plant Production and Protection paper. Edited by Labrada, R. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italia. pp. 145-157.
- Zhang QT, Inoue M, Inosako K, Irshad M, Kondo K, Qui GY and Wang SH, 2008. Ameliorative effect of mulching on water use efficiency of swiss chard salt accumulation under saline irrigation. *J. Food. Agric. Environ.*, 3-4: 480-485.

(Aceptado para publicación el 2 de marzo de 2011)