

**BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS EN
CULTIVOS LEÑOSOS Y SU INFLUENCIA EN
CICLO HIDROLÓGICO**

**SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT
PRACTICES IN WOODY CROPS AND THEIR
INFLUENCE ON THE HYDROLOGICAL
CYCLE**

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN HIDROLOGÍA
Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS**

Presentado por:

D./D^a DANIELLA JENNIFER VIZCARRA SALAZAR

Dirigido por:

Dr. ANGEL DE MIGUEL GARCÍA

Dra. VIRTUDES MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

Alcalá de Henares, a 8 días de junio de 2022

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores, en especial a Ángel De Miguel por el tiempo dedicado a resolver mis dudas, por su rápida respuesta y por brindarme la oportunidad de conocer los campos de este país.

A mi madre, a mi padre y a mi hermana por estar siempre a mi lado a pesar de la distancia, apoyándome con sus palabras de aliento en los momentos de desanimo y sobre todo por creer que era capaz de cumplir con este reto.

A mis tíos y tías, que me brindaron su apoyo y cariño desde que llegué a este país a pesar de los muchos años de no verlos.

A mis amigas y amigos, a los que me animaron a emprender esta aventura y a alentarme a continuar hasta el final, y a los que conocí durante esta, por su apoyo a pesar de ser casi desconocidos.

ÍNDICE

Resumen.....	1
1. Introducción.....	2
1.1. Agua y Agricultura.....	2
1.2. Cultivos leñosos como sistemas tradicionales.....	2
1.3. Manejo de suelos agrícolas y sus efectos sobre el ciclo hidrológico.....	4
2. Objetivos.....	7
2.1. Objetivo general.....	7
2.2. Objetivos secundarios.....	7
3. Metodología.....	7
3.1. Identificación inicial de buenas prácticas agrarias	7
3.2. Efecto de las buenas prácticas agrarias y su efecto en el ciclo hidrológico.....	8
3.3. Identificación de barreras para la adaptación de buenas prácticas.....	9
4. Resultados y Discusiones.....	10
4.1. Identificación inicial de buenas prácticas agrarias.....	10
4.1.1. Labranza convencional.....	10
4.1.2. Labranza reducida	12
4.1.3. Labranza cero.....	12
4.1.4. Cultivos de cobertura.....	13
4.1.5. Enmiendas vegetales.....	14
4.2. Las buenas prácticas agrarias y su efecto en el ciclo hidrológico.....	16
4.3. Identificación de barreras para la adaptación de buenas prácticas.....	22
5. Conclusiones.....	26
6. Bibliografía.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cultivo de olivo bajo labranza convencional, ubicado en Mora, Toledo.....	11
Figura 2. Cultivo de olivo con cobertura vegetal, ubicado en Villanueva de los Infantes, Ciudad Real.....	14
Figura 3. Cultivo de olivo con aplicación de enmienda vegetal (residuos de poda triturado), ubicado en La Torre de Juan Abad.....	15
Figura 4. Situación actual del manejo del suelo en Castilla – La Mancha.....	23
Figura 5. Barreras para la aplicación de buenas prácticas agrarias.....	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado de preguntas realizadas en la encuesta.....	9
Tabla 2. Cuadro resumen de los artículos extraídos comparando los parámetros de carbono y agua en el suelo.....	16
Tabla 3. Resumen de la visita de campo a fincas agrícolas.....	25

RESUMEN

Los cultivos leñosos en zonas mediterráneas se desarrollan bajo condiciones climáticas de altas temperaturas e intensas precipitaciones en cortos periodos de tiempo, por lo que el parámetro limitante fundamental es la disponibilidad de agua, con lo cual el recurso suelo se convierte en el principal actor en la regulación hídrica de estos cultivos, sin dejar de mencionar que es la fuente de nutrientes y sostén para las mismas.

En el presente trabajo se han evaluado las prácticas agrarias realizadas en cultivos leñosos bajo clima mediterráneo mediante la revisión bibliográfica de 20 artículos de investigación, visita de campo y la toma de encuestas a agricultores de fincas ubicadas en Castilla – La Mancha. Se identificó como buenas prácticas agrarias que ayudan a la conservación del suelo y el agua la implementación de cultivos de coberturas (espontáneas o sembradas), enmiendas vegetales y la labranza mínima. Asimismo, se analizó el efecto de las prácticas agrarias sobre el balance hidrológico en cultivos de olivo y almendro, así como las barreras existentes para la implementación de los mismos, obteniendo como resultado que los parámetros susceptibles al manejo de suelo son, a nivel de cuenca, la erosión y la escorrentía ocasionado por eventos fuertes de lluvia que provocan la pérdida de suelo y nutrientes, y a nivel de finca, la infiltración y el almacenamiento de agua en el suelo, lo cual ocasiona estrés hídrico afectando a la producción de los cultivos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Agua y Agricultura

La agricultura es el principal usuario de agua a nivel mundial, así como la actividad que garantiza la seguridad alimentaria en el planeta. En busca de una actividad más respetuosa con nuestro ambiente, existen numerosas prácticas que se pueden aplicar para mejorar la gestión del agua y el suelo a nivel agrícola. Conocer la influencia que tiene este tipo de prácticas sobre el ciclo hidrológico y los cultivos puede ayudar a los agricultores a mejorar el manejo del suelo y el agua a la vez que reducen su impacto sobre el medio ambiente.

Cada año se consumen aproximadamente un total de 7.000 Km³ de agua en la producción de alimentos a nivel mundial (de Fraiture et al., 2007). Asimismo, la agricultura se puede dividir en dos tipos: agricultura de secano y agricultura de regadío. La mayoría de la superficie agrícola (80%) es agricultura de secano. La elección de la agricultura de secano suele explorarse primero ya que este es el más barato de establecer y ejecutar, pero también viene con el más alto grado de incertidumbre ya que no se puede controlar la cantidad de agua que llega a los cultivos. La productividad de los cultivos en secano suele estar vinculada a los patrones de lluvia y, por lo tanto, depende de la variabilidad climática. Por otro lado, la agricultura de regadío sólo representa menos del 20% del área total cultivada en el mundo, pero produce más del 40% de los cultivos. Los sistemas de regadío tienen un impacto positivo en las zonas rurales, haciendo que los rendimientos de los cultivos sean más altos, pero también más estables y fiables. También permite a los agricultores aumentar sus ingresos mediante la instalación de cultivos más rentables. El regadío ocasiona que la producción de alimentos sea menos susceptible a la variabilidad de las precipitaciones, fomentando la inversión, la innovación y la creación de empleo, evitando que la población emigre a las zonas urbanas y revitalizar las economías rurales.

1.2. Cultivos leñosos como sistemas tradicionales

Los cultivos leñosos, como el olivo, viñedo, almendro y últimamente el pistacho, son las explotaciones agrícolas más representativas de las regiones de clima mediterráneo. De acuerdo al Censo Agrario del Año 2020 de España, la Superficie Agrícola Utilizada (SAU) total aumentó un 0.7% en relación al 2009,

hasta los 23.9 millones de hectáreas. Asimismo, el mayor incremento entre la SAU destinada a cultivos al aire libre corresponde a los frutales, otros cultivos leñosos y al cultivo de olivo (23.8%, 19.8% y 14.4%, respectivamente).

Esto se debe principalmente a que, en los últimos años, a consecuencia del aumento de los precios de producción, muchos agricultores están transformando tierras de cultivo de cereal a cultivos leñosos y a su vez, instalando sistemas de regadío. Sin embargo, se ha prestado muy poca atención al comportamiento hidrológico de este tipo de paisajes a pesar de su impacto ambiental e importancia socioeconómica (Latorre et al., 2001). Considerando la marcada estacionalidad, en algunas zonas mediterráneas llueve principalmente en invierno, seguido por una cantidad menor durante el período cálido de primavera. (Estrany *et al.*, 2010).

Los cultivos de olivo se encuentran bien adaptados a climas áridos y semi-áridos que se encuentran en el mediterráneo caracterizados por altas temperaturas en época de verano y baja precipitación promedio durante el año, en el que el 70 - 80% de la precipitación total anual se produce en otoño e invierno, y hay escasez de precipitaciones durante el verano, que normalmente son muy calurosos y secos (Taguas & Gómez, 2015). Dados los reducidos requerimientos de agua y nutrientes de este tipo de cultivo, tradicionalmente ha estado restringido a zonas marginales de baja fertilidad, pendientes pronunciadas y suelos poco profundos (Gómez, *et al.*, 2009).

Los cultivos de olivo se alinean en los campos, dejando un callejón desprotegido entre ellos para permitir que sus raíces absorban agua y otros nutrientes del suelo; en olivares convencionales, su cobertura de copas suele ser inferior al 30% (Miranda-Fuentes, Llorens, Gamarra-Diezma, Gil-Ribes, & Gil, 2015). Para evitar la competencia por los nutrientes con otras plantas, los agricultores suelen controlar las malas hierbas realizando alrededor de 3 a 5 veces al año labranza convencional con pases frecuentes de labranza. La labranza excesiva generalmente conduce a la disrupción de los agregados del suelo con la consiguiente degradación de la estructura del suelo que favorece la formación de costras y arados y el desplazamiento de las partículas del suelo fuera de los

campos (Dexter, 1997; Or & Ghezzehei, 2002), citado por Repullo-Ruibérriz, 2018.

Márquez-García *et al.*, 2013 menciona que aproximadamente el 12% de los olivos de Andalucía están plantados en pendientes superiores al 25%, y del 24% al 46% de los árboles están en colinas con una inclinación entre 15 - 25% y 5 - 15%, respectivamente. Sólo el 18% se encuentran en laderas de menos del 5% (CoAP, 2003). Asimismo, está característica de los cultivos de olivo también se observan en otras zonas del mediterráneo, como indica Bombino *et al.*, 2019, donde muchas hectáreas de olivo están ubicadas en áreas inclinadas en Calabria, región del sur de Italia. Aquí, el clima semi-árido hace que estas tierras sean propensas muy posiblemente a una fuerte escorrentía y erosión del suelo; esto afecta la productividad del olivo debido a la disminución de la capacidad del suelo para almacenar agua. Por tanto, es evidente la importancia que tiene una buena capacidad de infiltración del suelo. Esto se puede lograr mediante la adopción de técnicas adecuadas de manejo del suelo. Cuanto mayor sea la infiltración, mayor la disponibilidad de agua para los cultivos, lo cual es deseable en un ambiente semiárido caracterizado por escasez de agua. Por otro lado, se reducen las pérdidas de nutrientes y la contaminación de la cuenca por la acumulación del lavado de dichos nutrientes.

1.3. Manejo de suelos agrícolas y sus efectos sobre el ciclo hidrológico

De acuerdo a Bombino *et al.*, 2019, la labranza mecánica sigue representando la práctica más común para manejo del suelo en cultivos leñosos, ya que mejora temporalmente la infiltración de lluvia y la distribución del agua en el perfil del suelo, destruye las malas hierbas, reduce el peligro de incendios e incorpora fertilizantes al suelo. Sin embargo, esta práctica con el tiempo también puede resultar en la degradación de la estructura del suelo, lo que puede reducir tasa de infiltración de agua, acelerando los procesos de escorrentía y erosión y reduciendo la disponibilidad de agua en la rizosfera; además, la labranza mecánica puede compactar excesivamente el suelo y, en ocasiones, aumentar la pérdida de nutrientes, fertilizantes y materia orgánica. Así, en las zonas mediterráneas, existe la necesidad de prácticas agronómicas sostenibles (es decir, modelos de manejo del suelo alternativas a la labranza mecánica), que

permitan la conservación del suelo y del agua, así como mantener o aumentar, al mismo tiempo, la producción de cultivos.

Es por ello que Espejo-Pérez *et al.*, 2013 indica que el uso de una cubierta vegetal, ya sea viva o muerta, es una protección conveniente para el suelo y el medio ambiente. Hay muchas formas de cobertura vegetal, como cultivos de cobertura de invierno para suelos cultivados en primavera (Zhu et al., 1989), filtros de vegetación (Daniels y Gilliam, 1996), cubierta de hierbas en cursos de agua (Fiener y Auerswald, 2003), cultivos en callejones, setos y otros tipos de agrosilvicultura (Joven, 1986). Los impactos de la implementación de la cobertura vegetal en los cultivos de producción se podrían mencionar entre otros, la disminución de los niveles de escorrentía y pérdida de suelo la reducción de la compactación del suelo a través de la inserción de las raíces de las plantas en suelo, así como disminuir el lavado de nutrientes como el fósforo transportado por la escorrentía, todo esto debido a la mejora de la infiltración del agua en el suelo. Por lo tanto, el uso de cubiertas vegetales en cultivos leñosos puede ser un sistema eficaz para la conservación del suelo mediante la reducción de la escorrentía. Sin embargo, la relativa complejidad de su manejo puede causar dificultades en su implementación, requiriendo herbicidas más selectivos y económicos y maquinaria más eficiente para la eliminación de malas hierbas.

Es así que, las buenas prácticas agrarias incluyen una amplia gama de técnicas, como labranza reducida, labranza cero, coberturas vegetales, entre otros, y las cuales tienen el potencial de reducir las pérdidas de suelo y nutrientes por la erosión (Almagro *et al.*, 2016). Dichas prácticas suelen tener como objetivo aumentar cubierta vegetal en el suelo (nativas o introducidas), la cual amortigua el impacto de las gotas de lluvia y aumenta rugosidad del suelo. Además, la incorporación de residuos vegetales al suelo promueve el reciclaje de nutrientes, evitando el empobrecimiento de los suelos agrícolas y aumentando la capacidad de retención de agua. Además, la actividad biológica de la vegetación y del suelo favorece la formación y estabilización de agregados mediante la secreción de sustancias tales como exudados, secreciones microbianas, etc., aumentando la resistencia del suelo a la erosión (García-Fayos, 2004; Ramos et al., 2011; Porta et al., 2013). Se ha comprobado que la incorporación al suelo de abonos verdes, para diferentes tipos de suelos y cultivos, tiene efectos positivos sobre las

propiedades hidráulicas del suelo, aumentando la macroporosidad y conductividad hidráulica (Ruiz-Colmenero *et al.*, 2013; Haruna *et al.*, 2018; Biddoccu *et al.*, 2017; Álvarez *et al.*, 2017), y sobre otras propiedades relacionadas con la calidad y estabilidad del suelo (Almagro *et al.*, 2017). A pesar de estos beneficios, las buenas prácticas agrarias no son muy comunes entre los agricultores porque no observan mejoras consistentes en los rendimientos de los cultivos a corto plazo y consideran que las plantas espontáneas o introducidas pueden competir con los cultivos por agua y nutrientes (Alcántara *et al.*, 2011; Martínez-Mena *et al.*, 2013). Comprender la relación que existe entre la, escurrimiento, erosión y dinámica de nutrientes en el suelo, es de gran relevancia en términos de calidad del suelo, especialmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica que son susceptibles al lavado de nutrientes por la erosión ocasionada por las fuertes lluvias. Estudios que comparan suelo, agua y nutrientes, así como la tasa de pérdida en los sistemas de cultivo bajo prácticas de manejo sostenible a aquellos bajo manejo convencional son cruciales para promover prácticas de conservación del suelo a largo plazo. El resultado de tales estudios podría permitir a los agricultores en el proceso de toma de decisiones y así como orientar la elección de la medida más adecuada para reducir la degradación del suelo al mismo tiempo que aumenta su calidad. Además, este tipo de información ayudaría a los responsables políticos a adoptar decisiones más eficaces sobre la conservación del agua y el suelo en el marco de la Política Agraria Común de la Unión Europea (PAC). Debido a que la respuesta de los cultivos a diferentes prácticas de manejo de suelo depende de las condiciones geográficas, climáticas y socioeconómicas propias del lugar, existe la necesidad de ampliar el espectro de estudios, para recopilar mayor información sobre los factores ambientales así como de los factores socioeconómicos, como el rendimiento de los cultivos, variaciones del precio de mercado, subsidios, etc., tomando en cuenta diferentes escalas temporales (experimentos de corto, medio o largo plazo). En este sentido, a pesar de que a nivel mundial existen muchas parcelas disponibles para el estudio de la erosión en diferentes lugares, hay una falta de estudios a largo plazo para comprobar la efectividad de las buenas prácticas para la reducción de tasas de escurrimiento y erosión del suelo, y la pérdida de nutrientes y OC asociada, al tiempo que mejora las propiedades físico-químicas del suelo. (Martínez-Mena *et al.*, 2020).

2. OBJETIVOS

2.2. OBJETIVO GENERAL

El presente trabajo pretende evaluar el impacto de las buenas prácticas agrarias en el manejo del agua en cultivos leñosos tradicionales en ambientes mediterráneos a través de una revisión bibliográfica en profundidad.

2.3. OBJETIVOS SECUNDARIOS

- Identificar y analizar las buenas prácticas agrarias que benefician la conservación del agua y el suelo.
- Evaluación de los efectos en el balance de agua en cultivos leñosos tradicionales.
- Identificar las principales barreras para la adaptación de buenas prácticas agrarias.

3. METODOLOGÍA

La base de la investigación radica en la revisión de la literatura y la realización de una encuesta para conocer de primera mano la percepción de los agricultores. La revisión bibliográfica se ha llevado a cabo con el fin de recabar información referente a las prácticas de manejo de suelo en cultivos leñosos y sus efectos sobre los parámetros hidrológicos. Referente a la encuesta, se realizó con el objetivo de conocer como los agricultores manejan actualmente sus cultivos y saber cuál es su percepción referente a las prácticas agrarias que mejoran la conservación del suelo y el agua en zonas mediterráneas. La encuesta contiene preguntas sobre las características de la finca, las prácticas agrarias aplicadas, así como preguntas sobre las motivaciones de los agricultores para la agricultura, sus problemas agrícolas y aspectos socioeconómicos relacionados.

3.1. Identificación inicial de buenas prácticas agrarias

A partir de una revisión bibliográfica inicial sobre un total de 30 artículos, se ha identificado y seleccionado una serie de buenas prácticas que pueden ser aplicadas al manejo de cultivos leñosos, ya sea por sus efectos beneficiosos sobre el suelo o sobre el balance de agua de nivel de finca y/o cuenca. Entre ellas, cabe destacar el cultivo de coberturas tanto espontáneas como

sembradas, la aplicación de enmiendas vegetales provenientes de la poda de los cultivos, así como reducir las actividades de labranza. Estas prácticas han sido posteriormente evaluadas mediante una revisión bibliográfica sistematizada. Esta revisión inicial ha servido además para definir en más detalle los criterios de búsqueda para la revisión sistematizada.

3.2. Efecto de las buenas prácticas agrarias y su influencia en el ciclo hidrológico

Con el objetivo de conocer el efecto que las prácticas agrícolas seleccionadas tienen sobre el suelo y el balance de agua, se realizó una revisión bibliográfica sistematizada, mediante el buscador SCOPUS. Para ello, la búsqueda se restringió a artículos publicados desde el 2003 hasta el 2021. Este horizonte de tiempo fue seleccionado para explorar extensamente las investigaciones relacionadas con coberturas vegetales en cultivos de secano en la zona del Mediterráneo.

En primera instancia y en función de lo encontrado en la revisión inicial, se realizó la definición de las palabras clave apropiadas en función de tres aspectos de investigación: (1) coberturas vegetales; (2) cultivos leñosos; y (3) Mediterráneo. Este método permitió recopilar una extensa colección de documentos, alrededor de 30 artículos, los cuales se fueron seleccionando de acuerdo a la cantidad de citas que tuviera el artículo, tomando como mínimo 9 citas obtenidas.

Con respecto a la identificación de las buenas prácticas agrarias y los parámetros hidrológicos a los que impacta, se estableció una amplia selección de palabras clave de "olivos", "almendros", "agua", "erosión", "labranza", "cobertura", "escorrentía", "suelo", "lluvia", "Carbono", "Abono verde", "infiltración", "fertilización".

Los resultados finales incluyeron un total de 20 artículos revisados referente a las prácticas de manejo de suelos en cultivos de Olivo y Almendro que se encuentran ubicados en la zona mediterránea, fundamentalmente en España e Italia. De los estudios seleccionados, se identificaron y evaluaron los parámetros que tenían mayor influencia en el ciclo hidrológico de estos cultivos, como son, la erosión, la escorrentía, la infiltración y el almacenamiento de agua en el suelo.

3.3. Identificación de barreras para la adaptación de buenas prácticas

Este análisis se realizó mediante la elaboración de una encuesta online, que fue distribuida entre diversos grupos de agricultores de las zonas de Campo de Montiel y Montes de Toledo (Castilla - La Mancha). Estas regiones suponen un porcentaje considerable de la superficie de olivar y almendro de Castilla - La Mancha y por tanto, de España. Las encuestas se enviaron a los agricultores a través de las Asociaciones de Sanidad Vegetal (ASV) y la recepción y análisis de la información se realizó de forma completamente anónima.

El objetivo de la encuesta es conocer como los agricultores realizan el manejo del suelo en sus cultivos de olivo y almendro, y cuál es la problemática que presenta el mantenimiento de dichos cultivos. Asimismo, se realizó preguntas sobre el conocimiento que tenían sobre las prácticas agrarias que ayudan a la conservación del suelo y el agua, así como la percepción que tienen respecto a la aplicación de las mismas en sus fincas y las barreras que no permiten su implementación.

Asimismo, se realizó una visita de campo para entrevistar a los agricultores que actualmente se encuentran manejando sus cultivos de olivo, almendros y pistachos bajo la aplicación de buenas prácticas como cultivos de cobertura espontánea y sembradas, enmiendas vegetales y pastoreo. El objetivo de la visita fue recopilar información sobre la experiencia que han tenido manejando sus cultivos mediante estas prácticas y la percepción que tienen respecto a las barreras que existen para la implementación de las mismas.

A continuación, se presenta el listado de las preguntas que componían la encuesta online.

Tabla 1. Listado de preguntas realizadas en la encuesta.

Preguntas de la encuesta realizada a 34 agricultores
Realiza el manejo de forma ecológica
Aplicación regular de fertilizantes
Aplicación regular de pesticidas para control de plagas
Aplicación regular de herbicidas para control de malas hierbas
Cómo gestiona de los restos de poda
Como realiza el manejo del suelo
Si mantienes una cobertura vegetal viva, ¿cómo la gestionas?
Si controlas la cobertura viva con herbicida o segado, ¿qué haces con los restos vegetales?
Si mantienes una cobertura viva, ¿de qué tipo es?

¿Qué tipos de medidas de conservación de suelo y/o agua conoce y cuál cree que es su potencial aplicación en su explotación?
Mantenimiento de coberturas vegetales vivas
Mantenimiento de coberturas inertes (restos de poda)
Mínimo laboreo/No laboreo
Labranza en perpendicular a la pendiente
Creación y mantenimiento de alcorques
Creación y mantenimiento de terrazas
Estructuras de regulación de agua de lluvia a nivel de finca
Aplicación regular de residuos orgánicos (compostados)
Aplicación regular de deyecciones ganaderas
Según su conocimiento, ¿qué efecto tiene el uso de coberturas vegetales (vivas o inertes)?
¿Cuál crees que son las principales limitaciones que encuentras a cabo algunas de las prácticas de manejo del suelo y agua previamente mencionadas?
Usted tiene la intención de implementar en su explotación alguno de los Eco-regímenes de la PAC, 2023-2027

Fuente: Elaboración propia en base a la información de la encuesta.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Identificación inicial de buenas prácticas agrarias

A partir de los artículos revisados en la búsqueda bibliográfica inicial, se han identificado un total de 5 prácticas agrarias que pueden tener un efecto beneficioso sobre las propiedades hidráulicas del suelo y por tanto sobre el balance de agua, ya sea a nivel de finca o a nivel de cuenca.

4.1.1. Labranza convencional

La labranza convencional es una práctica agrícola utilizada desde hace muchos años en los cultivos leñosos de diversas zonas del mediterráneo. Como indica Palese *et al.*, 2014, esta práctica tiene como objetivo eliminar las malas hierbas para reducir la competencia por el agua y los nutrientes, así como el peligro de incendios durante la estación seca. También ayuda a incorporar los fertilizantes, residuos y/o estiércol en el suelo, además de facilitar las operaciones de cosecha, como el acceso de los operarios a las fincas. Desde el punto de vista hídrico, dicha práctica tiene como objetivo reducir la evaporación del suelo, interrumpiendo el ascenso capilar del agua y aumentando la rugosidad de la superficie del suelo (Ozpinar y Cay, 2006).

De acuerdo a Rodrigues, M. A. y Arrobas, M., 2020, este tipo de labranza es fácil de realizar por los agricultores y pueden hacerlo sin asesoramiento. En la instalación de un cultivo también se prefiere la labranza convencional como

método de manejo del suelo. Las malezas son muy competitivas y los herbicidas deben usarse con precaución alrededor de los árboles jóvenes y particularmente en suelos arenosos, donde los herbicidas pueden filtrarse a la zona de raíces donde están disponibles para la absorción de raíces (Jackson, 2011; Penman y Chapman, 2011). Es así, que el autor indica que el manejo del suelo se realizó originalmente con tracción animal pero con la mecanización de las operaciones, se hizo posible realizar el laboreo de uno hasta seis veces por año. La labranza se suele realizar en primavera para eliminar la cubierta vegetal, en verano para destruir las costras existentes en la superficie del suelo y en otoño para preparar el terreno para la cosecha (Pastor, 2008; Velarde, 2015).

Asimismo, la labranza convencional se utiliza también para la incorporación de fertilizantes, enmiendas orgánicas y abonos verdes en el suelo. Así también, se realiza a menudo para mejorar el acceso de las maquinarias, para facilitar la cosecha, para destruir costras superficiales, para facilitar la infiltración del agua, para reducir la incidencia de enfermedades, o para instalar cultivos de cobertura. Sin embargo, la efectividad de la labranza para lograr algunos de esos objetivos ha sido cuestionada progresivamente. (Winkler et al., 1974; Keesstra et al., 2016; Rodrigues y Arrobas, 2017). Esto debido a que es susceptible de causar diversos problemas en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, aspectos que serán discutidos con más detalle más adelante.



Fuente: Propia, tomada en abril de 2022.

Figura 1. Cultivo de olivo bajo labranza convencional, ubicado en Mora, Toledo.

4.1.2. Labranza reducida

De acuerdo a Almagro *et al.*, 2016, la labranza reducida consiste en la ejecución de la labranza convencional, pero reduciendo la cantidad veces que se realiza durante el año, más precisamente, en momentos muy específicos que se requiera que el suelo se suelte temporalmente en su capa superficial. La eficacia de la labranza reducida, según Martínez-Mena *et al.*, 2020, en el control de la erosión y el carbono y la movilización de nutrientes fue mayor durante los eventos de lluvias más intensos, que producen las tasas de erosión más altas en las áreas mediterráneas. Esto subraya la utilidad de implementar este tipo de prácticas bajo condiciones semiáridas con respecto a la mitigación y adaptación al cambio climático, dado el aumento proyectado de eventos de lluvia de alta intensidad en muchas zonas mediterráneas semiáridas.

Asimismo, los autores antes mencionados indican que los beneficios de la labranza reducida se refuerzan cuando se realizan junto a otras buenas prácticas agrarias como la incorporación de abono verde en el suelo, como estiércol o enmiendas orgánicas.

4.1.3. Labranza cero

La labranza cero es una práctica agraria que consiste en no realizar ninguna perturbación al suelo, es decir, no arar el suelo por un buen tiempo. De esta manera se conserva la estructura física y mecánica del suelo, permitiendo así, que especies vegetales nativas se desarrollen y crezcan creando una cobertura sobre el suelo que, como explicaremos más adelante, favorece la conservación del suelo y el agua en los cultivos leñosos en condiciones mediterráneas. Este hecho se respalda en el estudio realizado por Cerdá *et al.*, 2020, el cual indica que el uso de la labranza cero se ha encontrado como una solución potencial alta y sostenible para evitar las pérdidas de suelo en tierras agrícolas como las plantaciones de caqui. La investigación experimental utilizando simulación de lluvia, demuestra que suelos manejados con labranza cero durante 3 años aumenta la cobertura de vegetación del 3 al 83%, así como la materia orgánica

en la capa superficial del suelo (de 1,9 a 2,3%) y reducción de las tasas de erosión.

4.1.4. Cultivos de cobertura

La cobertura vegetal es una práctica agraria que consiste en sembrar especies herbáceas de porte pequeño que puedan cubrir el suelo parcial o totalmente. Por otro lado, también se considera dejar que crezcan hierbas nativas del lugar y la manera de lograrlo es realizando labranza cero por un buen tiempo, de esta manera permite que las especies herbáceas propias de la zona colonice los suelos. Asimismo, el autor (Palese *et al.*, 2014) menciona que este tipo de práctica de manejo de suelo es una alternativa que elimina la mayoría de las desventajas de la labranza convencional como la reducción de la escorrentía y la erosión del suelo al interceptar las gotas de lluvia, reduciendo el impacto erosivo sobre el suelo y acelerando infiltración del exceso de agua superficial. Además, la cubierta del suelo permite conservar la humedad del suelo y reducir evaporación del agua de la superficie del suelo. Algunos autores indicaron que el aumento de la humedad del suelo en olivares de con cobertura vegetal resulta como consecuencia del aumento en la tasa de infiltración y en el contenido de Carbono Orgánico en el suelo (CO) (Espejo-Pérez *et al.*, 2013; Gómez *et al.*, 2009a,b).

Otros estudios evalúan varios tipos de coberturas vegetales como la del autor Sastre *et al.*, 2018, como las anuales (leguminosas y cebada) y permanentes (*Brachypodium distachyon*). Los resultados confirman que este tipo de coberturas aumentaría la calidad del suelo de dos maneras: 1) aumentando Carbono y Nitrógeno, y por tanto modificando la fertilidad del suelo; y 2) mejorando la estructura del suelo que conduce a un mayor almacenamiento de agua. Muy importante es que las especies herbáceas seleccionadas como cubre-suelos en cultivos leñosos bajo las condiciones de clima seco debe mejorar las tasas de infiltración con el fin de proporcionar agua para las capas más profundas del suelo donde se desarrollan las raíces de los árboles. Para elegir el mejor cultivo de cobertura es importante tener en cuenta la capacidad de la especie para vivir en el área, su biomasa y su sistema raíz. El agua es el principal factor limitante del rendimiento del cultivo de olivo tradicional en zonas

semiáridas. Por lo tanto, las prácticas de cultivos de cobertura correctamente aplicadas, no sólo resultará en beneficios ambientales sino también en mayor disponibilidad de agua y nutrientes para los olivos, y por lo tanto podría aumentar el rendimiento del cultivo y reducir la alternancia de porte. Como resultados de este estudio, cabe destacar que la humedad del suelo en capas más profundas (30 cm de profundidad) mantienen valores más altos a lo largo el año en comparación con el tratamiento de labranza convencional.

El mismo autor menciona que las raíces de los cultivos de cobertura son las que están relacionadas con las propiedades hidrológicas del suelo y el carbono orgánico, mientras que las raíces del olivo suelen ser por debajo de 25–30 cm y no están relacionados con las propiedades del suelo. Es así, que la cobertura vegetal permite almacenar agua a lo largo del perfil suelo siendo beneficiosa para las raíces de los olivos.



Fuente: *Propia*, tomada en abril de 2022.

Figura 2. Cultivo de olivo con cobertura vegetal, ubicado en Villanueva de los Infantes, Ciudad Real.

4.1.5. Enmiendas vegetales

Conocido también como “mulching” consiste en cubrir la superficie del suelo con productos orgánicos residuos de poda o de la siega de las coberturas vegetales. De acuerdo con Palese *et al.*, 2014, esta práctica no es común en los cultivos a

gran escala debido a los altos costos que requiere triturar (en caso de residuos de poda) y distribución en toda la finca, así como la disponibilidad del mismo material. Los objetivos de las enmiendas vegetales son diversos, como el control de malezas, la reducción de la temperatura del suelo y el ahorro de agua (Hoagland et al., 2008).

Asimismo, el autor indica que la presencia de materia orgánica colocada sobre la superficie del suelo puede promover el proceso de compostaje. Cabe resaltar que el material podado, caracterizado por un alto contenido de lignina, puede funcionar como núcleo de humificación en el suelo incrementando la capacidad de compostaje junto a los residuos de los cultivos de cobertura que se descomponen rápidamente.

Además, la reutilización de los residuos de poda evita su quema en las explotaciones (requiriendo una gran cantidad de mano de obra), con el posible riesgo de incendios en olivos, aumento de emisiones de CO₂ y reducción en el secuestro de Carbono. Por lo tanto, la colocación sobre el suelo de la poda residuos producidos anualmente por un olivar podrían ser suficientes para conseguir una buena protección del suelo contra los riesgos de escorrentía y erosión. Como indica Bombino *et al.*, 2019, una dosis de 5 veces (17,5 toneladas/ha) mejoraría aún más el comportamiento hidrológico del suelo, pero sería necesario aportar residuos de poda de otros lugares con altos costos de transporte (a menudo no sostenibles por los agricultores locales).



Fuente: Propia, tomada en abril de 2022.

Figura 3. Cultivo de olivo con aplicación de enmienda vegetal (residuos de poda triturado), ubicado en La Torre de Juan Abad.

4.2. Las buenas prácticas agrarias y su efecto en el ciclo hidrológico

En función a los criterios de búsqueda realizado, se seleccionó un total de 20 artículos de investigación. Todos estos artículos se centran en su mayoría en cultivos de olivo y almendro en paisaje mediterráneo, siendo 16 de ellos estudios realizados en España y 4 de ellos en otros países como Italia y Grecia.

Los estudios son principalmente a nivel de fincas en función de las condiciones climáticas existentes (18 artículos), aunque alguno de ellos se basa en parcelas experimentales donde están condiciones han sido controladas mediante experimentos realizados bajo lluvias simuladas (2 artículos). El suelo predominante es origen calcáreo, propio de zonas áridas y semi-áridas y caracterizados por la poca presencia de materia orgánica.

La mayor parte de los trabajos se centran en pendientes de entre 5 y 15% aunque hay ciertos trabajos con pendientes más bajas. El rango de precipitación oscila en su mayoría entre 300 y 600 mm, aunque en algunos casos es mucho mayor. La temperatura es un factor que se encuentra en el rango de 13 y 17°C.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de 8 artículos seleccionados que comparten el estudio de los mismos parámetros hidrológicos evaluados, como son el Carbono Orgánico en el Suelo (SOC) y almacenamiento de agua en el suelo (SWS), considerados relevantes por encontrarse relacionados con la fertilización, erosión, escorrentía e infiltración en cultivos leñosos.

Tabla 2. Cuadro resumen de los artículos extraídos comparando los parámetros de carbono y agua en el suelo.

AUTOR	LUGAR	CULTIVO	ESTUDIO	PENDIENTE	SUELO	PP	T°	MANEJO	SOC	SWS
Palese <i>et al.</i> 2014	Ferrandina-Basilicata, Italia	Olivo (<i>Olea europaea</i>)	2 años	0 - 16%	Haplic Calcisol (FAO)	574 mm	16 °C	Cobertura espontánea	20% CC/CT	50% CC/CT
Almagro <i>et al.</i> 2016	Murcia, España	Almendro (<i>Prunus dulcis Mill</i>)	4 Años	5-15%, 7%	Calcisoles (FAO)	330 mm	16.6 °C	Labranza mínima + abono verde	45% RGT/CT	12% RGT/CT
Ramos <i>et al.</i> 2011	Granada, España	Almendro (<i>Prunus dulcis Mill</i>)	5 años	2%	Calcisol hipercálcico (FAO)	431 mm	13°C	Cobertura espontánea	50% CC/RT	45% CC/RT
	Murcia, España		6 años	10-12%						

Martínez-Mena <i>et al.</i> 2020		Almendro (<i>Prunus dulcis</i> Mill)			Cambic Calcisol (IUSS Working Group WRB, 2015)	330 mm	16.6 °C	Labranza mínima + abono verde	300% RGT/CT	
Márquez-García <i>et al.</i> 2013	Andalucía, España	Olivo (<i>Olea europaea</i>)	4 años		Xeric moisture (USDA)			Cobertura cultivada	45% CC/CT	
Espejo-Pérez <i>et al.</i> 2013	Andalucía, España	Olivo (<i>Olea europaea</i>)	2 años					Cobertura cultivada		34% CC/CT
Bombino <i>et al.</i> 2019	Locri, Italia	Olivo (<i>Olea europaea</i>)		20%		1362 mm	11-27°C	Cobertura cultivada + enmiendas vegetales		50% CC/CT
Repullo-Ruiberriz <i>et al.</i> 2018	Córdoba, España	Olivo (<i>Olea europaea</i>)	2 años	20%				Cobertura espontánea y cultivada	90% CC/CT	34% CC/CT

Fuente: Elaboración propia a partir de los artículos consultados.

Resultó que bajo el manejo de la labranza reducida aplicada en conjunto con la incorporación de abono verde (RGT) se obtiene 3 veces más SOC en el suelo que bajo la práctica de labranza convencional (CT). De igual manera, la utilización de coberturas vegetales espontáneas y sembradas (CC) en conjunto incrementa en un 90% la cantidad de SOC con respecto a la labranza convencional. Referente al almacenamiento de agua, se encontró que dos autores coinciden que las coberturas vegetales espontáneas aumentan el SWS alrededor del 50% en comparación con la labranza convencional. Asimismo, se obtuvo el mismo incremento en el SWS con la aplicación de coberturas sembradas junto con la colocación de enmiendas vegetales sobre el suelo.

Cabe precisar que los parámetros comparados en la Tabla 2 no son los únicos encontrados en la bibliografía revisada, se encontró que factores como la biomasa microbiana, fertilización, enzimas, entre otras, que ejercen influencia sobre los procesos físicos y químicos que se producen en el suelo y en el balance hídrico de los cultivos mediterráneos.

De acuerdo con este primer análisis comparativo, se resalta el hecho de que las coberturas vegetales es una práctica que aumenta el contenido de agua en el suelo y disminuye la pérdida del mismo en comparación con la práctica de la labranza convencional. Asimismo, se destaca el efecto beneficioso que se logra con la labranza reducida aplicada en conjunto con la incorporación de abono verde al suelo. Esta afirmación coincide con lo mencionado por Almagro *et al.*

2016, el cual indica que la reducción de la labranza conduce al aumento del contenido de agua del suelo. Este efecto puede explicarse por la presencia de cobertura vegetal (ya sea cobertura espontánea o abono verde) que evita la pérdida de agua del suelo por evaporación, controla la erosión mediante la interceptación de la lluvia y mejora la capacidad de infiltración mediante la estabilización de la estructura del suelo por las raíces (Gómez *et al.* 2009; Almagro *et al.*, 2016).

Asimismo, Espejo-Pérez *et al.*, 2013, en el estudio realizado en cultivos de olivo ubicados en varias provincias de Andalucía, España, indica que el impacto de la gota de lluvia en la superficie del suelo desnudo puede compactar aún más las capas superiores reduciendo la infiltración. En seis de las ocho parcelas evaluadas en su estudio, el incremento promedio de pérdida de agua en forma de escorrentía debido a la ausencia de cobertura vegetal fue superior al 34% con respecto a los cultivos con cobertura.

Asimismo, Palese *et al.*, 2014, en el estudio realizado en cultivos de olivo durante 2 años en Ferrandina-Basilicata, Italia, comparó el efecto de la cubierta espontánea en pendientes de 0 a 16% con la labranza convencional realizada de 2 a 3 veces al año a una profundidad de arado de 10 cm, menciona que la presencia de una superficie sellada, como lo demuestran las observaciones micromorfológicas, ocasiona la disminución de la tasa de filtración desencadenando en escorrentía superficial y procesos de erosión del suelo.

Como una solución a ello, Bombino *et al.*, 2019 indica que la colocación sobre el suelo de residuos vegetales inertes provenientes de la poda anual de los cultivos de olivo podría ser suficiente para conseguir una buena protección del suelo contra los riesgos de escorrentía superficial y erosión del suelo, asegurando de este modo un mantillo en la capa superior del suelo que interceptaría las gotas de lluvia provenientes de eventos intensos. Este estudio encontró que aplicando 3,5 toneladas/ha de residuos vegetales aumenta notablemente la infiltración del suelo mejorando los parámetros hidrológicos de la finca. Este aumento de la infiltración podría traducirse en una reducción de las tasas de escorrentía cuando se producen altas precipitaciones en periodos cortos de tiempo.

Por otro lado, un estudio realizado por Ramos *et al*, 2011, en cultivos de almendros en Granada, España, de igual manera, comparó los efectos de la labranza convencional con las prácticas de labranza reducida aplicadas en conjunto con los cultivos de cobertura y cubierta espontánea, así como la adición del pastoreo. Los resultados del estudio indicaron que el pastoreo moderado con ovejas junto con la coberturas vegetales tuvieron un efecto positivo en el contenido de agua en el suelo así como un aumento de la fertilización debido a que aproximadamente el 80-90% de las plantas ingeridas por los animales retorna al suelo mediante el estiércol y la orina en forma orgánica, aumentando así el almacenamiento de carbono en el suelo, que junto a la disminución de la perturbación del suelo genera que se conserve la estructura física del mismo.

Esto se puede explicar según Almagro *et al*. 2016, ya que la incorporación de abono verde al suelo activa el ciclo del carbono en el mismo mejorando los macroagregados y los microagregados. Asimismo, el autor menciona que, en términos de almacenamiento de carbono, la incorporación de abono verde resultó ser alrededor de 26 % y 18 % más de carbono en el suelo bajo los tratamientos de labranza reducida y sin labranza, respectivamente.

Referente a los cultivos de cobertura permanente y anuales, Sastre *et al.*, 2017, menciona que este tipo de coberturas han demostrado su eficacia en la prevención de la erosión del suelo en suelos yesíferos del centro de España. El autor indica en su estudio, que los suelos yesíferos clasificados como *Haplic Gypsisol* (IUSS Working Group WRB) en su estudio, indica que han estado sufriendo erosión por décadas (Marques *et al.*, 2008; Sastre *et al.*, 2017), en consecuencia, el espesor del suelo y la profundidad de las raíces son limitados, a 40 cm de profundidad crecen árboles y vegetación herbácea en horizontes compactados y empobrecidos. Es por ello, que la cobertura vegetal es crucial para preservar el almacenamiento de carbono en áreas semiáridas (Duran-Zuazo and Rodriguez-Pleguezuelo, 2008; Fernández-Romero *et al.*, 2016), que generalmente se definen como una región con reservas bajas de carbono (Zdruli *et al.*, 2004) debido a la gran cantidad de Carbono que se pierde por la erosión del suelo y altas tasas de mineralización.

Es así que, Almagro *et al*. 2016 y Martínez-Mena *et al*. 2014 estimaron que serían necesarios 20 años de incorporación de abono verde para recuperar todo el

potencial de secuestro de Carbono del suelo en un olivar mediterráneo de secano en clima seco. De igual manera, Espejo-Pérez *et al.*, 2013 resalta el hecho que la labranza convencional realizada durante mucho tiempo provoca que el contenido orgánico en el suelo sea pobre, junto con la escasez de semillas, dificultan el establecimiento de un cultivo de cobertura espontáneo.

Por otro lado, la erosión del suelo es un parámetro que influye fuertemente en los cultivos de secano en zonas mediterráneas, tanto por la pérdida de Carbono como por el lavado de nutrientes. Como menciona el estudio realizado por Márquez-García *et al.*, 2013, en cultivos de olivos durante 4 años en varias provincias de Andalucía, España, la reducción promedio en la pérdida de Carbono Orgánico (CO) y la erosión en sus cinco campos de observación fue de 67,7% y 80,4% respectivamente. Esta reducción fue menor que la observada por Gómez *et al.* (2011) en condiciones similares, especialmente para el CO (95,2%), y ligeramente inferior para la erosión (97,4%). Es así que, cuanto mayor sea la reducción de la erosión, mayor será la reducción en la salida de CO del sistema. Se observó además que la variación en el contenido de Carbono en la capa superior del suelo (0-2 cm), 4 de 5 campos mostró diferencias estadísticamente significativas a favor de los cultivos de cobertura. A medida que aumentaba la profundidad del perfil, la diferencia en el contenido del CO disminuyó. Por lo tanto, la capa superior experimentó un aumento mayor y más rápido en CO no sólo en olivares, sino también en diferentes cultivos herbáceos (Jarecki & Lal, 2005; Ordóñez *et al.*, 2007b). Consecuentemente, el autor indica que la capacidad del suelo para almacenar carbono depende principalmente de las condiciones climáticas y edafológicas (Miller *et al.*, 1994); sin embargo, el sistema de manejo del suelo puede jugar un papel decisivo en las tierras agrícolas (Hernanz *et al.*, 2002), así como como las condiciones locales de la propia finca. En estos casos, las condiciones climáticas que afectan el área de estudio podrían haber sido más importante en la evolución del CO que sus características edafológicas. Mención aparte, los suelos con cubiertas vegetales registraron valores de CO más altos para todas las profundidades muestreadas, posiblemente debido a que la cobertura estaba controlada por el pastoreo, lo que contribuyó en gran medida al almacenamiento de Carbono en forma de excrementos de ganado, elevando aún más contenido de Carbono.

Asimismo, Martínez-Mena *et al.* 2020, realizó un estudio en cultivo de almendros durante 6 años en Murcia, España, y encontró que los valores medios anuales de erosión en este tipo de cultivos fueron de 7,8 kg ha⁻¹ y 1,2 kg ha⁻¹ para labranza convencional y labranza reducida, respectivamente, los cuales son inferiores a los reportados por algunos autores (Gómez *et al.*, 2009; Durán Zuazo *et al.*, 2014; Sastre *et al.*, 2017), pero en el mismo rango que los reportados por otros (Ruiz-Colmenero *et al.*, 2011; Kairis *et al.*, 2013). La alta variabilidad en las condiciones naturales, a escala espacial y temporal, y la complejidad de las interacciones ecosistémicas, así como el diseño de las parcelas de erosión puede explicar la amplia gama de tasas de erosión que se encuentran en la literatura para zonas mediterráneas semiáridas (Boix-Fayos *et al.*, 2005).

La aplicación de la labranza cero y la presencia de cobertura vegetal espontánea combinada con el reciclaje anual del material de poda aseguró un contenido apropiado de Carbono almacenado en el suelo. Además, la labranza cero redujo la pérdida de carbono del suelo debido a la respiración microbiana de la biomasa, particularmente en verano con temperaturas altas típicas del área mediterránea.

Otro punto importante, menciona Ramos *et al.*, 2011, es que la labranza convencional causa el agotamiento de la Materia Orgánica en el suelo (Riffaldi *et al.*, 2002), y en consecuencia, se encontraron niveles más bajos de Carbono y Nitrógeno en el suelo. Sin embargo, mediante la utilización de residuos vegetales de poda se promueve la actividad de las raíces y los residuos vegetales de la poda y, por ende, aumenta la Materia Orgánica del suelo así como los nutrientes referente al Carbono y Nitrógeno, una observación que se ha hecho extensamente en una amplia variedad de agroecosistemas (García *et al.*, 2005; Bastida *et al.*, 2006). Referente al tema de las enzimas, el autor menciona que todas fueron sensibles al manejo del suelo. La deshidrogenasa es una enzima que está presente sólo en las células vivas, y su actividad puede ser un buen predictor de la capacidad de oxidar las primeras capas de la materia orgánica del suelo (Dick *et al.*, 1996). La cobertura vegetal en ambientes semiáridos mejora la calidad del suelo en comparación con el manejo de labranza convencional, al aumentar el Carbono Orgánico.

Es por ello que, Morugán-Coronado *et al.*, 2020 indica que el crecimiento de cultivos anuales en los callejones, junto con labranza mínima y la fertilización

orgánica parece la mejor alternativa, con aumentos en el suelo contenido de materia orgánica y nitrógeno que mejoran positivamente la calidad del suelo y hacer que el agroecosistema sea más resistente a la sequía y la erosión eventos, sin efectos negativos en el rendimiento de los cultivos arbóreos.

Otro factor importante a tomar en cuenta en los procesos físicos que se realizan en el suelo es referente a la presencia de la biomasa, los cuales promueven la aireación y mejora de los agregados del suelo. De hecho, los canales producidos por las actividades de las lombrices de tierra y la densa red de raíces herbáceas de los cultivos (biocanales procedentes del recambio radicular), podrían ser otros factores de mejora de la macroporosidad del suelo (Lavelle, 1988) y, como consecuencia, facilitar la infiltración de agua, así como la recarga también de las capas más profundas (>100 cm). (Palese *et al.* 2014).

4.3. Identificación de barreras para la adaptación de buenas prácticas

Se realizó una encuesta a los agricultores que manejan cultivos leñosos en diferentes zonas de Castilla – La Mancha con el fin de conocer cuáles son las prácticas agrarias que utilizan para manejar sus cultivos y cuál es la percepción que tienen respecto a las buenas prácticas agrarias que consideran la conservación del agua y el suelo bajo las condiciones climáticas propias de ambientes mediterráneos. La encuesta fue contestada por 34 agricultores, en su mayoría de género masculino y entre un rango de edad de 30 a 60 años. La mayoría de ellos manifiesta que vienen manejando este tipo de cultivos, gran parte Olivos y Almendros, más de 10 años con una superficie de más de 50 ha.

Estas áreas de cultivo se encuentran ubicadas mayoritariamente en pendientes suaves (3-5%) e instaladas a un distanciamiento promedio de 10 x 10 m. En su mayoría se encuentran bajo agricultura de secano, aunque algunos agricultores han instalado sistemas de regadío sobre todo en los viñedos. Referente a la aplicación del manejo ecológico, considerado para ello los agricultores que poseen la certificación correspondiente, la mayoría lo viene aplicando sobre todo en los cultivos de olivo. La cobertura vegetal inerte que utilizan proviene básicamente de las podas de los cultivos (en su mayoría olivos) la cual la trituran y colocan en la superficie. A pesar de ello, en la gestión de poda el 47% de los agricultores aún realiza la quema controlada de las mismas.

Con respecto al manejo de coberturas vegetales vivas, el 25% de los agricultores que aplican las coberturas vegetales, en su mayoría utilizan cubiertas naturales o espontáneas, las cuales se mantienen mediante el segado y luego se utilizan como “mulching”. Sin embargo, aún la gran mayoría continúa realizando labranza convencional de manera intensiva.

Cabe destacar que sólo un agricultor mantiene la cubierta vegetal en su finca hasta la primavera para luego aplicar la labranza para su eliminación durante la época baja de lluvias. Esta técnica es la recomendada para el manejo de coberturas vegetales vivas debido a que evita la competencia hídrica con los cultivos de producción. Asimismo, se encontró que la mayoría de agricultores realizan labranza de la tierra al menos 2 veces al año.

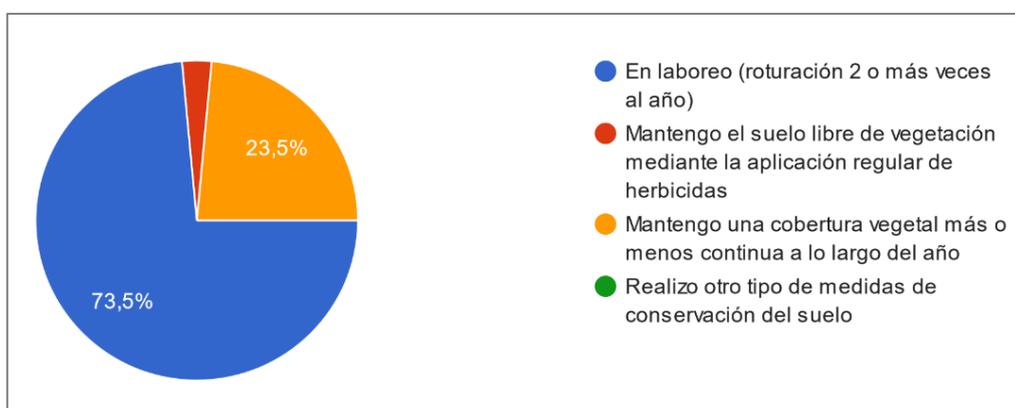


Figura 4. Situación actual del manejo del suelo en Castilla – La Mancha.

Cabe destacar dos puntos importantes referente al tratamiento mecánico del suelo, en primer lugar, la labranza que realizan los agricultores encuestados lo ejecutan de forma perpendicular a la pendiente, lo cual es una manera de reducir la erosión en suelos desnudos cuando se produce un evento de lluvia intenso. En segundo lugar, en su mayoría manifiestan que desconocen las técnicas de creación y mantenimiento de alcorques y terrazas, lo cual es una medida mecánica de manejar el suelo para evitar la erosión y aumentar la infiltración reteniendo por más tiempo el agua de lluvia en la base de los árboles, así como en las zonas de terraza que funcionan como barrera.

Es interesante encontrar que la mayoría de agricultores conocen de los beneficios de las coberturas vegetales que tienen sobre los cultivos leñosos en seco como el efecto que tiene en reducir la erosión y aumentar la fertilización

del suelo, así como la mejora en la infiltración y retención del agua. Asimismo, manifiestan que las limitaciones que tienen para implementar estas medidas de conservación es la falta de conocimiento para su correcta aplicación, la falta de equipamiento y maquinaria, y la falta de incentivos económicos, como se observa en la Figura 5.

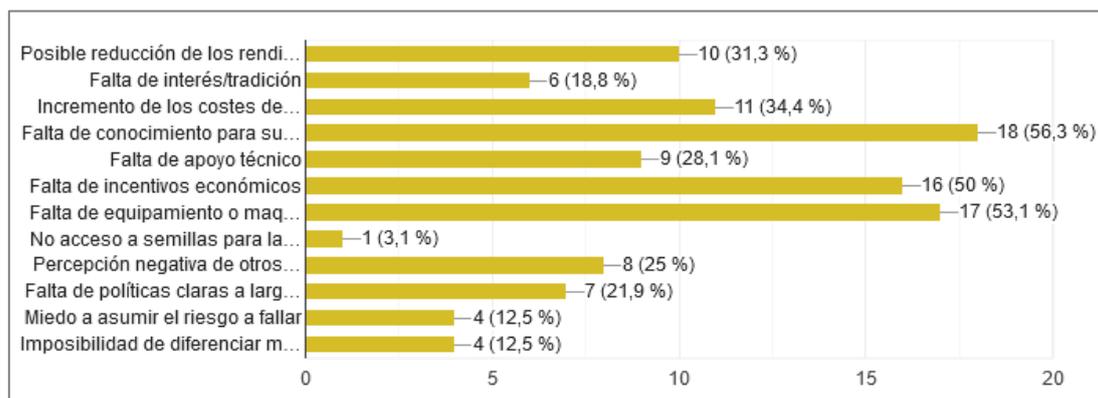


Figura 5. Barreras para la aplicación de buenas prácticas agrarias.

Finalmente, la mayoría de agricultores manifestaron que tienen la intención de aplicar el uso de coberturas vegetales (vivas o inertes) en sus campos de cultivo con el motivo de cumplir con algunos de la Eco-Regímenes de la futura PAC (Política Agraria Común) 2023-2027 y de esa manera acceder a la ayuda económica que existe para la conservación de este tipo de agricultura. Cabe indicar que un porcentaje considerable de agricultores no tenían conocimiento de estas modificaciones en la PAC.

Por otro lado, como complemento a la encuesta realizada a los agricultores, se realizó la visita a 6 fincas agrícolas en donde vienen realizando buenas prácticas de manejo de suelo desde hace varios años (principalmente cobertura vegetal) y se entrevistó a los propietarios de las mismas para que conocer sobre sus experiencias con las prácticas agrarias en sus cultivos y sus apreciaciones en cuanto a su aplicación.

Se observó que la mitad de los propietarios poseen áreas extensas de cultivo (300-450 ha) sin embargo cuentan con alrededor de 3 trabajadores para el manejo de la finca y poca maquinaria, esto debido a que por el poco laboreo que se realiza durante el año no requieren de mucho personal, solo en época de cosecha o siega tercerizan el trabajo. Lo que ocasiona que bajen sus costos de

producción. Por otro lado, las fincas de menor extensión realizan más práctica de laboreo durante el año. Los que manejan el suelo mediante cobertura vegetal lo realizan con coberturas naturales debido a que indican que es difícil conseguir semillas para los cultivos de cobertura. Asimismo, manifiestan que al menos al cabo de 4 años pueden ver los beneficios del uso de coberturas vegetales y residuos de poda como reducción de la erosión, reducción de la evapotranspiración, mayor infiltración del agua y mejora de la estructura del suelo. Los que aplican fertilización al suelo, un par de propietarios lo realizan mediante la mezcla de restos vegetales y estiércol, lo que ayuda al reciclaje de materiales para producir compost. Finalmente, la mayoría de ellos manifestó que las ayudas económicas son fundamentales para mantener este tipo de cultivos que son de una cosecha anual.

Tabla 3. Resumen de la visita de campo a fincas agrícolas.

FINCA	AÑOS	ÁREA	CULTIVO	DISTANCIA	PENDIENTE	MANEJO	CONTROL	RIEGO	FERTILIZACIÓN	PODA
Al Alma del Olivo - Almonacid de Toledo	4	300 ha	Olivo	8x8m	5-10%	Ecológico - CC espontáneo	Segado mecánico con trituradora de martillos. 2 veces al año (Abril y junio) más barato	Riego por goteo. tuberías enterradas (1500 m ³ /ha)	Compost (restos vegetales, restos de prensa (orujo) y estiércol)	Triturado
Oleo Quirós - Mora	15	300 ha	Olivo, Almendro	6x7m	plano	Ecológico - CC espontáneo	Sesgado mecánico - Desbrozadora con floating. 2-3 veces año	Riego por goteo (1250 mm/ha)	compost (comprado)	Triturado
El Calero - Alcaraz	30	450 ha	Olivo, Almendro, Pistacho	6x6m	5-10%	Ecológico - CC espontáneo	Sesgado mecánico - Desbrozadora con floating. 3-5 veces año	Secano	Compost (restos de poda y estiércol)	Triturado
Villanueva de los Infantes	10	pequeño	Olivo	8x8m	plano	Convencional	Aplicación de herbicidas	Secano	Mineral de baja intensidad	Quema
La Torre de Juan Abad	5	pequeño	Olivo	9x9m	2-3%	Convencional	Aplicación de herbicidas	Secano	Mineral de baja intensidad	Picado

Albalate de Zorita	5	1000 m2	Almendro	5x4m	llano	Ecológico sin certificación	Segado mecánico con trituradora de martillos. 2 veces al año (Abril y junio) más barato	Riego por goteo	Sin fertilización	Retirada
--------------------	---	---------	----------	------	-------	-----------------------------	---	-----------------	-------------------	----------

Fuente: Elaboración propia en base a la información recopilada en campo.

5. CONCLUSIONES

- Se identificó que las prácticas agrarias que benefician a los cultivos leñosos en la conservación del agua y la protección del suelo son fundamentalmente las cubiertas vegetales, tanto espontáneas como sembradas, siempre y cuando se realice un manejo adecuado y oportuno del mismo.
- La combinación en la aplicación de coberturas vegetales en conjunto con otras prácticas agrarias como la labranza reducida o labranza cero, así como el uso de abono verde y enmiendas vegetales incrementan la retención del agua en el suelo y disminuyen las tasas de erosión y escorrentía en los cultivos leñosos.
- Los parámetros hidrológicos utilizados en la mayoría de los artículos seleccionados para la evaluación de la conservación del suelo y el agua fueron la cantidad de Carbono Orgánico y el almacenamiento de agua en el suelo.
- La percepción de los agricultores recogida mediante la encuesta y visitas de campo en relación a la implementación de buenas prácticas agrarias manifiesta que reconocen los efectos positivos que dichas prácticas tienen sobre la conservación del agua y el suelo en sus cultivos, sin embargo, la falta de capacitación y acceso a maquinarias para instalar coberturas vegetales o enmiendas genera dificultad en el manejo de las mismas, limitando la aplicación de las prácticas agrarias.
- Los agricultores que actualmente aplican las buenas prácticas agrarias en sus fincas manifiestan que sus costos operativos han disminuido debido a que no realizan labranza en sus cultivos, sin embargo, indican que las ayudas

económicas son muy relevantes para el mantenimiento de estos cultivos tradicionales.

6. BIBLIOGRAFIA

Abasi et al. 2013. WABOL: A conceptual water balance model for analyzing rainfall water use in olive orchards under different soil and cover crop management strategies. Spain.

Almagro et al. 2016. Sustainable land management practices as providers of several. Spain.

Bombino et al. 2019. Water Infiltration and Surface Runoff in Steep Clayey Soils of Olive Groves under Different Management Practices. Italy.

Censo Agrario Año 2020. Instituto de Nacional de Estadística. España.

Cerdá et al. 2020. Tillage Versus No-Tillage. Soil Properties and Hydrology in an Organic Persimmon Farm in Eastern Iberian Peninsula. Spain.

Cucci, G. *et al.* 2015. Impact of long term soil management practices on the fertility and weed flora of an almond orchard. Italy.

De Fraiture et al. 2017. What is the role of water in the global food challenge?. Wageningen Environmental and Research. Netherlands.

Espejo-Pérez et al. 2013. Soil Loss and Runoff Reduction in Olive-Tree Dry-Farming with Cover Crops. Spain.

Estrany et al. 2010. Hydrological response of a small mediterranean agricultural catchment. Spain.

Gómez et al. 2009. The influence of cover crops and tillage on water and sediment yield, and on nutrient, and organic matter losses in an olive orchard on a sandy loam soil. Spain.

López-Garrido et al. 2009. Carbon losses by tillage under semi-arid Mediterranean rainfed agriculture (SW Spain). Spain.

López-Vicente et al. 2021. The role of cover crops in the loss of protected and non-protected soil organic carbon fractions due to water erosion in a Mediterranean olive grove. Spain.

Márquez-García et al. 2013. Improvement of soil carbon sink by cover crops in olive orchards under semiarid conditions. Influence of the type of soil and weed. Spain.

Martínez-Mena et al. 2020. Long-term effectiveness of sustainable land management practices to control runoff, soil erosion, and nutrient loss and the role of rainfall intensity in Mediterranean rainfed agroecosystems. 2020. Spain.

Montanaro G., et al. 2017. Orchard management, soil organic carbon and ecosystem services in Mediterranean fruit tree crops. Spain.

Morugán-Coronado et al. 2020. The impact of intercropping, tillage and fertilizer type on soil and crop yield in fruit orchards under Mediterranean conditions: A meta-analysis of field studies. Spain.

Novara et al. 2021. Cover crop management and water conservation in vineyard and olive orchards. Spain.

Ramos et al. 2011. Soil responses to different management practices in rainfed orchards in semiarid environments. Spain.

Repullo-Ruiberriz et al. 2018. Efficiency of four different seeded plants and native vegetation as cover crops in the control of soil and carbon losses by water erosion in olive orchards. Spain.

Rodrigues M. A. y Arrobas M., 2020. Cover cropping for increasing fruit production and farming sustainability. Portugal.

Sastre et al. 2017. Soil loss in an olive grove in Central Spain under cover crops and tillage treatments, and farmer perceptions. Spain.

Sastre et al. 2018. Soil loss in an olive grove in Central Spain under cover crops and tillage treatments, and farmer perceptions. Spain.

Wesemael et al. 2003. The impact of soil properties and topography on drought vulnerability of rainfed cropping systems in southern Spain.