

MANEJO AGRONÓMICO Y CALIDAD DEL SUELO

en cultivos extensivos de zonas semiáridas de Aragón

Además de producir alimentos, los suelos agrícolas deben realizar otras funciones vitales dentro de los agrosistemas. Este estudio muestra cómo distintas prácticas de manejo del suelo y del cultivo en sistemas de secano y regadío del Valle Medio del Ebro (Aragón) afectan a diversas propiedades relacionadas con la calidad y salud de los suelos. La respuesta a los sistemas de no laboreo no son uniformes en distintas parcelas para aumentar la materia orgánica, dependiendo de otros aspectos del manejo como el destino de los residuos de los cultivos o el tipo de fertilización.

RAMÓN ISLA¹, INÉS ZUGASTI¹, EMILY SILVA ARAUJO¹, IGNACIO CLAVERÍA¹,
FARIDA DECHMI¹, JOSÉ MANUEL MIRÁS-AVALOS²

¹ Departamento de Sistemas Agrícolas, Forestales y Medio Ambiente (Unidad Asociada a EEAD-CSIC Suelos y Riegos), Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza

² Misión Biológica de Galicia del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (MBG-CSIC), Sede Santiago de Compostela

El Pacto Verde iniciado por la Comisión Europea pretende fomentar e incentivar las prácticas de manejo del suelo consideradas más sostenibles para evitar su degradación, permitiendo, además de para producir alimentos, cumplir otras funciones para permitir un mejor estado ecológico de los agrosistemas. Entre ellas, secuestrar carbono, para mitigar el cambio climático, si bien el secuestro depende de las entradas de carbono a los suelos en forma de residuos vegetales o fertilizantes orgánicos, así como de las prácticas de laboreo. El potencial de secuestro de carbono está limitado por las condiciones climáticas de la zona, así como por la naturaleza del suelo. Por ello, los suelos en zonas semiáridas como el

centro del Valle del Ebro o de Murcia, tendrán menor potencial para almacenar carbono que aquellos situados en la cornisa Cantábrica o Galicia, con climas más fríos y húmedos. De acuerdo con estudios de FAO a nivel global, un cambio en el manejo de los suelos podría mitigar entre el 5% y el 20% de las emisiones actuales de gases de efecto invernadero. Además, los suelos contribuyen a mantener la biodiversidad de los ecosistemas a distintas escalas, desde organismos microscópicos (bacterias, hongos), hasta poblaciones de otras especies vegetales (vegetación espontánea), o animales (desde pequeños artrópodos, lombrices a mamíferos o aves). El suelo es el sustento inicial de todas las formas de vida en los ecosistemas agrarios y estas se encuentran

relacionadas entre sí a través de los flujos de energía (alimento). Otra función importante del suelo es transportar y almacenar agua, lo que está íntimamente relacionado con sus propiedades físicas tales como infiltración, estabilidad de agregados, y su capacidad intrínseca de almacenamiento. Un suelo con una buena estructura tendrá mayor porosidad y una buena disposición de poros por los que circula el agua, mientras que un suelo peor estructurado aumentará el riesgo de erosión y escorrentía, provocando a su vez pérdida de suelo, que es un recurso no renovable a corto plazo. El objetivo de este estudio, enmarcado en el Proyecto “S.O.S.-Suelo” (<https://sossuelo-cita.es/>), ha sido valorar cómo distintas prácticas de

manejo del suelo y del cultivo en sistemas extensivos del Valle Medio del Ebro (Aragón) influyen sobre distintos indicadores de calidad del suelo relacionados con algunas de las funciones del suelo que se han mencionado anteriormente.

Se ha evaluado el efecto de prácticas de siembra directa (SD) en sistemas de cereal de secano en las localidades de Castejón del Puente (Huesca) y Sádaba (Zaragoza) comparados con un manejo convencional del suelo con laboreo vertical (LC). En la localidad de Sádaba se incluyó además el sistema de manejo ecológico (Ecol), con un laboreo reducido. También se incluye el estudio del efecto de la siembra directa en sistemas de cultivo extensivos de regadío tradicional (riego por superficie) en la localidad de Pina de Ebro (Zaragoza), donde la amplitud de cultivos es mucho mayor con alfalfa, maíz, trigo, habas, girasol, guisante.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en parcelas de cultivo de tres localidades (Castejón del Puente, Sádaba, y Pina de Ebro), y las características de los sistemas comparados se presentan en la **Tabla 1**. La temperatura media anual en estas zonas es de 14-15°C y la pluviometría anual es de 282 mm (Pina de Ebro) y 405 mm (Sádaba y Castejón del Puente). En todos los casos, los sistemas de siembra directa o manejo ecológico se venían aplicando durante más de 10 años y, en alguna de las localidades, más de 20 años. Las parcelas que se compararon dentro de cada localidad se encontraban adyacentes unas de otras, tratando de minimizar diferencias atribuibles al tipo de suelo, posición de la parcela, pendiente, etc. En el caso de los sistemas de secano (Castejón del Puente y Sádaba), el muestreo se realizó una vez cosechado el cereal de invierno, mientras que en el sistema de regadío (Pina de Ebro) se llevó a cabo el 3 de julio, al inicio de los cultivos de verano en estadios iniciales del girasol en la parcela de siembra directa (SD) y con habas en la de laboreo convencional (LC).

TABLA 1
Características de las tres zonas de estudio y de los sistemas evaluados.

CARACTERÍSTICA	MANEJO	CASTEJÓN DEL PUENTE	SÁDABA	PINA DE EBRO
Textura suelo	-	Franco arenosa (34-45% yeso)	Franco arcillo arenosa	Franco / Franco arenosa
Cultivos	-	Cereal invierno	Cereal invierno	Cereales, leguminosas, girasol, alfalfa
Rotación (años de cultivo)	LC	Veza-cebada (2)	Cereal(3)-guisante(1)	Alfalfa-cereal-leguminosas grano-girasol
	SD	Veza ¹ -cebada(2)	Cereal(3)-colza	Alfalfa-cereal-leguminosas grano-girasol
	Ecol	-	Cereal (2)-veza/guisante	-
Años de manejo	-	+10	SD (+20); Ecol (+10)	SD (+10)
Fertilización	LC	Mineral	Mineral	Mineral, purín
	SD	Mineral	Mineral	Mineral, purín, harina roca
	Ecol	-	Compost	-
Destino residuos cereal			Extraen	Extraen (excepto maíz)

¹ - Veza como barbecho semillado, eliminada con herbicida, sin incorporar.

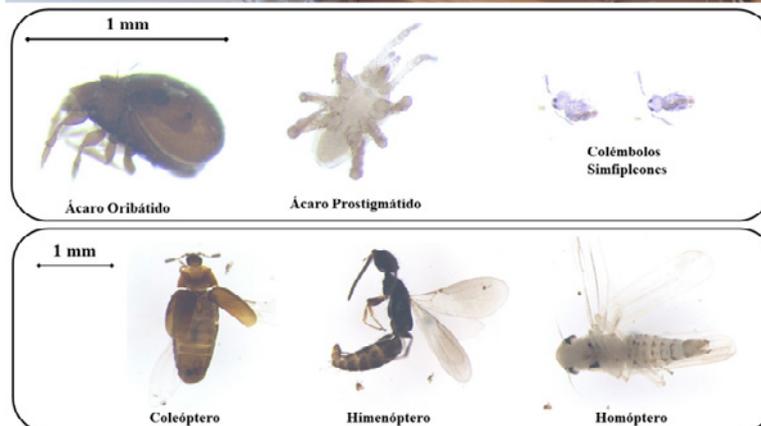


FOTO 1
Sistema de embudos para extraer la mesofauna del suelo y tipos de organismos que podemos encontrar en los suelos.

En cada una de las parcelas se seleccionaron 4 subzonas que actuaron como repeticiones a nivel estadístico, tomando entre 4 y 6 muestras de cada zona para obtener una muestra compuesta representativa de la variabilidad del suelo en dicha zona. Algunas de las variables fisicoquímicas (C orgánico, N total, CIC, textura, fertilidad, pH, etc.) se evaluaron sobre muestras tomadas entre 0 y 25 cm de profundidad. Otras variables como la estabilidad de agregados y las medidas de biomasa microbiana se realizaron sobre la parte más superficial (0-15 cm). Las poblaciones de pequeños artrópodos se evaluaron sobre bloques de muestra que se extrajeron hasta una profundidad máxima de 25 cm. Las determinaciones físico-químicas se realizaron mediante técnicas estándar de laboratorio. La medida de biomasa microbiana y la respiración basal acumulada en 24 h se determinaron de forma indirecta evaluando la respiración del suelo (Anderson and Domsch, 1978) mediante un respirómetro. La estabilidad de los agregados al agua es una medida relacionada con el grado de estructuración de los agregados del suelo. A mayor estabilidad, mejor agregación, facilitando la transmisión de agua en el suelo y disminuyendo los riesgos de erosión. Se ha evaluado la estabilidad de agregados del suelo de más de 250 micras. La diversidad de microartrópodos (< 1 mm) del suelo se realizó utilizando el método de los embudos de Berlese-Tullgren (Foto 1) que, aprovechando la fotofobia de los organismos edáficos, permite extraer aquellos presentes en la muestra de suelo. Los organismos recolectados se clasificaron para nivel de gran grupo y, dependiendo de su grado de adaptación a la vida en el suelo, se les otorgó una puntuación que, sumada, permite obtener un índice de diversidad (QBS-ar), según el método de Parisi *et al.* (2005). Además, se ha cuantificado el número de formas biológicas presentes en cada muestra. Valores elevados tanto de QBS-ar como de formas biológicas son positivos debido al importante papel que desempeñan dichos organismos en el mismo.

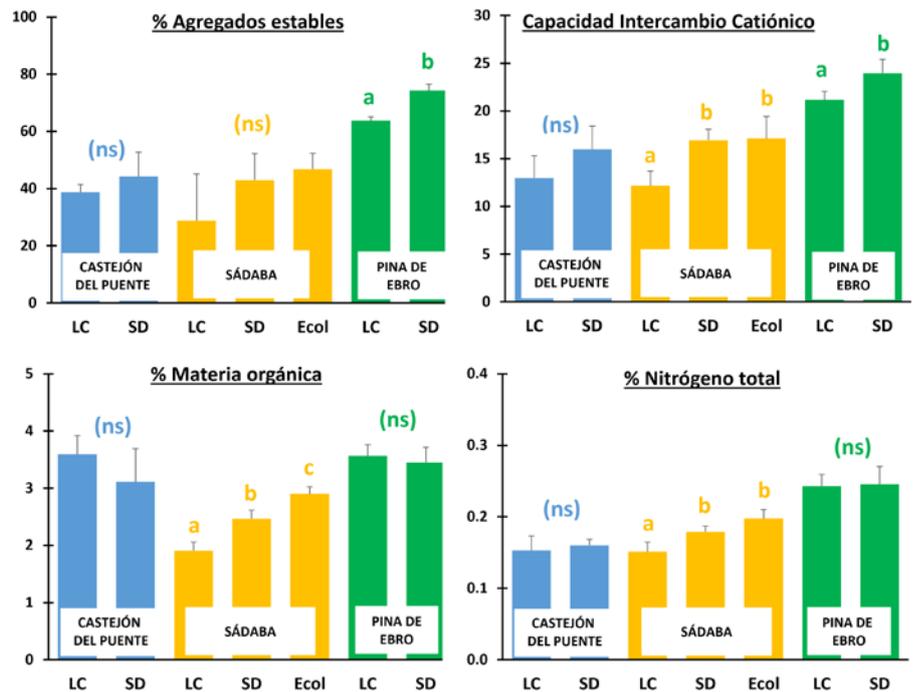


FIGURA 1 Efecto de los sistemas de manejo en % de agregados estables, Capacidad de intercambio catiónico, Materia orgánica, y Nitrógeno total del suelo. La barra vertical indica la desviación estándar (n=4). Barras con la misma letra indican que las diferencias no son significativas ($p > 0,05$) entre manejos dentro de cada localidad. LC - laboreo convencional; SD - Siembra directa, sin laboreo; Ecol - Manejo ecológico (con laboreo). (ns: no significativo).

Para determinar el efecto de los manejos evaluados sobre las distintas variables medidas se ha realizado un análisis de varianza y una comparación múltiple con un nivel de significación del 95% para declarar diferencias entre manejos.

Resultados y discusión

- Efecto del manejo sobre la estabilidad de agregados y otras variables fisicoquímicas

La siembra directa, sin laboreo (SD) tiende a aumentar (Figura 1) entre un 14% y un 49% la estabilidad de agregados comparado con el laboreo convencional (LC), aunque de forma estadísticamente significativa solamente en las parcelas de regadío de Pina de Ebro. El manejo en ecológico (Ecol) en Sádaba, en secano, también mostró una estabilidad de agregados similar al manejo en SD. La capacidad de intercambio catiónico (CIC), indicador del potencial del suelo para suministrar ciertos nutrientes, aumenta entre un 13 y un 39% en SD comparado con LC, aunque en Castejón no de forma estadísticamente significativa. El manejo Ecol en Sádaba presentó una CIC similar a la observada en SD. El efecto de los manejos sobre la cantidad de materia orgánica del suelo (MOS) no fue consistente en las tres localidades. Así, en Sádaba (cultivos extensivos de secano) el manejo Ecol presentó el mayor contenido en MOS, y el manejo en laboreo convencional la menor, teniendo el manejo en SD un valor intermedio. Hay que señalar que en Sádaba los residuos del cereal se extraen de la parcela para facilitar la siembra posterior. En Castejón, donde los residuos del cereal permanecen en el suelo en ambos manejos, no se observó un efecto significativo del manejo del suelo sobre la MOS, presentando ambas parcelas un con-

tenido similar. En Pina de Ebro, el manejo en SD presentó el mayor contenido en MOS, y el manejo en laboreo convencional la menor, teniendo el manejo en Ecol un valor intermedio. Hay que señalar que en Sádaba los residuos del cereal se extraen de la parcela para facilitar la siembra posterior. En Castejón, donde los residuos del cereal permanecen en el suelo en ambos manejos, no se observó un efecto significativo del manejo del suelo sobre la MOS, presentando ambas parcelas un con-

tenido de MOS muy elevado (>3%) para las condiciones agroclimáticas donde se encuentran.

El contenido de nitrógeno total, muy asociado al nitrógeno orgánico del suelo, presentó unas tendencias muy similares a las observadas para la MOS, observándose mayores contenidos en Ecol y SD comparado con el LC en las parcelas de Sádaba, pero sin diferencias en las otras dos localidades.

- Efecto del manejo sobre la actividad microbiológica de los suelos

La biomasa microbiana es la parte más activa de la materia orgánica y está compuesta por el carbono contenido en los microorganismos del suelo. En los sistemas de secano (Figura 2) no se observó un efecto significativo de los manejos del suelo sobre la misma, incluso se observa una tendencia (no significativa estadísticamente) a valores más altos en los manejos de laboreo que en siembra directa o en ecológico. En el sistema de regadío de Pina de Ebro se observa una mayor biomasa microbiana en el sistema de SD comparado con el LC.

El indicador de respiración basal del suelo acumulada 24 h, que refleja la actividad real del suelo al incubarlo a una temperatura y humedad óptima, mostró un efecto significativo de los manejos en las localidades de Sádaba y Pina de Ebro, pero no en Castejón del Puente. Tanto en Pina como en Sádaba los manejos de siembra directa sin alterar el suelo presentaron mayor respiración basal que las parcelas con laboreo. Además, el manejo Ecol de Sádaba también mostró mayor actividad respiratoria que el observado en SD.

- Efecto del manejo sobre la mesofauna del suelo y su diversidad

La Figura 3 muestra el efecto de los manejos del suelo sobre la diversidad de mesofauna del suelo (pequeños artrópodos de menos de 2 mm) expresada por el índice QBSar y el número de formas biológicas distintas observadas.

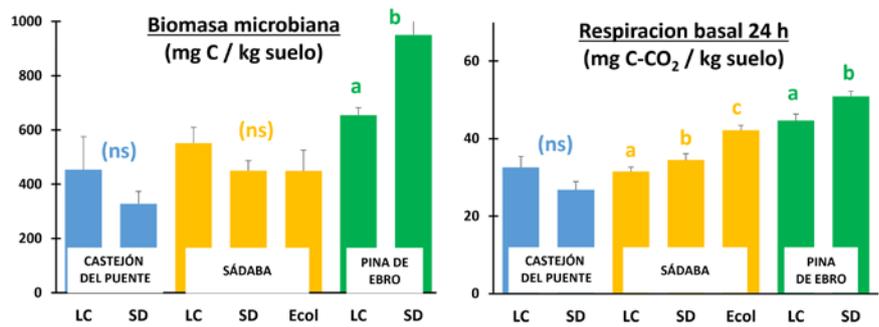


FIGURA 2 Efecto de los sistemas de manejo en la biomasa microbiana del suelo y en la respiración basal acumulada en 24 h. La barra vertical indica la desviación estándar (n=4). Barras con la misma letra indican que las diferencias no son significativas (p>0,05) entre manejos dentro de cada localidad. LC – laboreo convencional; SD – Siembra directa, sin laboreo; Ecol – Manejo ecológico (con laboreo). (ns: no significativo).

En las parcelas de secano de Castejón del Puente (suelos con entre 5-71% de yeso) no se observó un efecto significativo del manejo del suelo en el QBSar ni en el número de formas biológicas, pero sí una tendencia a valores más elevados en LC comparado con SD. Sin embargo, en el secano de Sádaba hubo una tendencia a valores más elevados del índice y el número de formas biológicas en las parcelas de SD y en ecológico que en las parcelas con laboreo convencional (LC). Finalmente, en el sistema de regadío de Pina de Ebro se observó un efecto positivo significativo en el QBSar en la parcela de SD comparada con la parcela bajo LC.

Conclusiones

La ausencia de laboreo con siembra directa provoca distintos efectos en varios indicadores de la calidad del suelo dependiendo de la localidad y probablemente asociados al manejo de los residuos del cultivo, así como a diferencias climáticas. En general, la SD aumentó la estabilidad de los agregados del suelo y la capacidad para retener nutrientes en el mismo (CIC). Sin embargo, no se observó una tendencia general a aumentar la concentración de materia orgánica del suelo en todas las localidades estudiadas. En los suelos yesosos de Castejón del Puente, donde se dejan en la parcela todos los residuos del

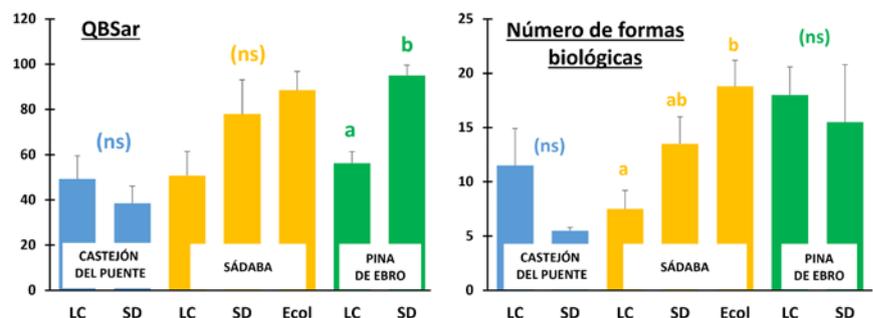


FIGURA 3 Efecto de los sistemas de manejo en la diversidad de artrópodos (QBSar) y en el número de formas biológicas del suelo. La barra vertical indica la desviación estándar (n=4). Barras con la misma letra indican que las diferencias no son significativas entre manejos dentro de cada localidad. LC – laboreo convencional; SD – Siembra directa, sin laboreo; Ecol – Manejo ecológico (con laboreo). (ns: no significativo).



FOTO 2
 Gran actividad de lombrices en la parcela de siembra directa (SD), sin laboreo de Castejón del Puente.

cereal, en LC y SD, se observaron niveles de MO muy elevados, lo que indica que la gestión de los residuos puede ser tanto o más importante que el laboreo para mantener elevados niveles de MO en el suelo, siempre que se evite un laboreo intensivo o con vertedera. Sin embargo, en Sádaba (secano) y Pina de Ebro (regadío) se observa una mayor respiración microbiana en SD comparado con el LC. Se pone de manifiesto que en ciertas condiciones de secano con sistemas de devolución de los residuos al suelo (2-3 t/año), se pueden obtener niveles de materia orgánica similares a los observados en condiciones de regadío, aunque probablemente esto pueda ser condicionado por la textura de los suelos.

En la localidad de Castejón del Puente las parcelas localizadas en suelos con entre 5-71% de yeso (media del 39%), la siembra directa no aumentó la diversidad de mesofauna del suelo, pero mostró, aunque no se cuantificó, mucha mayor actividad de lombrices (**Foto 2**) que, en sistemas de laboreo,

Es posible compatibilizar productividad, mitigación del cambio climático y aumento de la biodiversidad

donde es inexistente. Sin embargo, tanto en Sádaba como en Pina de Ebro la siembra directa y el manejo del suelo en ecológico facilitó una mayor diversidad de mesofauna.

Agradecimientos

Este estudio forma parte del programa AGROALNEXT, financiado por

MCIN con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17. II). Agradecer a los agricultores que han colaborado con el estudio: José Cavero, Emilio Clavero, Jorge Fanlo, Adrián Tambo, Jesús Sánchez, y José Carlos Pérez por su excelente disposición. Así como al apoyo de Carlos Molina para contactar con agricultores socios de AGRACON.

Bibliografía

- Anderson J.P.E., Domsch. K. H., 1978. *A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils.* *Soil Biol. Biochem.* 10:215-221.
- FAO and ITPS 2022. *Global Soil Organic Carbon Sequestration Potential Map (GSOCseq v1.1).* Rome, Italy.
- Parisi V., Menta C., Gardi C., Jacomini C., Mozzanica E., 2005. *Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy.* *Agric. Ecosys. Environ.* 105:323-333.