Núm 49 • DIC 2021

Agricultura de Conservación

Publicación realizada con la contribución financiera del instrumento LIFE+ de la Unión Europea

El proyecto LIFE Agromitiga presente en la COP 26 de Glasgow

Entrevista a Carlos Molina Pitarch Asesor técnico AGRACON

Serrate®

syngenta.

® 2016 Syngenta. Todos los derechos reservados. ™ y ® son marcas comerciales del Grupo Syngenta.

Use los productos fitosanitarios de manera segura.
Lea siempre la etiqueta y la información sobre el producto antes de usarlo.

La Estrategia temática del Suelo necesita a la Agricultura de Conservación

En medio del todo el foco mediático que ha acaparado la COP 26 celebrada en Glasgow durante el mes de noviembre, y del cual nos hacemos eco en la presente revista, la Comisión Europea ha publicado por fin la Estrategia Temática de Suelo, la cual viene a rellenar el hueco que faltaba en la basta legislación medioambiental europea, concediendo a este recurso natural el mismo nivel de protección que al aire, al agua y al medio ambiente marino.

Para todos aquellos que nos dedicamos de una u otra manera a proteger y mejorar el suelo a través de prácticas agrarias como la Siembra Directa o las Cubiertas Vegetales, la publicación de esta estrategia es una buena noticia, aunque sólo en principio, ya que realizando una primera lectura y buscando el término "Agricultura de Conservación" en su texto, no aparece ninguna alusión directa a estos tipos de sistemas de manejo. Nos encontramos otra vez, ante un escenario en donde las buenas intenciones corren el riesgo de no ser acompañadas por medidas realistas y contrastadas por la ciencia, para conseguir los ambiciosos objetivos medioambientales que esta estrategia persigue.

El documento en cuestión fija unos objetivos intermedios a conseguir en el año 2030 y otros objetivos finales para el año 2050. Entre los más inmediatos, figuran el combatir la desertificación, restaurar las tierras y los suelos degradados, restaurar zonas significativas de ecosistemas degradados y ricos en carbono o lograr una eliminación neta de gases de efecto invernadero en la UE de 310 millones de toneladas equivalentes de CO_2 al año en el sector de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura, entre otros. A largo plazo, se plantea reducir de una manera significativa la contaminación de los suelos, conseguir una Europa climáticamente neutra y, como primer paso, aspirar a lograr la neutralidad climática de la tierra en la UE para 2035 y lograr para la UE una sociedad resistente al clima. Para ello, la estrategia realiza una propuesta de acciones nada concretas relacionas con el suelo en diversos ámbitos como la mitigación y adaptación al cambio climático, la economía circular, la biodiversidad y la recuperación de suelos degradados y contaminados. Además, en el texto se pone el foco en la necesidad de incrementar el conocimiento a través de la investigación, potenciar la disponibilidad de datos y el uso de herramientas digitales, animando a establecer canales de financiación público-privadas.

Si bien en ningún momento se menciona de manera explícita a la Agricultura de Conservación dentro de las acciones para conseguir estos objetivos, tal y como se ha comentado anteriormente, sí que se identifican en el texto de la Estrategia algunas prácticas que forman parte de sus principios de aplicación, como el establecimiento de rotación de cultivos, la incorporación de residuos de cultivos o la reducción del laboreo. Sin duda alguna, esto debe ser un punto de apoyo que ha de animar a los Estados Miembros a fomentar el uso de la Siembra Directa y las Cubiertas Vegetales, por cuanto sus beneficios sobre el suelo dan respuesta a los restos planteados en la Estrategia y tiene un amplio aval de la ciencia, tal y como se refleja en el reciente informe que sobre Agricultura de Conservación ha sido presentado tanto al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación como al Ministerio para la Transición Ecológica y el reto demográfico.

En este punto hemos de lamentar que el necesario uso sostenible de determinadas herramientas en este tipo de prácticas, como son los productos fitosanitarios, pueda opacar la visión de los legisladores europeos, y no les permita ver lo que la ciencia viene demostrando durante varios años, conllevando ello obviar, al menos de manera explícita, a la Agricultura de Conservación como una herramienta tan necesaria en esta Estrategia. Todos los beneficios medioambientales de la Agricultura de Conservación vienen dados por la aplicación de sus principios, y para llevarlos a cabo, son necesarias herramientas cuya utilización ha de establecerse, como no podía ser de otra manera, dentro de las normativas sanitarias europeas de una manera óptima y racional.

agromitiga

Apúntate al curso

Uso inteligente del carbono para mitigar el cambio climático.

www.lifeagromitiga.eu

www.lifeagromitiga.eu

El Proyecto LIFE Agromitiga está financiado por el Programa LIFE de la Unión Europea

Socios: AEACSV · ASAJA SEVILLA · Junta de Andalucía · ECAF · IFAPA · UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

SOCIOS PROTECTORES

Clase I

www.roundup.es

www.syngenta.es

Clase II

Antonio Tarazona
www.antoniotarazona.com

Clase III

Agsun Europe S.L.
https://www.ag-group.es/

John Deere Ibérica
www.johndeere.es

Maquinaria Agrícola Solá
www.solagrupo.com

Clase IV

- Agrogenil, S.L.
- Bonterra Ibérica, S.L.
- Federación Nacional de Comunidad de Regantes
- Oficina Del Campo y Agroservicios, S.L.
- Sat 1941 "Santa Teresa"
- Seagro, S.L.
- Trifersa
- Ucaman

04 NOTICIAS — Presentado un completo sobre la Agricultura de Conservación y las herramientas para su puesta en práctica en el contexto del Pacto Verde Europeo

05 — Dos Grupos Operativos a nivel Andaluz aportarán soluciones para la implantación del cultivo de girasol en siembra directa y la implantación de márgenes multifuncionales

08 — La Cubiertas Vegetales en olivar presentes en Expoliva 2021

12 TÉCNICA — Entrevista a Carlos Molina Pitarch Asesor técnico AGRACON

LIFE 18 — El proyecto LIFE Agromitiga presente en la COP 26 de Glasgow

19 — Conclusiones de la COP 26: Pocos avances y poca agricultura

22 INFORME — Diferencias en el funcionamiento agro-hidrológico de un vertisol bajo siembra directa y laboreo tradicional

30 EMPRESAS

AEAC.SV
IFAPA Centro "Alameda del Obispo". Edificio de Olivicultura. Avda. Menéndez Pidal, s/n. E-14004 Córdoba (España). Tel: +34 957 42 20 99 • 957 42 21 68 • Fax: +34 957 42 21 68. info@agriculturadeconservacion.org • www.agriculturadeconservacion.org

JUNTA DIRECTIVA
Presidente: Jesús A. Gil Ribes
Vicepresidenta: Rafaela Ordoñez Fernández
Secretario Tesorero : Emilio J. González Sánchez
Vocales: Antonio Álvarez Saborido, Miguel Barnuevo Rocko, Rafael Calleja García, Pascual Cano Mancellan, Germán Canomanuel Monje, Chiquinquirá Hontoria Fernández, Eduardo Martínez de Ubago, Armando Martínez Vilela, Teodoro Meneses, José Jesús Pérez de Ciriza, Juan José Pérez García

REDACCIÓN
Óscar Veroz González (Coordinador), Emilio J. González Sánchez, Manuel Gómez Ariza, Francisco Sánchez Ruiz, Raúl Gómez Ariza, Francisco Márquez García, Rafaela Ordóñez Fernández, Jesús A. Gil Ribes, Rafael Espejo Serrano, Rosa Mª Carbonell Bojollo

PUBLICIDAD
VdS Comunicación || Tel: +34 649 96 63 45 || publicidad@vdscomunicacion.com

NIPO: 280-16-310-4
Depósito Legal: M-44282-2005
ISSN edición impresa: 1885/8538
ISSN edición internet: 1885/9194

Presentado un completo sobre la Agricultura de Conservación y las herramientas para su puesta en práctica en el contexto del Pacto Verde Europeo

Este informe elaborado por PwC y patrocinado por Bayer Cropscience, ha contado con la participación de la Asociación Española Agricultura de Conservación Suelos Vivos (AEACSV), la Asociación Empresarial para la Protección de Plantas (AEPLA) y la Asociación Nacional de Maquinaria Agropecuaria y Espacios Verdes (ANSEMAT). El documento tiene el objetivo de analizar y cuantificar el impacto de la Agricultura de Conservación como práctica útil para contribuir al cumplimiento de los objetivos medioambientales, así como el papel de herramientas esenciales como la maquinaria de siembra directa y los herbicidas para su impulso y desarrollo.

El informe, que ha sido ya presentado al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria en diversas reuniones, hace un exhaustivo estudio de la situación actual de las practicas de Agricultura de Conservación en España y su contribución medioambiental y socioeconómica, así como el potencial que dichas prácticas tienen de expansión a poco que tengan un apoyo por parte de las administraciones públicas. Concretamente, y según los análisis realizados por los autores del informe, la AC ha venido creciendo a un ritmo medio anual del 4,3% hasta llegar a los 2,1 millones de hectáreas en la actualidad, teniendo aún mucho recorrido por delante pudiendo llegar hasta los 13 millones de hectáreas.

El documento realiza un recorrido por los principales beneficios medioambientales constatados por la ciencia que la Agricultura de Conservación tiene en los ecosistemas agrarios, valorando además el impacto económico de dichos beneficios. Por ejemplo, en lo que respecta al suelo, el informe pone de manifiesto que, de media, la Agricultura de Conservación evita la pérdida de casi 13 toneladas de suelo por hectárea y año debido a la erosión respecto a la agricultura convencional. Ello supone que, para toda la superficie española bajo este tipo de prácticas, el valor económico del terreno conservado es de 157 millones de € de forma anual. En el caso del cambio climático, el informe pone de manifiesto que la Agricultura de Conservación también contribuye a la calidad del aire al evitar la emisión de 10 millones de toneladas de CO_2 cada año, y que podría llegar a los 55 millones de toneladas en un escenario de adopción potencial máximo, lo que tiene un valor económico de 242 millones de € y de 1.360 millones de €, respectivamente. El informe pone en valor estos y otros beneficios medioambientales como el incremento de la biodiversidad que se da en los ecosistemas agrarios gracias a la Agricultura de Conservación para el cumplimiento de los objetivos del Pacto Verde Europeo, las estrategias de la Granja a la Mesa o de la Biodiversidad 2030.

Además, se dedican una serie de capítulos a exponer cuales son las herramientas esenciales para llevar a cabo estas prácticas y, por tanto, conseguir todos los beneficios medioambientales que se detallan en el informe. Entre otras cuestiones se pone en valor el uso de la maquinaria específica como las sembradoras directas y el uso de herbicidas para el control de malas hierbas. A este respecto, el estudio realiza un estudio de caso, en el que se valoran alternativas químicas de control en Agricultura de Conservación en el caso de que no se dispusiera del herbicida más utilizado no sólo en este tipo de prácticas, sino también en agricultura convencional, se trata del glifosato. El informe expone como en el caso de un cereal, los costes se incrementarían un 18%, mientras que en cultivos leñosos, los costes se multiplicarían por 2. Por todo ello, en la actualidad, el glifosato es una herramienta clave para la AC, ya que el 43% de los agricultores considera que no existe una alternativa en siembra directa, y el 32% afirma que abandonaría la práctica de la Agricultura de Conservación para volver a la Agricultura Convencional en ausencia de glifosato.

Por último, el informe también realiza un análisis socioeconómico de la aportación de la Agricultura de Conservación al sector agrio español, destacando que tiene asociados menos costes y menores tiempos de trabajo, lo que incrementa la renta agraria de los agricultores en 135 M€ de forma anual, pudiendo llegar a 932 M€ en el escenario potencial de adopción máximo.

El informe completo se puede consultar en **www.agriculturaypactoverde.com.**

Dos Grupos Operativos a nivel Andaluz aportarán soluciones para la implantación del cultivo de girasol en siembra directa y la implantación de márgenes multifuncionales

Andalucía se mueve con Europa

A falta de la resolución definitiva por parte de la Junta de Andalucía, la AEACSV participa en dos proyectos subvencionados, en régimen de concurrencia competitiva, dirigidas al funcionamiento de Grupos Operativos de la Asociación Europea de Innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas para la realización de proyectos piloto y el desarrollo de nuevos productos, prácticas, procesos y tecnologías en los sectores agrícola, alimentario y forestal en el marco del programa de Desarrollo Rural de Andalucía 2014-2020.

Los resultados que se obtengan repercutirán no sólo en el agro Andaluz, si no que en gran medida se podrán extrapolar a otras zonas de España con similares condiciones agroclimáticas.

Mejora de la sostenibilidad del girasol mediante Agricultura de Conservación. Proyecto GiraSoil

Este proyecto, cuyo socio representante es la AEACSV cuenta con la participación tanto de socios investigadores (UCO e IFAPA), como de Representantes de Agricultores (ASAJA Sevilla y ASAJA Andalucia) y la empresa (Syngenta y Antonio Tarazona)

El girasol con 215.157 ha (ESYRCE, 2020) es el segundo cultivo herbáceo de secano en superficie implantada en Andalucía, siendo actualmente el principal de primavera e imprescindible en la rotación de cultivos asociadas a las ayudas PAC. En la actualidad aproximadamente el 95% de su superficie se cultiva mediante agricultura convencional con un manejo del suelo mediante laboreo, tanto previo a la siembra para la preparación del lecho de siembra, como una vez implantado este para la eliminación de las malas hierbas entre las líneas del cultivo.

El laboreo del suelo provoca una rotura de agregados y una destrucción de la estructura del mismo, exponiéndolo a pérdida de materia orgánica y

una mayor evaporación directa del suelo. Otro efecto negativo de la agricultura convencional son las emisiones de CO_2 a la atmósfera, tanto por el mayor uso de combustible como por la oxidación de la materia orgánica presente en el suelo. Además, al mantener el suelo desprotegido el riesgo de erosión es inaceptable en una agricultura que ha de ser sostenible.

De cara a aumentar la implantación de este cultivo en siembra directa, nace el GO para mejorar la experiencia y medios, tanto humanos (formación), como técnicos (maquinaria e insumos) y de este modo tener herramientas en las que el agricultor pueda apoyarse.

Por otro lado, la reforma de la PAC tiene como objetivo fundamental conseguir una agricultura sostenible, que permita presentar el sistema productivo agrario europeo, como un modelo diferenciado en los mercados internacionales, por lograr cumplir el paradigma de producir (para contribuir a satisfacer la demanda creciente de alimentos a nivel mundial) con menos recursos, a la vez que contribuye al cumplimiento de los compromisos internacionales suscritos en materia medioambiental.

En este sentido, los eco-esquemas se configuran como una nueva intervención, incluida en el primer pilar de la PAC (fondo FEAGA), basada en prácticas agrícolas que sean beneficiosas para el clima y el medio ambiente. Englobado dentro de la agricultura baja en carbono, se define el eco-esquema (P4) "Agricultura de Conservación: siembra directa", que encaja con los objetivos del proyecto.

Este eco-esquema consiste en la eliminación de las labores sobre el suelo, para que la superficie de tierra arable de la parcela acogida a esta práctica quede cubierta por restos vegetales durante todo el año, de forma que se promueve el incremento de materia orgánica y el secuestro de carbono orgánico por el suelo y se reduce la erosión del mismo. Se requerirá el mantenimiento de los rastrojos sobre el terreno y llevar a cabo rotación de cultivos.

Como **objetivo general del GO**, se pretende generar un mayor conocimiento del cultivo de girasol en siembra directa y aportar soluciones para mejorar la competitividad del sector agrario en un escenario de cambio climático, en el que es importante aumentar la resilencia del sistema. Además, se fomenta la sostenibilidad ambiental de la agricultura.

Como **objetivos específicos** se plantean dar soluciones tanto desde el punto técnico en campo como formativo para:

- Mejora de la nascencia del cultivo mediante la adaptación de la maquinaria y métodos de agricultura de conservación (laboreo en bandas, barredoras de rastrojo, adaptación de sembradoras a condiciones de suelos muy arcillosos).
- Balance económico, de carbono y de energía para demostrar la viabilidad tanto económica como ambiental del cultivo.
- Evaluación del manejo del girasol mediante agricultura de conservación sobre la biodiversidad de artrópodos del suelo y un indicador de biodiversidad respecto al manejo convencional.
- Difusión de estos resultados a través de acciones de comunicación y eventos tanto demostrativos (jornadas de campo), como formativos (seminarios, charlas, participación en cursos) y de esta manera llegar tanto a agricultores como a técnicos, Administración y posibles personas interesadas. Una mayor formación de los agricultores y técnicos al disponer de más herramientas y conocimientos para hacer frente a las consecuencias del cambio climático.

Grupo Operativo Sembrando Biodiversidad en Andalucía, bases para la implantación y la monitorización de los márgenes multifuncionales en el marco de los nuevos eco-esquemas

Este proyecto, cuyo socio representante es la ASAJA Sevilla cuenta con la participación además de la AEAC. SV, del IFAPA (Investigación), Signlab Nuevas Tecnologías, ASAJA Andalucía, la SAT San Arcadio de Osuna y la empresa Syngenta.

Los márgenes multifuncionales, que contribuyen a la diversificación del paisaje y a la mejora de la conectividad ecológica en los espacios agrarios, sirve también para potenciar los servicios ecosistémicos derivados de una abundante biodiversidad, tales como la polinización de los cultivos, el reciclado de nutrientes y la fertilidad del suelo, o el control biológico de plagas. Asimismo, esta práctica mejora la cobertura vegetal del suelo, aumentando sus niveles de materia orgánica y reduciendo notablemente la erosión y la escorrentía.

Pese a estos indudables beneficios ambientales y agronómicos, actualmente los operadores comerciales no retribuyen a los agricultores por la realización de esta práctica, lo que dificulta el interés del sector agrario por los márgenes multifuncionales y su adopción por un mayor número de explotaciones. La creación en la nueva PAC 2021-2027 de los eco-esquemas, representa sin duda una oportunidad para incentivar la implantación los márgenes multifuncionales y que éstos puedan tener gran potencial de crecimiento en los próximos años.

El actual borrador de los eco-esquemas, se recoge uno en el que incluye a los márgenes, enmarcado dentro del ámbito de la agroecología. Se trata del Eco-esquema P5 “Espacios de biodiversidad en tierras de cultivo y cultivos permanentes (con gestión sostenible de insumos en regadío)”, en los que se establecerán espacios que permitan conservar la biodiversidad (aportar zonas de refugio y alimento de aves e insectos, polinizadores, etc.) y los recursos naturales. Todo ello, con el fin de asegurar una contribución efectiva a los objetivos específicos medioambientales y climáticos.

El **objetivo general** del proyecto es el de proponer unas bases para la implantación y la monitorización de los márgenes multifuncionales en el marco de los nuevos eco-esquemas que, mediante el desarrollo de una herramienta tecnológica de ayuda al seguimiento y toma de decisiones, facilite la adopción a gran escala de esta buena práctica agrícola y su control por parte de la Administración.

Además, el proyecto tiene los siguientes **objetivos específicos**:

- Optimización de una metodología para la implantación de márgenes multifuncionales en Andalucía en el contexto de las medidas voluntarias de la PAC (eco-esquemas y ayudas agroambientales);
- Creación de una red de fincas colaboradoras para la evaluación en condiciones reales de cultivo de la metodología propuesta;
- Implantación de un sistema de monitorización que garantice una correcta implementación de los márgenes multifuncionales en el marco de los eco-esquemas;
- Desarrollo de una herramienta TIC para la toma de decisiones y seguimiento *in situ* del establecimiento y desarrollo de los márgenes multifuncionales;
- Difusión de los beneficios medioambientales y agronómicos de los márgenes multifuncionales. Mejora de la percepción de los beneficios medioambientales y agronómicos de los márgenes multifuncionales por parte del sector agrícola.

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural

Junta de Andalucía

La Cubiertas Vegetales en olivar presentes en Expoliva 2021

La pasada edición del Simposium Científico Técnico de Expoliva 2021 puso de manifiesto la atenta respuesta que desde la comunidad investigadora se está dando a las demandas actuales de los consumidores y la sociedad en general, respecto a sus principales temas de preocupación: la preservación del medio ambiente, la producción de alimentos de mejor calidad y la protección de la salud.

En este aspecto, la necesidad de reducción de las emisiones de CO_2 y su efecto positivo sobre la mitigación del cambio climático, fue abordado en el Foro del Olivar y el Medio Ambiente que tuvo lugar el 22 de septiembre. La aplicación de técnicas de cultivo sostenibles, que implican el secuestro de carbono en el suelo formó parte de la sesión titulada "**Mejora de la productividad de los suelos de olivar mediante la incorporación de carbono orgánico, reducción de las erosiones y mitigación del cambio climático**".

Manuel Gómez Galera, Director General de la Producción Agraria y Ganadera de Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía fue el encargado de abrir y moderar la sesión, dando paso en primer lugar a **Óscar Veroz González**, Director Ejecutivo de la Asociación Española Agricultura de Conservación, con la ponencia "**La Agricultura de Conservación. Impacto sobre el balance de carbono orgánico en los suelos de olivar y adaptación al cambio climático en España**". En el comienzo de su exposición, Veroz mostró a los asistentes una fotografía actual del grado de implantación de las cubiertas vegetales en España, concretando la situación para el caso del olivar. Respecto a ello, se señaló como la mayor superficie de cubierta vegetal se concentra en este tipo de cultivo, siendo la cubierta espontánea la opción predominante entre los olivicultores. Acto seguido, Veroz entró a exponer el impacto que este tipo de manejo tiene sobre la captura del carbono en el suelo en España. En particular, y con la actual superficie ocupada por cubiertas vegetales vivas implantadas en el cultivo de olivar, los suelos bajo esta práctica de manejo están secuestrando algo más de 4,3 millones de toneladas de CO_2 al año. En el caso de que toda la superficie

AUMENTA EL RENDIMIENTO HASTA UN 4%.*

Los neumáticos con tecnología Michelin Ultraflex pueden ayudar a "alimentar al mundo", según concluye un estudio en profundidad de HARPER ADAMS.

Harper Adams University

MICHELIN

*Aumento del rendimiento medio anual, según un estudio realizado por la Universidad Harper Adams en cultivos labrados a 25 cm de profundidad.

de olivar española tuviera implantada este tipo de cubierta, la cifra de secuestro llegaría hasta los 15,6 millones de toneladas de CO_2. Ello supondría compensar por ejemplo las emisiones de GEI producidas por el consumo energético de 1,9 millones de hogares durante un año. Ese mismo ejercicio se hizo para el caso de que en vez de cubiertas vegetales vivas, la cubierta fuera de restos de poda, existiendo un potencial de secuestro de CO_2 a nivel nacional de 31,8 millones de toneladas al año, lo que supondría compensar por ejemplo las emisiones de GEI producidas por el consumo energético de 3,8 millones de hogares durante un año. Para finalizar su exposición, Veroz dio algunas claves de cómo con las cubiertas vegetales se favorece la adaptación del olivar al cambio climático, gracias al incremento de la resiliencia de los ecosistemas agrarios.

La segunda ponencia, corrió a cargo del **Dr. Jesús Gil Ribes** Catedrático de la Universidad de Córdoba, que bajo el título **"Técnicas de cultivo para la agricultura de conservación en olivar e incorporación de materia orgánica al suelo: cubiertas y restos de poda"**, expuso a los asistentes las claves de la mecanización agraria para una correcta implantación de las cubiertas vegetales en el cultivo del olivar. Entre las cuestiones que se abordaron, el Dr. Gil destacó los diferentes prototipos desarrollados en el marco de los proyectos MecaOlivar e Innolivar. Entre ellos, presentó un modelo de hileradora y picadora de restos de poda, que permite una gestión integral de este material permitiendo implantar de una manera más eficaz, las cubiertas basadas en el uso de este material vegetal. Para la gestión del cultivo de olivar en pendiente, el Dr. Gil presentó varios modelos de tractor. Por ejemplo, en uno de ellos se ha implementado un sistema de nivelado automático del chasis y que además permite el cambio del ancho de vía y un giro de 360º para mejorar

su maniobrabilidad. Además, una app permite de manera remota controlar los parámetros de estabilidad del vehículo. Otra de las innovaciones que en este sentido se presentaron, fue la de un tractor con una cabina nivelable por gravedad, con chasis y ejes flexibles y neumáticos isodiamétricos (todos los neumáticos tienen el mismo diámetro) que mejoran la estabilidad.

Tras el turno del Dr. Gil, tomó el relevo la **Dra. Rafaela Ordoñez Fernández** Investigadora titular del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) de la Junta de Andalucía con la ponencia **"Manejo de cubiertas vegetales y restos de poda para el almacenamiento del carbono orgánico"**. Durante su exposición, la Dra. Ordóñez expuso a los asistentes las oportunidades que la futura PAC ofrecerá para la implantación de Cubiertas Vegetales, dentro de los llamados eco-esquemas, en los que se contemplan en nuestro país, la aplicación de estas prácticas en el marco de la Agricultura del Carbono. Asimismo, se explicaron cuáles son los parámetros que influyen en el contenido de Carbono de un suelo, siendo el manejo agrícola del mismo uno de ellos, y como dependiendo de ello, este biotopo puede comportarse como un sumidero. La Dra. Ordóñez presentó a este respecto, diversos resultados llevados a cabo por su equipo del IFAPA en ensayos con distintos tipos de Cubiertas, constatando incrementos de hasta 1,91 t por ha y año en cubiertas de *Brachipodium* y de hasta 4,91 t por ha y año en Cubiertas de restos de poda. A continuación, se mostraron diversos mapas de Andalucía en donde se mostraba de manera gráfica, una evolución en el contenido de Carbono en el suelo a los 10 años, si existiera una implantación creciente de cultivo de olivar con Cubiertas Vegetales. Para finalizar, la Dra. Ordóñez presentó a los asistentes los principales resultados respecto al secuestro de Carbono que el proyecto LIFE Agromitiga estaba obteniendo en la red de fincas demostrativas en las que están implantados cultivos leñosos con Cubiertas Vegetales. En concreto, y en lo que se lleva de desarrollo de proyecto, los suelos bajo Agricultura de Conservación han experimentado unos incrementos en el contenido de Carbono respecto a los suelos manejados de manera convencional de hasta un 13%.

Por último, tomó la palabra el Dr. Pedro Rey Zamora, del Departamento. de Biología Vegetal y Ecología de la Universidad de Jaén para hablar de biodiversidad en los ecosistemas de olivar en la ponencia "Factores Determinantes en la Mejora de la Biodiversidad del Olivar". En la exposición, el Dr. Rey presentó los principales resultados alcanzados en lo que respecta a la biodiversidad en el proyecto LIFE Olivare Vivos. Durante la exposición, se destacó cómo en los 40 olivares prospectados se han encontrado 165 especies de aves; 58 especies de hormigas (una de ellas, podría ser una especie considerada extinguida en la península Ibérica desde los años 60) y 119 insectos polinizadores. En cuanto a la flora, se han registrado 549 especies de plantas herbáceas y 137 de leñosas, que representan el 17% de la flora vascular andaluza.

Entrevista a Carlos Molina Pitarch
Asesor técnico AGRACON

Es fundamental que los agricultores comprendan que la rotación de cultivos es una de las bases ya no de la Agricultura de Conservación, sino de la agricultura “a secas”

Nos puede hacer un breve resumen de cómo nació AGRACON y la evolución de la Asociación hasta hoy en nº de socios, hectáreas dedicadas a AC y zonas de influencia.

La Asociación Aragonesa de Agricultura de Conservación nació en 1999 pero su germen surgió unos meses antes en el 4º congreso anual de la Asociación Española de Agricultura de Conservación-Suelos Vivos que se celebró en La Almunia de Doña Godina (Zaragoza) en 1998. En ese evento coincidieron diferentes agricultores de Aragón que venían realizando manejos de Agricultura de Conservación (AC) en sus explotaciones y decidieron poner en marcha ese punto de encuentro del sistema de no laboreo que siempre ha representado AGRACON en Aragón dentro del sector agrario.

En la actualidad AGRACON se encuentra en un crecimiento constante de agricultores asociados lo que le ha llevado a superar recientemente los 300 socios, una cifra que se ha duplicado en los últimos 4 años, la cual es indicativa del buen momento de expansión de la AC, así como el dinamismo de la Asociación que ha atraído a mas de 40 agricultores de diferentes regiones de toda España con los que se trabaja a través de las nuevas telecomunicaciones.

Según los datos de la ESYCRE de 2020 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en Aragón se manejan 140.000 ha bajo Siembra Directa lo cual representa el 15 % de la superficie de cultivos extensivos de la comunidad. Estas cifras convierten a la región en una de las referentes de la técnica con una implantación de cinco puntos porcentuales por encima de la media nacional.

Cultivo de Servicio Verano.

En estos años, y en su zona, ¿Cómo ha evolucionado la opinión del sector hacia la Agricultura de Conservación y sus beneficios? ¿Hay más concienciación hacia estas técnicas o sigue siendo difícil llegar al agricultor tradicional?

En los últimos años el interés sobre la AC está creciendo, los efectos del cada vez más omnipresente cambio climático (lluvias torrenciales, periodos de sequía...) sumado a una rentabilidad económica cada vez mas ajustada esta provocando que agricultores que no querían saber nada de eso de no labrar ahora lo comiencen a ver con buenos ojos.

Este interés desde la Asociación lo hemos notado en el día a día, por ejemplo, en algunas zonas de la provincia de Teruel hace 5-10 años hacías una charla y acudían muy pocos asistentes, y en cambio, en la actualidad acuden mas de 40 personas y posteriormente hemos conocido que en la siguiente campaña al menos un 25% de esos asistentes se han iniciado en los manejos de AC en sus explotaciones.

También desde AGRACON en los últimos años estamos detectando una tendencia que nos preocupa, cada día son más los agricultores que disponen de sembradoras de Siembra Directa pero que no aplican adecuadamente los manejos de AC, necesitamos que el sector tenga claro que el apero más importante que necesitamos en esta técnica es la formación y el conocimiento, así como que no es lo mismo "hacer Siembra Directa" que "sembrar directamente".

¿Y a nivel de las Administraciones Públicas? ¿Qué apoyos han logrado desde el Gobierno de Aragón hacia la Agricultura de Conservación?

Uno de los papeles de AGRACON, de la AEACSV, así como de otras asociaciones regionales ha sido desde sus inicios hacer una divulgación de los beneficios medioambientales de la AC dentro del sector agrario, de la sociedad y de las administraciones.

Reunión con Joaquín Olona, Consejero de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón.

A nivel de Aragón en los últimos años hay una buena relación con la administración con la que periódicamente se tienen reuniones con el consejero de Agricultura, así como con directores generales para que desde una manera constructiva intentar mejorar la legislación actual para dar encaje a los manejos de AC y que los beneficios medioambientales de la técnica sean reconocidos.

Estamos en este momento hablando de los Ecoesquemas de la nueva PAC. ¿Cómo valora la inclusión de la AC como uno de estos ecoesquemas y qué argumentos son los que destacaría para que finalmente sea uno de los Ecoesquemas propuestos?

Los ecoesquemas, una de cal y otra de arena. Desde AGRACON valoramos muy positivamente que tras más de 30 años de trabajo de muchas personas la AC haya obtenido el reconocimiento de buena práctica agraria que hace tiempo que se merecía a través de la figura de ecoesquemas tanto para cultivos extensivos como para leñosos. Pero por lo que conoces hasta el momento creemos que en lo que se refiere a los cultivos extensivos (Siembra Directa) al plantear la misma cuantía para todas las opciones a elegir no va a ser lo suficientemente incentivador ya que el ecoesquema de SD tiene un nivel de exigencia mayor que por ejemplo el de rotación de cultivos mejorantes, y lo que creemos que va a ocurrir es que a mismas cuantías al agricultor elegirá el menos exigente. Habrá que ver cómo queda definido finalmente todo este tema.

¿Qué papel juegan las rotaciones en el control de las malas hierbas y cómo se deben enfocar para que sean eficaces?

Es fundamental que los agricultores comprendan que la rotación de cultivos es una de las bases ya no de la Agricultura de Conservación, sino de la agricultura "a secas".

Desde AGRACON a los agricultores les recomendamos que apliquen la rotación del 33%, la cual es la que mejores resultados agronómicos y económi-

cos les esta aportando a los agricultores a corto, medio y largo plazo. Esta rotación se compone de un cultivo de cereal de cabecera (trigo, triticale o centeno hibrido) seguido de un segundo cultivo de cereal (cebada o avena) y terminando con un cultivo alternativo o cultivo de "limpieza" (leguminosas, oleaginosas o barbecho de cultivo de servicio espontáneo).

De esta manera se van controlando la flora arvense de "hoja estrecha" sobre cultivos de "hoja ancha" y viceversa.

Como decía un socio de AGRACON con mas de 20 años de manejos de AC, "la mejor herramienta de control de malas hierbas no es buscar cual es el mejor herbicida, haz un buen diseño de rotación y luego ya vendrá todo lo demás, hay que empezar por buscar cual es el origen de la causa del problema".

Que nos puede comentar del tema de Cultivos de Servicio y el uso de hierbas espontáneas?

Cada día los agricultores escucharán más un nuevo concepto, Agricultura Siempre Verde, el denominado 4º pilar de la AC, gracias a tener plantas vivas siempre en el campo (comerciales y de servicio) podemos llegar a estar fijando los 365 días del año carbono en el suelo y alimentar a esos "inquilinos" que tenemos en él, los microorganismos.

Y ahora viene la gran pregunta ¿qué sembramos en verano en los secanos de España? y la respuesta está en las hierbas espontáneas, en flora arvense como la *Salsola Kali* o la *Kochia Scoparia* que en lugar de ser una mala hierba que exterminar si las manejamos adecuadamente puede ser una muy interesante herramienta que trabaje para nosotros y nos puede aportar al agrosistema más de 10 servicios.

Este nuevo paradigma está rompiendo muchos esquemas establecidos en el sector agrícola y no hay mejor manera de escenificarlo que con una cita de un referente mundial en conocimiento de suelo como es Rodolfo Gil (Aapresid) "el suelo no necesita descansar, el suelo tiene hambre", pues tendremos que conocer cómo se alimenta y alimentarlo.

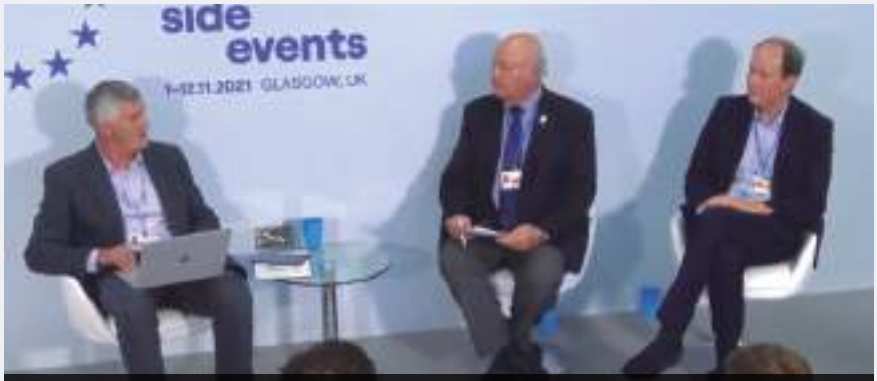
agromitiga

LIFE Agricultura de Conservación

Proyecto LIFE Agromitiga: Hablan los protagonistas

Declaración institucional del 8º Congreso Mundial de Agricultura de Conservación

El proyecto LIFE Agromitiga presente en la COP 26 de Glasgow



El Dr. Gottlieb Basch, moderador de la jornada a la izquierda, junto con Paul Luu al centro, que cerró la jornada y Jean-François Soussana a la derecha.

El pasado 8 de noviembre, y en el marco de los eventos paralelos organizados por la Unión Europea con motivo de la celebración de la COP26, fue presentado el proyecto LIFE Agromitiga dentro del seminario "La agricultura del Carbono en la Agenda 2030 para la salud del suelo y el clima" moderado por la Federación Europea de Agricultura de Conservación (ECAF).

El evento, de una hora de duración y retransmitido por *streaming* a través de internet, concitó el interés de los asistentes a través de un programa en el que, además del proyecto LIFE Agromitiga, fueron presentadas otras iniciativas relacionadas con el potencial de prácticas agrarias para incrementar el secuestro de Carbono en el suelo, las oportunidades que se abren para el sector agrario con los nuevos mercado de Carbono y la puesta a disposición de herramientas y tecnologías para el seguimiento y verificación del secuestro de Carbono a gran escala.

Gottlieb Basch, presidente de ECAF y moderador del evento, dio paso en primer lugar a la profesora Claire Chenu, directora de investigación del Instituto Francés de Investigación de Agricultura, Alimentación y Medioambiente (INRAE), profesora asociada del instituto AgroParisTech, miembro del comité científico-técnico de la iniciativa 4 por 1000, además de coordinar el proyecto europeo EJP Soil dentro del programa H2020. En su presentación, Chenu expuso como suelos con un mayor contenido de Carbono conllevaban por un lado mejores rendimientos en los cultivos y por otro, una mayor estabilidad interanual en las producciones. Además, Chenu presentó una batería de posibles manejos agronómicos para incrementar el Carbono en el suelo, entre las que se encuentran la siembra directa y las cubiertas vegetales, entre otros, y como implantados en la superficie agraria francesa, podrían, a lo largo de 30 años, llegar a secuestrar más de 8 millones de toneladas de carbono, lo que supondría compensar el 41% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Francia procedentes del sector agrario. A lo largo de su exposición, Chenu se refirió a la necesidad de evaluar el potencial mitigador de las prácticas agrarias teniendo en cuenta las emisiones de otros gases de efecto invernadero como el N_2O. Para finalizar la presentación, se expusieron resultados de un informe que estudiaba cómo en función de la cuantía de incentivos económicos, se incrementaban la superficie de implantación de las prácticas agrarias secuestradoras de C.

A continuación, Gottlieb Basch dio paso a Emilio González, profesor de la Universidad de Córdoba y Secretario General de ECAF, el cual presentó a los asistentes el proyecto LIFE Agromitiga. González comenzó su presentación exponiendo algunos de los problemas medioambientales más graves de Europa, como es la degradación de suelo y la pérdida de carbono debido a la práctica del laboreo intensivo. En contraposición a esta práctica, González presentó la Agricultura de Conservación y cómo la aplicación de sus tres principios conlleva una serie de beneficios medioambientales entre los que se encuentra el incremento del secuestro de Carbono en el suelo. Estas prácticas constituyen la base del proyecto LIFE Agromitiga, establecidas en una red de 36 fincas en Andalucía tanto en cultivos herbáceos en siembra directa, como en cultivos leñosos con cubiertas vegetales. A continuación, Sánchez mostró algunos de los resultados alcanzados en el proyecto, destacando cómo en las parcelas bajo Agricultura de Conservación se redujeron un 42% las emisiones de CO_2 ligadas al consumo energético, lo que unido a un incremento de los rendimientos en los cultivos, multiplicó por 10 la eficiencia del uso del CO_2 en los sistemas de manejo de conservación. En lo que respecta al secuestro de Carbono en el suelo, los resultados muestran como las parcelas en Agricultura de Conservación incrementaron el contenido de este elemento un 13% respecto a las parcelas con un manejo convencional. Sánchez destacó cómo este incremento se había producido gracias a los restos vegetales generados por el cultivo anterior en la misma parcela, sin necesidad de realizar aportes exógenos, lo que redunda en una mayor neutralidad climática del sistema. Para finalizar, González destacó el potencial que en Europa tienen estas prácticas, pudiendo secuestrar el equivalente a casi 200 millones de toneladas de CO_2 al año, y cómo la colaboración publico privada, en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible, el Pacto Verde europeo o iniciativas como las de Agoro (Alianza de Carbono), la cual identifica a la Agricultura de Conservación como una de las actividades que pueden generar créditos de Carbono para operar en los mercados privados.

Tras la exposición de Emilio González, llegó el turno de Adeline de Lamar, gestora de proyectos europeos de South Pole, una entidad dedicada a desarrollar e implementar proyectos de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Adeline centró su presentación en los mercados voluntarios de Carbono y cómo estos pueden servir como impulsores de la adopción de prácticas agrarias regenerativas. En su presentación, de Lamar enfatizó cómo la acción de los gobiernos no está siendo suficiente para cumplir con los objetivos del Acuerdo de Paris, remarcando cómo el sector privado puede tener un papel esencial para que, de manera

La Dra. Claire Chenu al comienzo de su presentación.

El Dr. Emilio González iniciando su exposición sobre el proyecto LIFE Agromitiga.

El Dr. Emilio González exponiendo algunas calves sobre la Agricultura de Conservación y sus beneficios.

Adeline de Lamar comentó las oportunidades de los mercados voluntarios de Carbono para el sector agrario.

En su intervención, Jean-François Soussana presento la iniciativa internacional CIRCASA.

El Dr. Eric Ceschia habló sobre la pertinencia del establecimiento de plataformas de seguimiento y evualuación del contenido de Carbono en el suelo.

conjunta con el sector público, sea posible afrontar los retos que supone mitigar y adaptarse al cambio climático. En este sentido, los mercados voluntarios de Carbono surgen como una herramienta que permite a las empresas compensar sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero más allá de su huella de Carbono. De Lamar constató cómo estos mercados están teniendo actualmente un auge importante, no en vano, en el año 2020, 100 megatoneladas de CO_2 fueron compensadas mediante esta herramienta. Aún así, estas cifras son aún insuficientes para cumplir con los objetivos del Acuerdo de Paris, siendo necesario para ello multiplicar la cifra de compensación por 15 y por 100 para llegar a las reducciones comprometidas en el año 2030 y 2050 respectivamente. De Lamar presentó la tipología de soluciones que actualmente están permitiendo a las empresas compensar sus emisiones en los mercados de Carbono. El 33% de ellas estaban basadas en acciones sobre los ecosistemas, y de ellas, sólo el 2% se correspondían con acciones en la agricultura, existiendo un gran potencial de crecimiento en este sentido. Para incrementar las acciones basadas en la agricultura, sobre todo en Europa, de Lamar incidió es que es necesario superar algunas barreras, como la dificultad en la escalabilidad de las soluciones en las explotaciones agrarias, debido a su pequeño tamaño en comparación con otros países como EE. UU o Australia, o la falta de garantía de que las soluciones propuestas se apliquen de forma duradera en el tiempo.

La última presentación corrió a cargo de Jean-François Soussana, vicepresidente del INRAE y coordinador del proyecto CIRCASA, y Eric Ceschia, científico del INRAE, y que desarrolla su trabajo en el Centro para el Estudio de la Biosfera desde el Espacio (CESBIO). Soussana comenzó su exposición hablando de la misión suelo de la Unión Europea, cuyo objetivo se centra en recuperar la salud de los mismos. En la actualidad, se estima que el 70% de los suelos europeos están degradados, con un coste asociado de 50 billones de euros. En relación al carbono, Soussana expuso los datos que, en relación a la pérdida de este elemento en el suelo, maneja el Joint Research Centre de la UE, estimando dicha pérdida en un 0,5% anual. En este sentido la Misión Suelo anteriormente mencionada, tiene como objetivo incrementar el contenido de carbono en las tierras agrícolas entre el 0,1% y el 0,4% al año. Acto seguido, Soussana presentó la iniciativa CIRCASA (Coordinación de la cooperación internacional en materia de investigación sobre la retención del carbono en el suelo en la agricultura), que tiene como objetivo desarrollar sinergias internacionales en materia de investigación e intercambio de conocimientos en el ámbito de la retención del carbono en los suelos agrícolas a nivel de la Unión Europea y mundial, con la participación activa de todas las partes interesadas. Tras la intervención de Soussana, Eric Ceschia tomó la palabra para hablar sobre la creación de un marco operacional para el seguimiento, información y verificación del secuestro de carbono. Ceschia habló cómo este tipo de marcos de trabajo sería muy útil para todos los agentes interesados, no estando exento de complejidad en su diseño e implementación. Dicho marco ha de estar adaptado a los intereses de todas las partes interesadas, en línea con los estándares de cálculo de carbono dados por la ciencia y aplicable a varias escalas de trabajo. En opinión de Ceschia, este marco ha de integrar todo tipo de datos, desde aquellos suministrados por el propio agricultor hasta aquellos suministrados por sensores remotos, sin olvidar los aportados por muestreos directos. En este sentido, ya existen algunos prototipos en Europa, como por ejemplo FiON en Finlandia y Agri-Carbon-EO en Francia, del cual mostró su diseño y funcionamiento.

La clausura de la jornada corrió a cargo de Paul Luu, secretario ejecutivo de la iniciativa internacional 4 por 1000, que remarcó las cuestiones más interesantes del evento. Entre ellas destacó cómo la agricultura del carbono tiene un gran potencial no sólo para luchar contra el cambio climático a través del incremento del secuestro de carbono, sino también para incrementar la biodiversidad y garantizar la seguridad alimentaria. Luu hizo especial hincapié como la Agricultura de Conservación constituye una herramienta muy interesante que además, permitiría a los agricultores tener un papel muy activo en la mitigación del cambio climático. Además, señaló cómo los mercados voluntarios de carbono, permitirían adoptar este tipo de soluciones a una mayor escala. Por último, Luu puso a la ciencia como base para el desarrollo de iniciativas de cooperación internacional para el seguimiento y evaluación de los contenidos de carbono en los suelos a gran escala, advirtiendo la necesidad de constituir marcos que estén armonizados y aceptados por todas las partes interesadas.

Conclusiones de la COP 26: Pocos avances y poca agricultura

La XXVI Conferencia de las Partes (COP26) de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, celebrada en Glasgow (Reino Unido), finalizó el pasado 13 de noviembre con pocos avances respecto a los compromisos ya fijados en anteriores conferencias, incluyendo una decisión que llama a reducir el uso del carbón y poner fin a los subsidios de los combustibles fósiles, aunque sin concretar mucho más. Asimismo, el texto adoptado por los 196 países que forman parte de la Convención mantiene vivo el compromiso para que la temperatura del planeta no aumente más de 1,5º C.

La decisión final incluye el objetivo para reducir globalmente las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) un 45% en 2030 (sobre 2010) y la urgencia de acelerar la ambición climática en esta década, siguiendo lo expresado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Hay que llamar la atención que los compromisos de la Unión Europea en este asunto son más ambiciosos a través del Programa *Fit to 55*, en el que existe el objetivo de reducir las emisiones en un 55% o a través del Pacto Verde en el que se pretende llegar a la neutralidad climática en el año 2050.

Una de las buenas noticias que ha habido en esta cumbre, es el acuerdo bilateral al que han llegado **Estados Unidos y China**, los dos principales países emisores de GEI, en la que se comprometen a trabajar para acelerar durante esta década la lucha contra el cambio climático. Entre los puntos más destacados del pacto al que han llegado ambas potencias está el compromiso del país asiático de presentar durante el próximo año un plan integral de reducción de sus emisiones de metano, un potente gas de efecto invernadero responsable de alrededor del 25% del calentamiento actual.

En lo que respecta a la agricultura, poco se ha hablado en esta COP26. Apenas una iniciativa, formada por 45 gobiernos, para dotar con algo más de 3.500 millones de euros adicionales el Fondo del Clima para fomentar una agricultura más respetuosa con el medioambiente. De forma paralela, tan solo algunas iniciativas concretas de gobiernos como el de Brasil, Alemania o Reino Unido. Este dinero irá destinado a promover innovaciones agrícolas para **desarrollar nuevas variedades de cultivos «resistentes al clima» y «soluciones de regeneración» para mejorar la calidad del suelo.** El ministro británico de Medioambiente, Alimentación y Asuntos Rurales, George Eustice, cuyo gobierno es promotor de esta propuesta afirmó que «Para mantener el objetivo de los 1,5 ºC necesitamos acciones por parte de toda la sociedad, incluida **una urgente transformación** del modo en que gestionamos los ecosistemas, producimos y consumimos alimentos a escala global». Además, enfatizó que será «reducir emisiones y proteger la naturaleza», al tiempo que se salvaguarda «la alimentación y los puestos de trabajo».

Es por tanto una declaración de intenciones hacia la búsqueda de sistemas de producción sostenibles, no sólo en el ámbito medioambiental, sino también en los ámbitos económico y social en el que la **Agricultura de Conservación**, por sus contrastados beneficios respecto a la mitigación y adaptación al cambio climático y por su capacidad para reducir los costes manteniendo las producciones, debería jugar un papel crucial.

Diferencias en el funcionamiento agro-hidrológico de un vertisol bajo siembra directa y laboreo tradicional

Vanderlinden, K.[1]
Pachepsky, Y.A.[2]
Pedrera-Parrilla, A.[3]
Martinez, G.[4]
Espejo-Pérez, A.V.[5]
Perea, F.[3]
Giráldez, J.V.[5,6]

Introducción

Es necesario mejorar nuestro conocimiento sobre el funcionamiento hidrológico de suelos de secano bajo sistemas de Agricultura de Conservación para entender su comportamiento agronómico (Ordóñez et al., 2007; Pittelkow et al., 2015) y su potencial de cara a la adaptación y mitigación del cambio climático (Powlson et al., 2014; Ogle et al., 2019). Esto cobra especial relevancia en climas estacionalmente secos donde las condiciones de limitación de agua persisten durante largos periodos y la humedad del suelo se convierte en un factor clave para numerosos procesos ecohidrológicos y biogeoquímicos que trascurren en o cerca de la superficie del suelo (Wang et al., 2015). Bajo estas condiciones ambientales, incluyendo el cambio climático, los suelos arcillosos cobran especial relevancia para la agricultura de secano por su capacidad para retener mucha agua y suministrarla a los cultivos en condiciones de elevada demanda de agua atmosférica (Vanderlinden et al., 2017).

En términos generales se sabe que el laboreo aumenta la proporción de poros más grandes, mientras que la consolidación natural y la compactación por el tránsito de maquinaria destruyen los poros más grandes y promueven un mayor número de poros más pequeños (Startsev y McNabb, 2001; Pöhlitz et al., 2018). La interacción de ambos procesos induce cambios en la curva de retención de agua del suelo (CR) y la conductividad hidráulica (Ahuja et al., 1998). Existen pocos estudios que evalúan el efecto

[1]IFAPA, Centro Alameda del Obispo, Avda. Menéndez Pidal s/n, 14004 Córdoba karl.vanderlinden@juntadeandalucia.es
[2]EMFSL, USDA-ARS, Beltsville, MD, EE. UU.
[3]IFAPA, Centro Las Torres-Tomejil, Ctra. Sevilla-Cazalla, km 12.2, Alcalá del Río (Sevilla).
[4]Departamento de Física Aplicada, Radiología y Medicina Física, Universidad de Córdoba. Edificio da Vinci. Ctra. Madrid km 396, 14071 Córdoba.
[5]Departamento de Agronomía, Universidad de Córdoba. Edificio da Vinci. Ctra. Madrid km 396, 14071 Córdoba.
[6]Departamento de Agronomía, Instituto de Agricultura Sostenible, CSIC, Avda. Menéndez Pidal s/n, 14080 Córdoba.

del manejo del suelo sobre estas propiedades y su variabilidad en suelos arcillosos (Page et al., 2019).

Desarrollos recientes basados en la introducción de la microtomografía de rayos X, en combinación con técnicas emergentes para la descripción a microescala de la actividad microbiológica (Kravchenko et al., 2019) o la obtención de imágenes de fuentes de carbono orgánico estabilizado dentro de microagregados del suelo (Arachchige et al., 2018) demuestran que las prácticas agrícolas, incluyendo el manejo de residuos y la rotación de cultivos, ejercen efectos sobre intervalos específicos de la distribución de tamaños de poros que muestran mayor actividad enzimática. Estos intervalos juegan un papel importante en la transformación de la materia orgánica y el almacenamiento de carbono, con posibles efectos sobre la retención de agua a escalas de tamaño de poro inferiores al micrómetro.

Vanderlinden et al. (2017) propusieron un modelo multimodal para la CR y la distribución de tamaños de poros de un vertisol y relacionaron los puntos característicos de la CR con estados preferenciales de la humedad del suelo en campo. Jensen et al. (2019) confirmaron la necesidad de tal enfoque al mostrar que las distribuciones unimodales de tamaños de poros son incapaces de captar los efectos del manejo del suelo.

En este trabajo se avanza en esta línea comparando el comportamiento hidrológico de este suelo bajo laboreo tradicional (LT) y siembra directa (SD). Los objetivos son (1) proporcionar una comparación detallada de las CR y de las curvas de capacidad diferencial de agua de un vertisol bajo SD y LT en una rotación trigo-girasol-leguminosa y (2) relacionar las diferencias observadas para intervalos específicos de la CR con los estados y patrones de la humedad del suelo observados en campo, así como su dinámica espaciotemporal.

Descripción de la parcela experimental

Los datos usados en este estudio provienen de un ensayo de manejo de suelo a largo plazo ubicado en la finca Tomejil, Carmona (Sevilla) (37º 24'N, 5º 35'W, 79 m sobre el nivel del mar), donde se comparan desde 1982 los efectos agronómicos y ambientales de laboreo tradicional (LT), laboreo mínimo y siembra directa (SD) en una rotación de secano de trigo (*Triticum durum L.*), girasol (*Helianthus annuus L.*) y guisante (*Pisum sativum L.*). Los tratamientos son cuadruplicados en un diseño completamente aleatorio en una parcela de 3.5 ha, con parcelas elementales de 15 x 180 m. Los datos usados en este estudio provinieron de tres pares de parcelas de LT y SD adyacentes. Cada parcela elemental tuvo el mismo cultivo durante cada temporada de la rotación. El tratamiento de LT consistió en un pase de vertedera de 0.25 m de profundidad y varios pases sucesivos de cultivador antes de la siembra. En SD no se labró el suelo de ninguna forma, salvando la ligera alteración producida por la apertura del surco durante la siembra. La fertilización se realizó acorde con las prácticas habituales locales y solamente durante el cultivo de trigo. En términos generales se aplicó 220 kg ha^{-1} de 18N-46P_2O_2-0K_2O una semana anterior a la siembra (noviembre) y una segunda dosis de 200 kg ha^{-1} de urea durante el invierno, en función de la ocurrencia de lluvia. Los residuos de cultivo se dejaron en la superficie del suelo en todos los tratamientos. La precipitación anual fue 521 y 616 mm en 2008 y 2009, respectivamente. El suelo se clasifica como un Haploxerert Crómico (clasificación americana) o un Vertisol Háplico (clasificación UISS). El contenido en arcilla es uniforme (error estándar ~0.4%) e incrementa ligeramente con la profundidad de 55.5% en superficie a 60% a 0.6 m. Martínez y col. (2009) observaron mayor contenido en carbono orgánico (CO) en SD en comparación con LT (11.6 y 9.2 g kg^{-1}, respectivamente).

Medición de la retención de agua

El 6 de octubre de 2006 se tomaron muestras inalteradas de suelo superficial en 54 puntos, distribuidas equitativamente en las tres parcelas de LT y SD, usando anillos de acero inoxidable de 0.05 m de alto y 0.04 m de diámetro. Las parcelas de LT se labraron por última vez el 15 de marzo de 2006, antes de la siembra de girasol el 6 de abril de 2006. La cosecha se realizó en todas las parcelas el 10 de agosto de 2006. En consecuencia, el momento de muestreo es representativo para las condiciones del suelo después de la cosecha, en las que ambos tratamientos han experimentado un ciclo completo de reconsolidación natural del suelo, incluyendo una fase de desecación muy intensa durante el estiaje y otra de rehumedecimiento después de las primeras lluvias de otoño.

Se usaron cajas de succión de arena y arena-caolín (Eijkelkamp Agrisearch Equipment, Países Bajos) para medir la retención de agua, θ_r, en el intervalo de potencial de $1 \leq |h| \leq 500$ cm, y una placa de presión (Soilmoisture Equipment Corp., EE.UU.) para $|h| = 1000$ y 3000 cm. Para medir el extremo seco de la curva de retención, aproximadamente para el intervalo $3 \times 10^3 < |h| < 3 \times 10^6$ cm, se empleó un psicrómetro de punto de rocío (WP4-TE, Decagon Devices, Inc., EE.UU.). De esta forma se obtuvieron 27 curvas de retención de agua en el suelo para cada sistema de manejo. Se agruparon los potenciales en 22 clases y para cada una de ellas se calculó la retención gravimétrica promedia, Θ.

CO_2 -25%

Reducción emisiones gases contaminantes

+18,5%

Beneficio bruto de los agricultores

*Resultados obtenidos a parte de ensayos realizados a través del proyecto INNOVATRIGO

Sostenibilidad ambiental, económica y productiva.

TARAVERT® THOR

eNebe®

nitreNe®

UMOSTART® PERFECT

Fertilosofía

FERTILIZACIÓN EFICIENTE Y SOSTENIBLE

www.antoniotarazona.com

Tarazona

Ocho clases correspondieron a mediciones de retención realizadas a potenciales entre -1 y -500 cm, mientras que para $|h| > 500$ cm se establecieron los límites de tal forma que cada clase contuviera al menos 27 mediciones de retención. Se realizó una prueba *t* para cada clase con la hipótesis nula de que los datos de retención en LT y SD provinieran de poblaciones con medias iguales. Los valores de *p* correspondientes indican la probabilidad de que Θ es igual en LT y SD.

Se calculó la capacidad diferencial de agua,

$$C_i = -\frac{d\Theta_i}{d(\log_{10}|h|)},$$

usando las medidas de retención de agua para cada muestra de suelo *i*. Para cada sistema de manejo, los valores de C_i se agruparon en 21 clases de potencial y se calculó la capacidad diferencial de agua media de cada clase, *C*, así como la probabilidad de que *C* fuera igual en LT y SD para cada clase. Para el cálculo de los radios de poros equivalentes, δ, se usó la ecuación de Young-Laplace, basada en la hipótesis de capilaridad.

Medición y análisis de la humedad del suelo de campo

Se realizaron mediciones de la humedad gravimétrica del suelo, θ, en ambos sistemas de manejo en 37 días entre el 23 de enero de 2008 y el 21 de julio de 2009 durante una secuencia trigo-girasol. El período de muestreo comprendió 545 días con un intervalo medio de 15 días entre muestreos. El 2 de febrero de 2010 se realizó un muestreo adicional para capturar las condiciones de máxima humedad del invierno 2009-2010. En cada fecha se tomaron 27 muestras alteradas de suelo superficial (0 - 0.1 m) y de subsuelo (0.25 - 0.35 m) en cada sistema de manejo, cerca (<1.5 m) de los puntos donde se tomaron las muestras inalteradas que se usaron para medir las CR. Las muestras se almacenaron en bolsas de plástico herméticas y se pesaron y secaron en el laboratorio durante 48 h a 105 °C. Se calcularon las estadísticas descriptivas para ambos sistemas de manejo y ambas profundidades.

Con el fin de identificar puntos de muestreo persistentemente más húmedos y secos en el campo y asociarlos con el manejo del suelo, se realizó un análisis de estabilidad temporal (Vanderlinden et al., 2012). Se calcularon diferencias relativas

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\theta_{ij} - \langle\theta\rangle_j}{\langle\theta\rangle_j},$$

siendo los subíndices *i* y *j* la ubicación y el tiempo, respectivamente, y $\langle\theta\rangle_j$ la media espacial de θ en el momento *j* y la diferencia relativa media en el punto *i*

$$DRM_i = \frac{1}{N_t}\sum_{j=1}^{j=N_t} \varepsilon_{ij} \quad ,$$

siendo el número total de muestreos realizados. La desviación típica de las diferencias relativas (DTDR) durante el período de observación se puede interpretar como una medida de la estabilidad temporal:

$$DTDR_i = \sqrt{\frac{1}{N_t - 1}\sum_{j=1}^{j=N_t}(\delta_{ij} - DRM_i)^2}$$

En adelante, el subíndice *i* en DRM y DTDR se omite.

Efecto del manejo sobre la retención y capacidad diferencial de agua

El manejo del suelo no afectó significativamente a la retención de agua a $|h| < 31.6$ cm, ni mostró un efecto significativo cerca del potencial de entrada de aire ($|h| \approx 10$ cm). Por tanto, no se observaron efectos significativos en el extremo húmedo de la CR, donde la disminución de Θ se relaciona a menudo con reducciones en el volumen del espacio poroso debido a la compactación del suelo por el tránsito de maquinaria (Startsev y McNabb, 2001; Pöhlitz et al., 2018). Este resultado contradice por tanto la creencia generalizada de que la SD es más propensa a la compactación que el LT, lo que resultaría en una menor Θ en SD en el extremo húmedo de la CR.

El manejo del suelo afectó a Θ solo para potenciales específicos, correspondiendo aproximadamente con los espacios de poros estructurales e inter-agregados (Fig.1). Ambos manejos mostraron una retención gravimétrica media similar, aunque significativamente mayor en SD ($p<0,05$) para $|h|$ entre 63 y 3.2×10^3 cm, con diferencias significativas en Θ entre LT y SD de 0.006 a 0.015 g g^{-1}, y para $|h| = 1.8 \times 10^4$ y $|h| = 3.3 \times 10^4$ cm, con diferencias significativas en Θ de aproximadamente 0.005 g g^{-1} (Fig. 1a y 1b). Las mayores diferencias con la mayor significancia se observaron para $|h| \approx 600$ cm ($\Theta \approx 0.30$ g g^{-1}).

Las pequeñas diferencias en Θ observadas en el extremo seco de la CR corresponden aproximadamente a contenidos de agua próximos al punto de marchitez permanente. Esto significa que el suelo en SD no necesariamente almacena más agua, sino que el subsuelo podría continuar suministrando agua a los cultivos cuando el suelo bajo LT ya está agotado, encontrándose en el estado seco. Esta característica es importante para el crecimiento de cultivos en entornos con un suministro limitado de agua donde podría permitir la extensión del período de crecimiento. Esta observación explicaría el rendimiento agronómico superior observado bajo SD en años secos en esta parcela (Ordóñez et al., 2007).

La capacidad diferencial de agua (Fig. 1c) permite comparar la proporción de tamaños de poros equivalentes específicos en ambos manejos. Se observaron diferencias significativas entre SD y LT en el volumen ocupado por poros equivalentes con $\delta > 1.5 \times 10^5$ nm ($|h| < 10$ cm) (Figs. 1c y 1d). El LT mostró significativamente mayor volumen de poros ($p = 0.046$) en la proximidad de $\delta = 9.4 \times 10^5$ nm, mientras que los poros con $\delta = 3.0 \times 10^5$ nm fueron significativamente más abundantes en SD (p=0.036). Las diferencias más grandes ($\delta > 2.0 \times 10^5$ nm) podrían deberse a un efecto combinado del laboreo, aumentando el número de poros más grandes en LT, y la compactación, resultando en una pérdida de los poros más grandes en SD. Además, en el entorno de los tamaños de poros más frecuentes entre los poros estructurales (Fig.1c), se observó un menor volumen de poros equivalentes en SD que en LT, lo que es posiblemente el resultado de la compactación en SD. Startsev y McNabb (2001) detectaron la mayor disminución de poros en el intervalo $2.4 \times 10^4 < \delta$

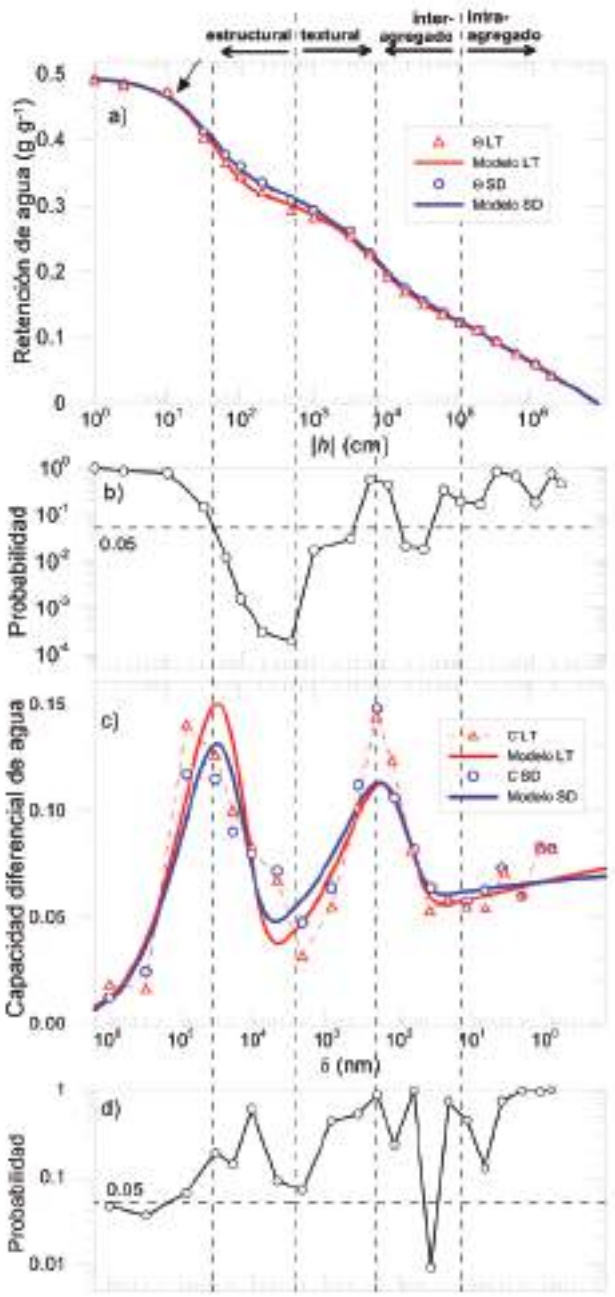


Figura 1. (a) Retención gravimétrica de agua media, Θ, y ajuste con el modelo de Vanderlinden et al. (2017) para laboreo tradicional (LT) y siembra directa (SD), representado en función del logaritmo del potencial, $|h|$. La flecha indica el estado de entrada de aire. (b) Probabilidad de que Θ es igual en ambos manejos, en función de $|h|$. (c) Capacidad diferencial de agua media, C, y ajuste con el modelo de Vanderlinden et al. (2017) para LT y SD, representado en función del logaritmo del tamaño de poro equivalente, δ. (d) Probabilidad de que C es igual en ambos manejos, en función de δ. Las líneas discontinuas verticales indican puntos característicos de la CR.

< 2.9 x10^4 nm (50 < $|h|$ < 60 cm) como resultado de la compactación del suelo debido al tránsito de maquinaria.

Ahuja et al. (1998) sugirieron que el efecto del laboreo se limita principalmente al extremo húmedo de la CR, afectando la retención de agua hasta potenciales entre 7 y 13 veces el del estado de entrada de aire. Startsev y McNabb (2001) observaron que después de la compactación del suelo por tránsito de maquinaria Θ disminuyó para potenciales por debajo del estado de entrada de aire, y aumentó ligeramente para potenciales superiores, disminuyendo la pendiente de la CR y reduciendo el valor máximo de *C* (la moda de la distribución del tamaño de poros del espacio estructural), de una manera similar a la que muestran las Figs. 1a y1c. Para este suelo de textura fina observamos que el LT a largo plazo, en comparación con la SD, afectó significativamente a la retención de agua en un intervalo de $|h|$ más amplio, abarcando tanto el espacio poroso estructural como el textural (Figs. 1a y 1b).

Para 10 < $|h|$ < 200 cm, la pendiente de la CR fue más pronunciada para LT que para SD, resultando en un mayor volumen de poros equivalentes en LT que en SD para el intervalo 7.4 x 10^3 < δ < 1.5 x 10^5 nm (Fig. 1). La diferencia en el volumen de poros entre LT y SD (p= 0.065) alcanzó un máximo para δ = 8.4 x 10^4 nm ($|h|$ = 17 cm) y disminuyó gradualmente con δ.

El efecto aparentemente limitado de la compactación del suelo sobre el volumen ocupado por los poros más grandes (δ > 1.5 x 10^5 nm) podría ser el resultado de la naturaleza expansiva de este suelo arcilloso, en combinación con el clima mediterráneo, que garantiza variaciones intra-anuales en el contenido de agua desde saturación a desecación casi-completa, induciendo ciclos completos de contracción-expansión. Tales ciclos pueden aliviar, al menos en parte, los efectos negativos de la SD sobre la compactación del espacio poroso compuesto de los poros más grandes. Además, cabe recordar que las muestras de LT se tomaron en suelo labrado, pero naturalmente consolidado (las parcelas de LT se labraron por última vez 7 meses antes del muestreo). Por lo tanto, el mayor volumen de poros equivalentes en LT que en SD para δ > 10^4 nm puede interpretarse como resultado de la interacción entre el laboreo, la consolidación natural y la compactación. La mayor Θ en SD para $|h|$ < 300 cm no puede explicarse por los efectos de la ausencia de laboreo, pero podría ser causado al menos parcialmente por la ganancia en los poros pequeños a expensas de la pérdida de poros más grandes como resultado de la compactación en SD (Startsev y McNabb, 2001; Pöhlitz et al., 2018).

Para δ = 4.7 x 10^3 nm ($|h|$ = 300 cm) el volumen de poros equivalentes en SD superó la de LT (p = 0.09), alcanzando una diferencia máxima (p = 0.07) y un mínimo local de la curva *C*-δ en torno a δ = 2.1 x 10^3 nm ($|h|$ = 700 cm), cerca del límite entre los espacios de poros estructurales y texturales (Fig. 1). Aquí es también donde la diferencia en Θ entre LT y DD alcanza la máxima significancia (Fig. 1b). Las curvas *C*-δ para LT y SD alcanzan un segundo máximo en torno a δ = 200 nm ($|h|$ = 7.3 x 10^3 cm), correspondiente con el segundo punto de inflexión de la CR que representa la moda de la distribución de tamaños de poros del espacio poroso textural (Fig. 1c). Además, cerca δ = 38 nm ($|h|$ = 3.9 x 10^4 cm), se observa un mínimo local con una porción de poros equivalentes significativamente superiores en SD (p = 0.01) que en LT, correspondiendo con la significativamente mayor Θ observada en SD para $|h|$ = 1.8 x 10^4 y 3.3 x 10^4 cm.

Es sabido que la retención de agua depende también del contenido de materia orgánica (Rawls et al., 2003). Por tanto, la mayor Θ en SD para $|h|$ ≈ 300 cm podría atribuirse también al mayor contenido de materia orgánica observado en SD, particularmente en el suelo superficial. La Figura 1 muestra que cerca del límite entre el intervalo capilar y el de adsorción ($|h|$ ≈ 10^5 cm), el espacio poroso textural muestra un mínimo en el volumen ocupado por poros equivalentes con δ = 38 nm ($|h|$ = 3.9 x 10^4 cm), con una porción significativamente mayor de poros equivalentes en SD. Las sustancias orgánicas retenidas en poros tan pequeños, asociados con la porosidad saturada, son inaccesibles para los microorganismos debido a su tamaño. Aunque no se conocen muy bien aún estos aspectos, investigaciones recientes demuestran el diferente papel desempeñado por los distintos intervalos de tamaños de poros en los procesos de adsorción y estabilización de las diferentes formas de materia orgánica (Arachchige et al., 2018; Kravchenko et al., 2019). Los avances futuros en este ámbito arrojarán previsiblemente luz sobre el papel de la materia orgánica y su almacenamiento en poros de distintos tamaños en la retención de agua del suelo.

Persistencia del contenido gravimétrico de agua medido en campo

La θ medida en campo fue similar en ambos manejos (Tabla 1), acorde con las sutiles diferencias observadas entre las CR de LT y SD (Fig. 1). Las diferencias entre LT y SD fueron de similar magnitud que las observadas en Θ. La θ media del suelo superficial (0 – 0.10 m) en SD superó en 0.007 g g^{-1} la de LT, con una probabilidad de 0.13 de que ambas medias fueran estadísticamente iguales (Tabla 1). La θ media del subsuelo (0.25 – 0.35 m) fue 0.004 g g^{-1} superior a la del suelo superficial para

ambos manejos, y en SD también 0.007 g g^{-1} superior a la de LT, con una probabilidad de 0.06 de que ambas medias fueran estadísticamente iguales. Cabe recordar que los valores medios de θ mostrados en la Tabla 1 son medias espaciotemporales. En consecuencia, la mayor θ media en SD no es necesariamente sólo el resultado de una mayor capacidad de almacenamiento de agua en SD para el estado más húmedo, sino es al menos en parte también una consecuencia de la mayor persistencia de θ en SD, como se observa en la Fig. 3.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos del contenido de agua en el suelo, θ (g g^{-1}), medido en campo en laboreo tradicional (LT) y siembra directa (SD). *m*: media; σ: desviación típica; CV: coeficiente de variación; p: probabilidad de que la media de θ es igual en LT y SD.

θ	*m*	min	max	σ	CV	sesgo.	curt.	*p*
				0 - 0.10 m				
LT	0.214	0.050	0.324	0.065	0.306	-0.796	-0.060	0.129
SD	0.221	0.048	0.356	0.067	0.302	-0.795	-0.044	
				0.25 - 0.35 m				
LT	0.218	0.095	0.341	0.052	0.238	-0.040	-0.904	0.057
SD	0.225	0.071	0.320	0.048	0.212	-0.227	-0.825	

Los resultados del análisis de estabilidad temporal apuntan hacia condiciones de suelo más húmedas que el promedio de la parcela en SD. La mayor parte de los puntos de medición en LT fueron en general más secos que la media de la parcela para ambas profundidades (Figs. 2a y 2b). 19 y 21 de los 27 puntos de muestreo en SD mostraron DRM > 0, para el suelo superficial y el subsuelo, respectivamente. En LT, 23 y 19 de los 27 puntos de muestreo mostraron DRM < 0 para el horizonte superficial y el subsuelo, respectivamente. En el horizonte superficial (Fig. 2a), la DTDR fue en general más elevada en las parcelas de SD más húmedas (DRM > 0) y más baja en las de más secas de LT, mientras que no existía una diferencia clara entre LT y SD para la DTDR del subsuelo (Fig. 2b). Esto indica que al mantener θ durante más tiempo por encima de los umbrales críticos para el crecimiento de las plantas (p. ej. el punto de marchitez permanente, $|h|$ = 1.5 x 10^4 cm), la SD podría permitir una extensión del período de crecimiento, a diferencia del LT, al retrasar la senescencia y la muerte de las plantas bajo un suministro limitado de agua, con las correspondientes consecuencias positivas para el rendimiento.

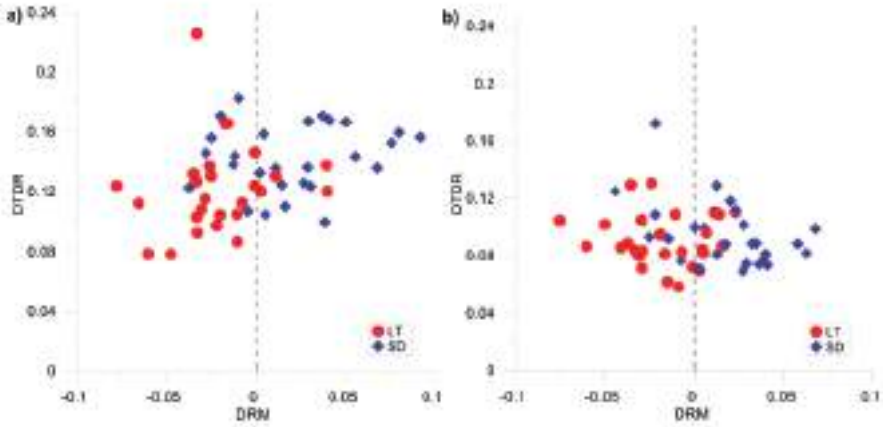


Figura 2. Relación entre la diferencia relativa media (DRM) del contenido de agua del suelo y la desviación típica (DTDR) correspondiente para (a) suelo superficial (0 - 0.10 m) y (b) suelo subsuperficial (0.25 - 0.35 m). La línea discontinua vertical representa DRM = 0. Valores cercanos a esta línea representan puntos con contenidos de agua próximos al valor medio de la parcela experimental.

Relación entre la CR y la función de densidad de probabilidad espaciotemporal de θ

Para el suelo superficial (0 – 0.10 m) de ambos manejos, se observaron fdp trimodales correspondiendo con los tres estados dominantes de la humedad de suelo que caracteriza este sistema (Fig. 3a). El estado húmedo estado está relacionado con el mínimo en las curvas *C*-δ e identificado como la transición entre el espacio de poros estructural y el textural (Fig. 1a). El mayor volumen de poros equivalentes en SD en comparación con LT en este mínimo ocurrió en general en condiciones más húmedas en SD en este estado, superando la probabilidad $P(\theta \leq 0.28\ g\ g^{-1})$ en LT en 0.11 la de SD.

Como resultado del gran pero similar volumen de poros equivalentes en LT y SD para $|h| = 7.2 \times 10^3$ cm y δ = 200 nm (Fig.1c), se observaron probabilidades semejantes de θ en LT y SD próximo al límite inferior del estado húmedo (Fig. 3a). Como resultado del vaciado de una gran proporción de poros con estos tamaños equivalentes, se produce para pequeños incrementos de $|h|$ una transición rápida hacia un estado más seco: el estado intermedio. Esto sucede de manera similar en ambos manejos y resulta en un mínimo local próximo a $\theta \approx 0.21\ g\ g^{-1}$ (Fig. 3a).

El extremo seco de las fdp de la Fig. 3a para LT y SD corresponde con el estado seco de la humedad del suelo en campo. El límite superior para este estado corresponde aproximadamente con el mínimo en la curva *C*-δ, para el cual Θ y *C* fueron significativamente superiores en SD (Fig. 1c). El significativamente menor volumen de poros equivalentes en LT cerca de este mínimo podría explicar la mayor probabilidad de ocurrencia de pequeños valores de θ en LT (Fig. 3a). Estos resultados muestran cómo características específicas observadas a escala de poros y expresadas a través de las CR y las curvas de capacidad diferencial están vinculadas con estados específicos de humedad del suelo a escala de campo. Las ligeras diferencias observadas entre ambos sistemas de manejo a escala de poro explican las diferencias en la dinámica del agua del suelo observada en ambos manejos a escala de parcela.

El estado seco del suelo superficial juega un papel crucial en la conservación del agua en horizontes más profundos. Como resultado, el estado seco prácticamente no se alcanza en el subsuelo (Fig. 3b) en ninguno de los dos manejos, aunque para el estado intermedio se obtuvieron mayores probabilidades en LT para los valores de θ más pequeños. Esta característica es posiblemente la clave para entender los mayores rendimientos observados en SD durante los años secos

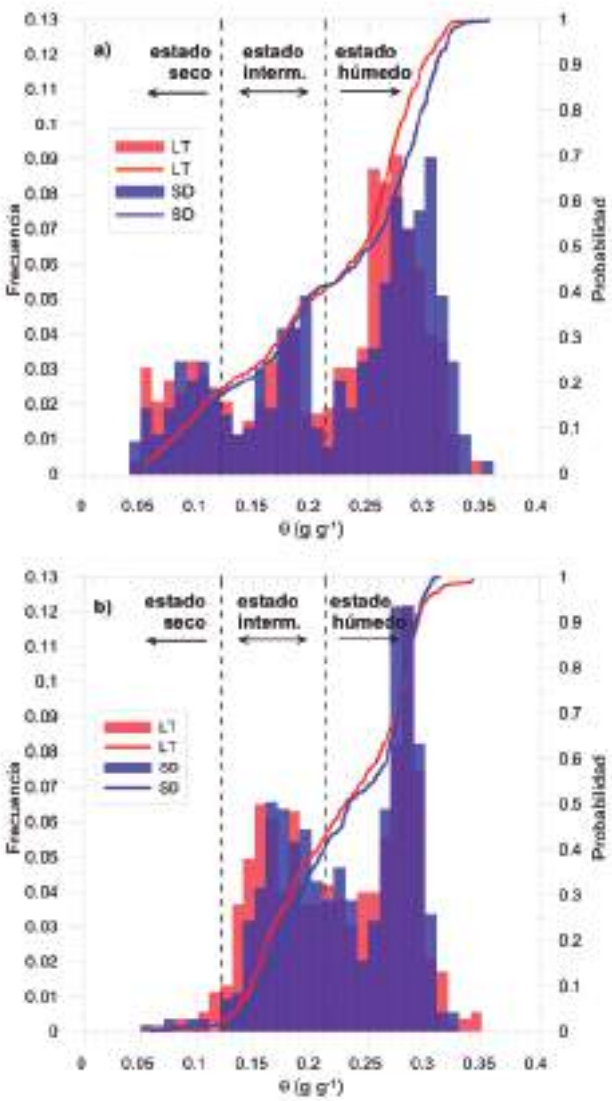


Figura 3. Funciones de densidad de probabilidad para humedad gravimétrica medida en campo, θ, para (a) 0 – 0.10 m y (b) 0.25 – 0.35 m y en laboreo tradicional (LT) y siembra directa (SD). Las líneas discontinuas verticales indican el límite superior del estado seco y el límite inferior del estado húmedo.

en esta parcela (Ordóñez et al., 2007) o el mayor rendimiento de la agricultura de conservación observado en regiones semiáridas (Pittelkow et al., 2015).

Conclusiones

Las mediciones de la retención de agua en un vertisol bajo LT y SD y las curvas de capacidad diferencial de agua correspondientes, proporcionaron información que permite comparar las distribuciones de tamaños de poros equivalentes para ambos manejos. Un modelo propuesto anteriormente para la CR proporcionó en general un buen ajuste a los datos

medidos de LT y SD. Las capacidades diferenciales de agua modeladas reprodujeron satisfactoriamente las características principales de las distribuciones de tamaños de poros equivalentes.

Las sutiles diferencias en la magnitud y la forma de las CR entre ambos manejos se interpretaron en términos de la distribución de tamaños de poros equivalentes y permitieron explicar las diferencias observadas en las fdp de la humedad del suelo medida en campo. Se observaron de forma persistente condiciones de mayor humedad en SD en el suelo superficial, tanto en el estado húmedo como en el seco. La mayor Θ y el mayor volumen de poros equivalentes en SD hacía el extremo seco de la CR produjeron condiciones más húmedas en SD, que podrían estar relacionadas con el mayor contenido de materia orgánica observado en SD.

Nuestros resultados muestran que el manejo del suelo tiene efectos directos e indirectos sobre la CR y la distribución de tamaños de poros equivalentes que explican los vínculos entre los estados de humedad observados a escala de campo y la organización espacial de los poros a escala micro- y nanométrica, en función del manejo del suelo. No obstante, es necesario avanzar en estas líneas de trabajo para lograr una comprensión completa sobre cómo el manejo del suelo influye en la retención de agua a estas escalas.

Referencias

Ahuja, L.R., Fiedler, F., Dunn, G.H., Benjamin, J.G., Garrison, A. 1998. Changes in soil water retention curves due to tillage and natural reconsolidation. *Soil Science Society of America Journal,* 62, 1228-1233.

Arachchige, P.S.P., Hettiarachchi, G.M., Rice, C.W., Dynes, J.J., Maurmann, L., Wang, J., Karunakaran, C., Kilcoyne A.L.D., Attanayake, C.P., Amado, T.J.C., Fiorin, J.E. 2018. Sub-micron level investigation reveals the inaccessibility of stabilized carbon in soil microaggregates. *Scientific Reports*, 8, 16810.

Jensen, J.L., Schjønning, P., Watts, C.W., Christensen, B.T., Munkholm, L.J. 2019. Soil water retention: Uni-modal models of pore-size distribution neglect impacts of soil management. *Soil Science Society of America Journal*, 83, 18-26.

Kravchenko, A.N., Guber, A.K., Razavi, B.S., Koestel, J., Quigley, M.Y., Robertson, G.P., Kuzyakov, Y. 2019. Microbial spatial footprint as a driver of soil carbon stabilization. *Nature Communications*, 10, 3121.

Martinez, G., Vanderlinden, K., Ordóñez, R., Muriel, J.L. 2009. Can apparent electrical conductivity improve the spatial characterization of soil organic carbon? *Vadose Zone Journal,* 8, 586–593.

Ogle, S.M., Alsaker, C., Baldock, J., Bernoux, M., Breidt, F.J., McConkey, B., Regina, K., Vazquez-Amabile, G.G. 2019. Climate and soil characteristics determine where no-till management can store carbon in soils and mitigate greenhouse gas emissions. *Scientific Reports*, 9, 11665.

Ordóñez, R., González, P., Giráldez, J.V., Perea, F. 2007. Soil properties and crop yields after 21 years of direct drilling trials in southern Spain. *Soil & Tillage Research,* 94, 47–54.

Page, K.L., Dang, Y.P., Dalal, R.C., Reeves, S., Thomas, G., Wang, W., Thompson, J.P. 2019. Changes in soil water storage with no-tillage and crop residue retention on a Vertisol: Impact on productivity and profitability over a 50 year period. *Soil & Tillage Research*, 194, 104319.

Pittelkow, C.M., Liang, X., Linquist, B.A., Van Groenigen, K.J., Lee, J., Lundy, M.E., van Gestel, N., Six, J., Venterea, R.T., van Kessel, C. 2015. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature,* 517, 365-368.

Pöhlitz, J., Rücknagel, J., Koblenz, B., Sclütter, S., Vogel, H.-J. 2018. Computed tomography and soil physical measurements of compaction behaviour under strip tillage, mulch tillage and no tillage. *Soil & Tillage Research*, 175, 205-216.

Powlson, D.S., Stirling, C.M., Jat, M.L., Gerard, B.G., Palm, C.A., Sanchez, P.A., Cassman, K.G. 2014. Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation. *Nature Climate Change,* 4, 678-683.

Rawls, W.J., Pachepsky, Ya.A., Ritchie, J.C., Sobecki, T.M., Bloodworth, H. 2003. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma,* 116, 61-76.

Startsev, A.D., McNabb, D.H. 2001. Skidder traffic effects on water retention, pore-size distribution, and van Genuchten parameters of boreal forest soils. *Soil Science Society of America Journal,* 65, 224-231.

Vanderlinden, K, Pachepsky, Y.A., Pederera-Parrilla, A., Martínez, G., Espejo-Pérez, A.J., Perea, F., Giráldez, J.V. 2017. Water retention and preferential states of soil moisture in a cultivated vertisol. *Soil Science Society of America Journal,* 81, 1-9.

Vanderlinden, K., Vereecken, H., Hardelauf, H., Herbst, M., Martínez, G., Cosh, M.H., Pachepsky, Y.A. 2012. Temporal stability of soil water contents: A review of data and analyses. *Vadose Zone Journal*, 11, doi:10.2136/vzj2011.0178.

Wang, L., Manzoni, S., Ravi, S., Riveros-Iregui, D., Caylor, K. 2015. Dynamic interactions of ecohydrological and biogeochemical processes in water-limited systems. *Ecosphere*, 6, 133

Syngenta presenta sus soluciones como expertos en olivar en su visita a Expoliva 2021

Esta edición el stand de Syngenta recibió a más de 2.000 profesionales que pudieron conocer el trabajo desarrollado para ser verdaderos "Expertos en Olivar", ofreciendo productos de alta calidad Oliva Top, ZZ Cuprocol, Terafit, Isabión, Stimufol K, etc, así como programas de sostenibilidad como Operación Polinizador y todo a través de una amplia y cualificada red de distribuidores y técnicos.

La presencia de Syngenta en la Feria de Expoliva 2021 ha sido especial por la visita a su stand del Rey Felipe VI, que inauguró la vigésima edición de la Feria Internacional del Aceite de Oliva e Industrias Afines, que se celebró de forma presencial a finales del pasado mes de septiembre en Jaén. En su visita al recinto ferial junto al alcalde de Jaén, Julio Millán; el ministro de Agricultura, Pesca y Alimentación, Luis Planas; el presidente de la Junta de Andalucía, Juanma Moreno; o la consejera de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, Carmen Crespo; el monarca se detuvo a saludar a Robert Renwick, Director general de Syngenta España y Portugal, y al equipo de marketing y comercial de la compañía, con los que ha podido charlar de forma distendida y conocer de primera mano las soluciones de Syngenta como expertos en el cuidado del olivar.

La visita de Felipe VI ha sido un espaldarazo a esta feria, que ya era importante por poder retomar la presencia en eventos presenciales donde poder compartir con clientes y profesionales del sector las novedades de Syngenta para olivar, así como intercambiar impresiones de la situación del mercado olivarero tras un año marcado por la pandemia del COVID-19. Así, la feria ha sido un éxito absoluto de asistencia de empresas y profesionales, con cerca de 46.000 visitantes, que han podido conocer la oferta de más de 1.000 empresas representadas por los casi 300 expositores que han participado en este evento. Un dato importante es que solo por el stand de Syngenta han pasado más de 2.000 profesionales del sector, que han sido atendidos de forma personalizada por el equipo de la compañía.

Syngenta, Expertos en Olivar

En esta edición de Expoliva 2021, Syngenta ha querido reforzar su imagen como "Expertos en Olivar", centrando el stand y la comunicación al sector en este concepto que la convierte en una empresa cercana al olivarero y que no solo ofrece el mejor catálogo de soluciones, sino que se esfuerza en dar el mejor asesoramiento técnico especializado en olivar, a través de su cualificada red de distribución y los equipos técnicos

que trabajan a pie de campo. Desde Syngenta se ha apostado desde hace años por la sostenibilidad del olivar y un ejemplo de ello son sus conocidas iniciativas de extensión de la biodiversidad en entornos agrarios como Operación polinizador, así como de protección del suelo y agua, y la formación continua de agricultores en buenas prácticas agrícolas, que han hecho de Syngenta la referencia en el sector.

Como es lógico, para realizar un buen plan de aplicaciones es necesario contar con soluciones innovadoras y eficaces para el olivar como el novedoso fungicida Oliva Top para el control del repilo del olivo en primavera, que se presenta como una nueva herramienta que puede alternarse con soluciones como ZZ Cuprocol, para lograr una perfecta sanidad del olivo. Si a ello le unimos herbicidas líderes como Terafit o Carens, o tratamientos nutricionales bien conocidos como Isabión o Stimufol K, entre otros muchos productos de la compañía para el olivar, parece claro que Syngenta es líder en el cuidado, la sanidad y la sostenibilidad del olivar.

En las profundidades del invierno finalmente aprendí
que en mi interior habita un verano invencible
Albert Camus

La Asociación Española de Agricultura de Conservación Suelos Vivos

os desea una
Feliz Navidad y un
ilusionante 2022

AEAC.SV
Asociación Española
Agricultura de Conservación
Suelos Vivos

Roundup®
Ultimate
ESTE OTOÑO ASEGURA TU SIEMBRA
CON LA SOLUCIÓN DEFINITIVA.
480 g/l
Formulación más concentrada
1h
Eficacia con lluvias a partir de 1 hora después de la aplicación
Ca2+
Máximo control con aguas duras
Mayor control en condiciones climáticas difíciles
Más respetuoso con el medio ambiente
Gran compatibilidad
6h
4
Mayor flexibilidad para el laboreo
Roundup® Ultimate es una marca comercial del Grupo Bayer
Roundup
Ultimate
5L
BAYER