

Técnicas para la mejora de los parámetros del suelo: laboreo de conservación y diversificación de cultivos

Jorge Álvaro-Fuentes

Estación Experimental de Aula Dei
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
jorgeaf@eead.csic.es

Teruel

1 de octubre de 2024



Las prácticas de manejo agrícola afectan directamente la calidad de nuestros suelos.

En el caso del laboreo y de la diversificación de cultivos el mayor impacto se produce en la:

- Erosión de suelo
- Materia orgánica



Erosión del suelo

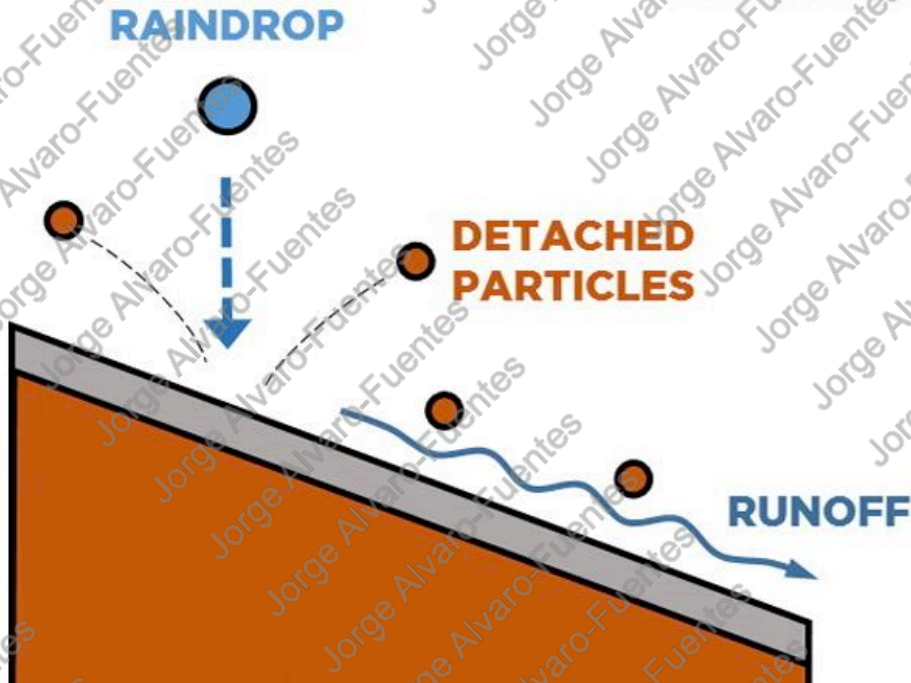


Erosión del suelo

- La erosión de suelo es un proceso de pérdida gradual de suelo debido al arrastre de partículas (generado por el agua o el viento) desde su localización original.
- Proceso lento e irreversible que se acelera por el efecto de la actividad humana.
- Principal problema de degradación de muchas zonas de Europa (España).



Erosión del suelo - lluvia

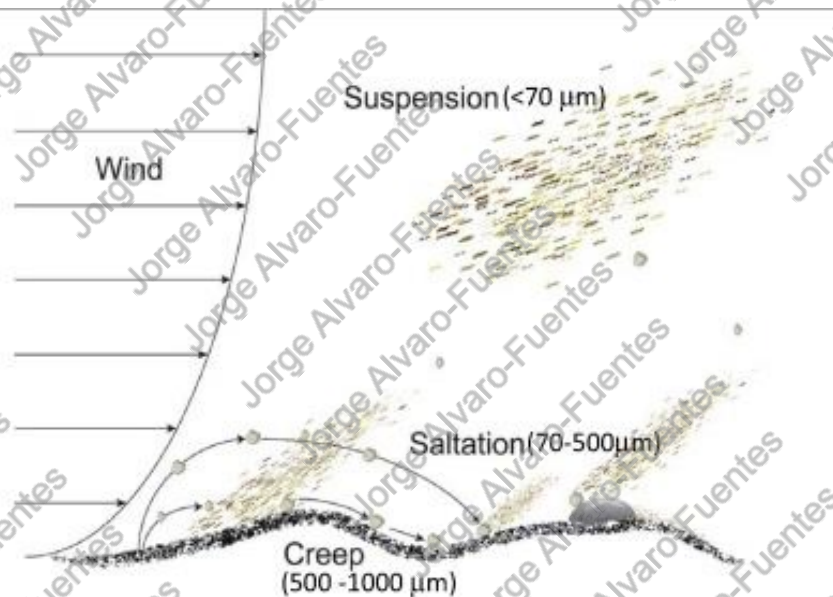


(Jordán et al. 2016)

Erosión del suelo - viento

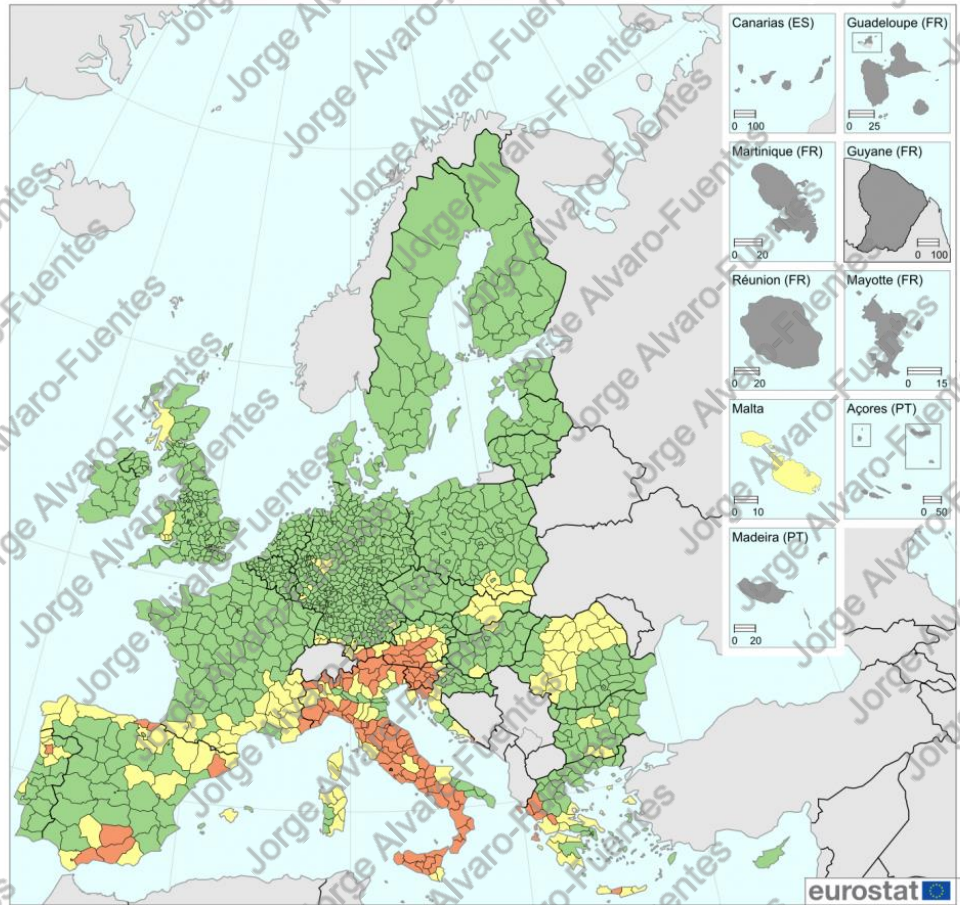


La distancia de transporte por fenómenos de erosión eólica puede llegar a ser de cientos de kilómetros.



Soil erosion by water on agricultural areas and natural grassland, NUTS 3 regions, 2016

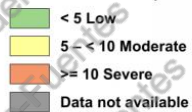
(Mean soil loss rate in tonnes per hectare per year)



(t / ha / year)

Administrative boundaries: © EuroGeographics © UN-FAO © Turkstat
Cartography: Eurostat – IMAGE, 02/2020

Soil loss rates in t/ha/year



Source: Joint Research Centre, Eurostat (online data code: aei_pr_soiler)

¿Dónde tiene mayor incidencia la erosión?



Principal impacto de la erosión del suelo

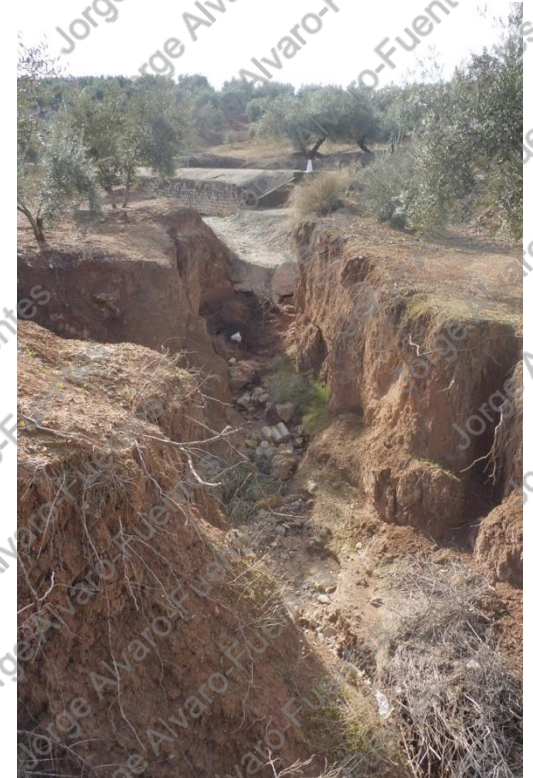
Reducción de los rendimientos de los cultivos

Eliminación de los primeros centímetros de suelo (los más fértiles).

Una reducción de la profundidad de enraizamiento (especialmente sensible en suelos pocos profundos).

Olivar en Jaen

(<https://www.interempresas.net/>)



Reducción de los rendimientos de los cultivos

TABLE 5 Estimated annual productivity loss per crop using direct cost evaluation (year 2010)

Crop	Total area (1,000 ha)	Actual productivity (1,000 t)	Area severely eroded (1,000 ha)	Crop productivity loss in affected areas (1,000 t)	% of tonnes lost	Price (€/t)	Crop productivity loss (million €)
Maize	15,703.0	111,586	1,124.0	594.4	0.53	220.8	131,222
Barley	24,975.6	110,072	1,152.1	307.6	0.28	221.7	68,199
Rape, turnip rape, and soya	22,786.0	135,877	789.3	380.1	0.28	479.2	182,154
Sunflower seed	4,285.9	6,956	313.7	37.2	0.53	449.1	16,712
Potatoes	1,797.5	55,271	78.0	143.2	0.26	299.1	42,841
Sugar beets	1,661.0	116,017	50.4	327.2	0.28	43.6	14,265
Rye	2,500.3	9,082	66.6	15.9	0.18	200.5	3,202
Rice	894.0	6,091	191.4	104.6	1.72	362.1	37,883
Pulses	2,036.1	5,243	152.7	29.6	0.57	734.9	21,779
Wheat (all types)	90,647.9	422,883	8,141.3	3,037.7	0.72	243.4	739,365
Total	167,287.3		12,059.6				1,257,622

(Panagos et al. 2017)

La erosión del suelo es un importante gasto de nuestras explotaciones!!!

Estrategias de control de la erosión del suelo

Tipos de prácticas

Prácticas de manejo del suelo

Laboreo de conservación

Prácticas de vegetación del suelo

Cultivos cubierta

Rotaciones de cultivo

Prácticas mecánicas

Canales de desagüe

Surcos y caballones

Terrazas

Laboreo perpendicular a la pendiente

Barreras cortavientos

Laboreo de conservación

El laboreo de conservación surge a mediados del S. XX como respuesta al Dust Bowl que se da lugar en la década de los años 30 el EEUU.



*Sequía prolongada
Puesta en cultivo de tierras nativas
Fuertes vientos*



(<https://www.britannica.com/place/Dust-Bowl>)

Erosión de suelo y laboreo de conservación



El factor clave es la cantidad de residuo que dejamos en la superficie (mínimo 30%)

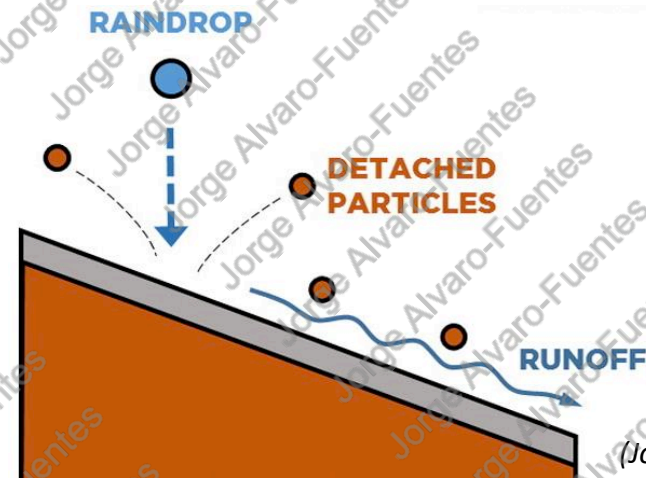


Erosión de suelo y laboreo de conservación



La capa de residuos permite:

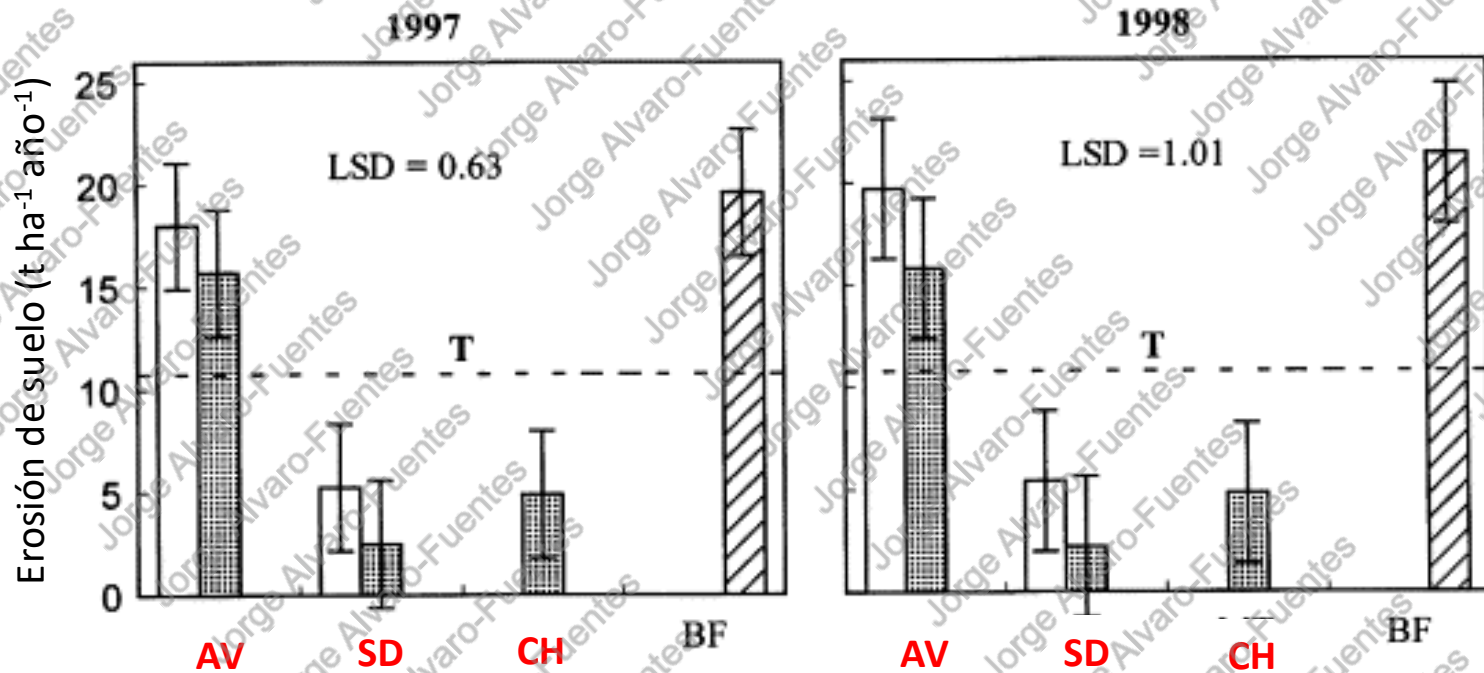
- *Evitar el impacto de la gota de lluvia en la superficie*
- *Reducir la escorrentía*



(Jordán et al. 2016)

Erosión de suelo y laboreo de conservación

Texas, EEUU



AV: arado de vertedera

SD: siembra directa

CH: chisel

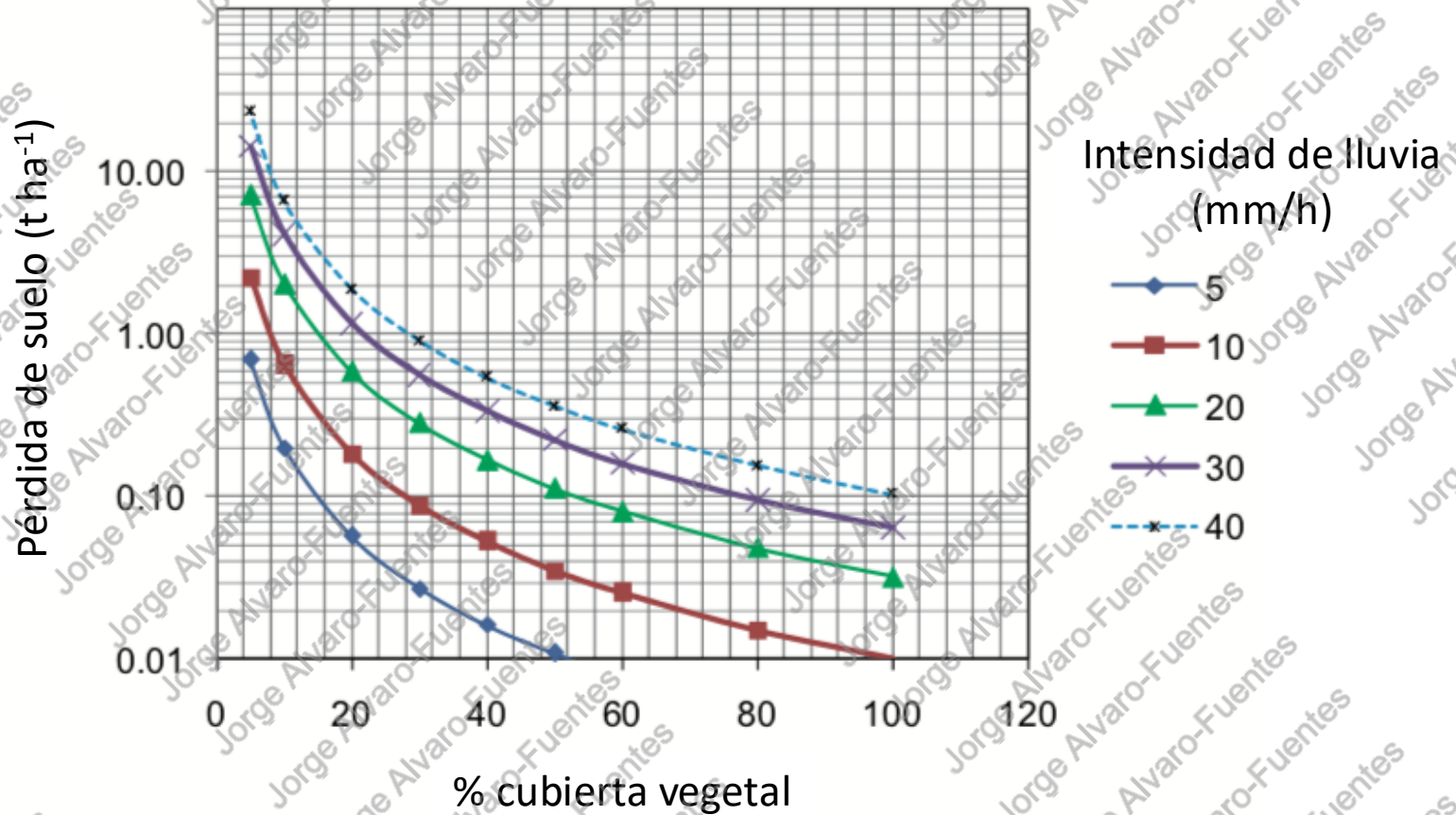
(Nyakatawa et al. 2001)

Erosión de suelo y diversificación de cultivos

Implantación de cubiertas o rotaciones que permitan la mayor cobertura del suelo posible y por el mayor tiempo posible

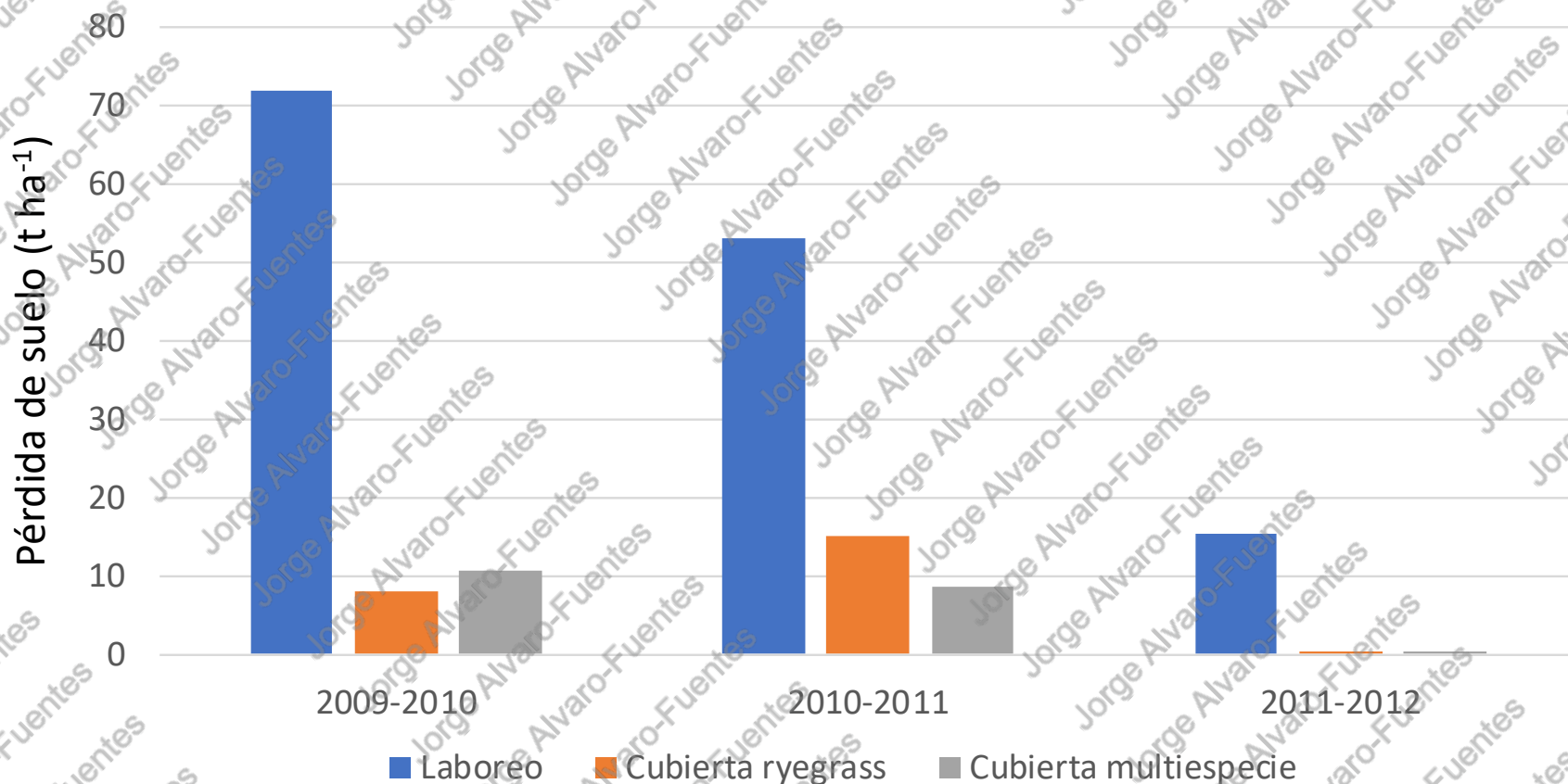


Pérdida de suelo en función de la cubierta de vegetación y la intensidad de lluvia en dehesas extremeñas



(Schnabel et al. 2009)

Pérdida de suelo por erosión según manejo del suelo en olivar (Sevilla)



(Gómez et al., 2018)

Erosión del suelo

- *Principal proceso de degradación del suelo*

- *Fundamental la protección de la superficie del suelo mediante:*

- *Laboreo de conservación*

- *Cubiertas vegetales*



Materia orgánica del suelo





La materia orgánica del suelo (MOS) se utiliza para describir al conjunto de constituyentes orgánicos del suelo en diferentes estados de descomposición (por ejemplo tejidos de plantas y animales muertos de tamaño menor a 2 mm y microorganismos del suelo) (FAO, 2018).



La materia orgánica del suelo (MOS) se utiliza para describir al conjunto de constituyentes orgánicos del suelo en diferentes estados de descomposición (por ejemplo tejidos de plantas y animales muertos de tamaño menor a 2 mm y microorganismos del suelo) (FAO, 2018)

MOS contiene 55-60% de C

Beneficios de la materia orgánica del suelo

Aumenta la disponibilidad de nutrientes (\uparrow CIC)

Proporciona nutrientes (mineralización)

Mejora la estructura del suelo



Mejora la capacidad de retención de agua

Fuente energía para microorganismos

Estrategias para incrementar los niveles materia orgánica

Dos principales estrategias:

- ❑ Maximizar los residuos de cosecha (aportes)
- ❑ Reducir la descomposición de la materia orgánica (pérdidas)



Maximizar los residuos de cosecha (aportes)



Aportes de carbono (g C m⁻²)

Dosis fertilizante nitrogenado
(kg N ha⁻¹ año⁻¹)

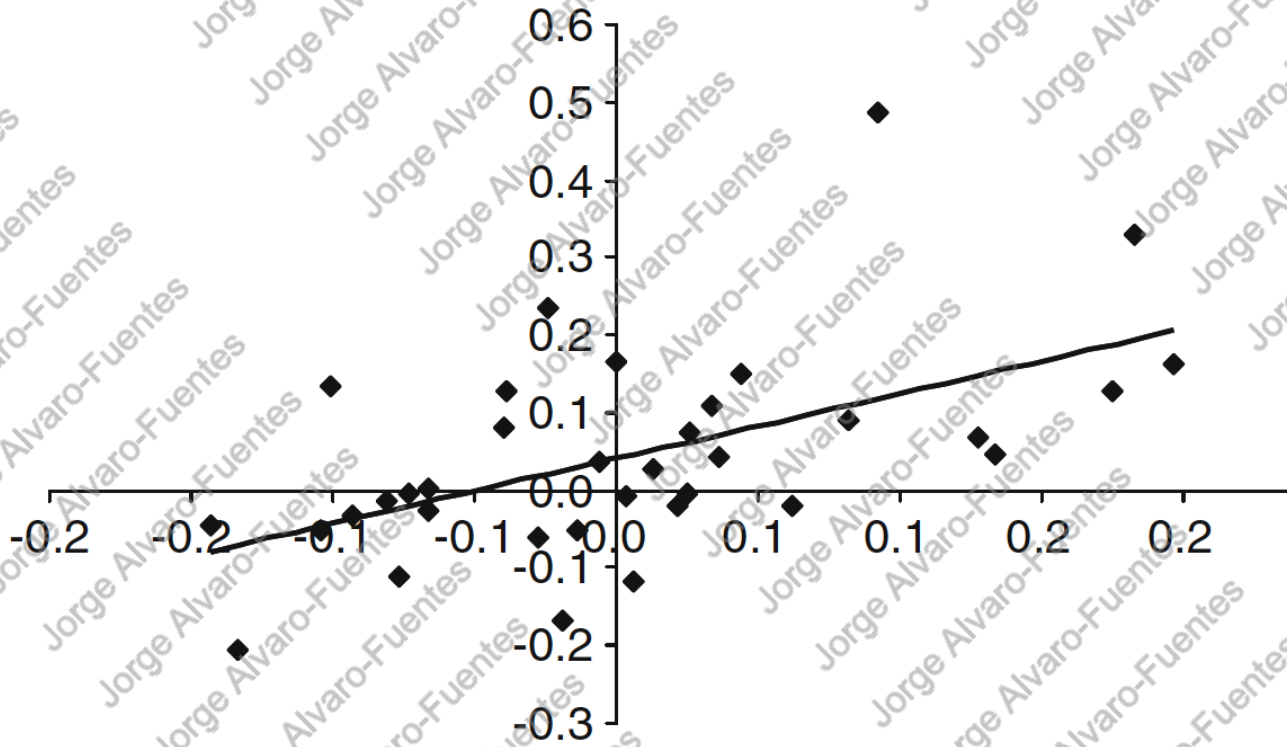
		Siembra directa			Laboreo convencional		
		0	60	120	0	60	120
2007	Paja	321b	511a	451a	210b	242b	404ab
	Raíz	37b	94a	96a	44ab	41b	39b
	C input	159cb	267a	241ab	112c	125cb	197b
2008	Paja	261a	292a	368a	0b	0b	0b
	Raíz	26a	33a	33a	0b	0b	0b
	C input	128a	145a	179a	0b	0b	0b
2009	Paja	332c	679ab	752a	541b	570b	642ab
	Raíz	77a	81a	113a	116a	86a	91 ^a
	C input	180c	338a	383a	290ab	291ab	326 ^a
	Carbono orgánico del suelo (Mg C ha ⁻¹); 0-40 cm	47,6	51,0	51,0	43,0	46,3	48,6

(Morell et al., 2011)

- Localidad: Agramunt (Lleida)
- Ensayo laboreo x fertilización nitrogenada (inicio 1996)
- Precipitación: 420 mm año⁻¹
- Cultivo: Cebada seco
- Suelo: Xerofluvent typic

Maximizar los residuos de cosecha (aportes)

Diferencia relativa en C orgánico del suelo entre SD y LC



Diferencia relativa en residuos de cultivo (aportes de C) entre SD y LC

Estrategias para incrementar los niveles materia orgánica

Dos principales estrategias:

- Maximizar los residuos de cosecha (aportes)
- Reducir la descomposición de la materia orgánica (pérdidas)



Reducir la descomposición de la materia orgánica

Reducir las pérdidas por descomposición → Mecanismos de protección de la materia orgánica:

- Química: formación de complejos órgano-minerales (textura del suelo)
- Bioquímica: calidad del residuo
- Física: estructura del suelo (agregados)



Reducir la descomposición de la materia orgánica

Reducir las pérdidas por descomposición → Mecanismos de protección de la materia orgánica:

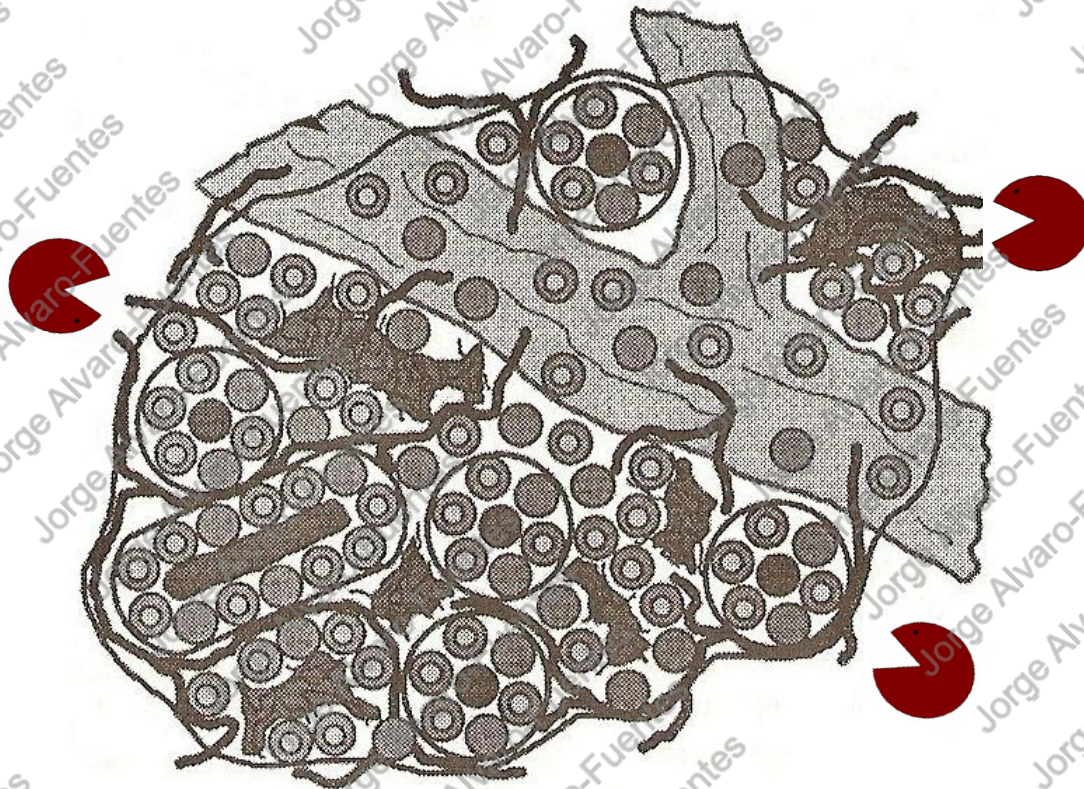
- Química: formación de complejos órgano-minerales (textura del suelo)
- Bioquímica: calidad del residuo
- Física: estructura del suelo (agregados)



Impacto del manejo del suelo!

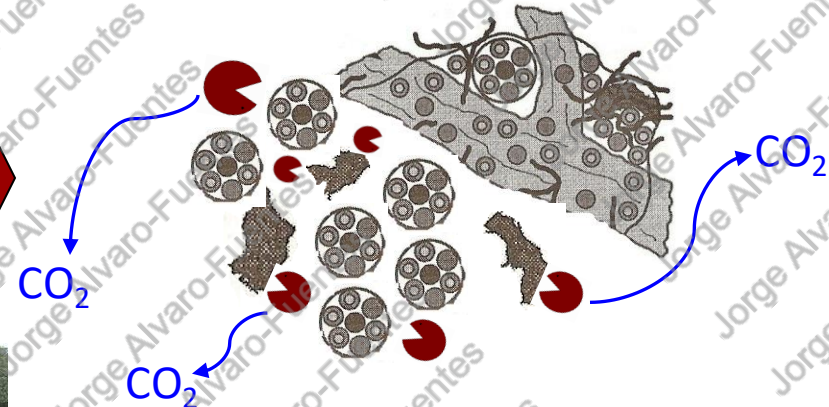
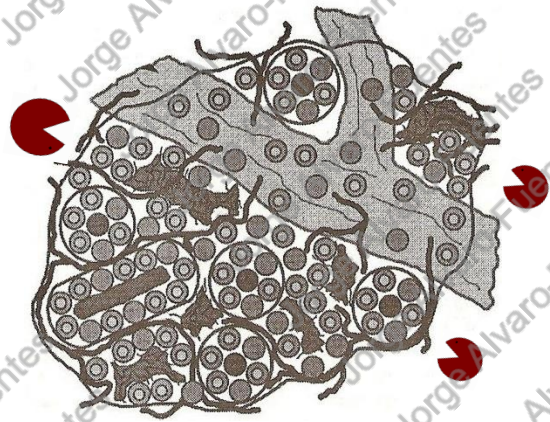
Reducir la descomposición de la materia orgánica

Los agregados del suelo protegen la materia orgánica del ataque de los microorganismos.



Reducir la descomposición de la materia orgánica

El laboreo rompe los agregados y libera la materia orgánica protegida.



Reducir la descomposición de la materia orgánica

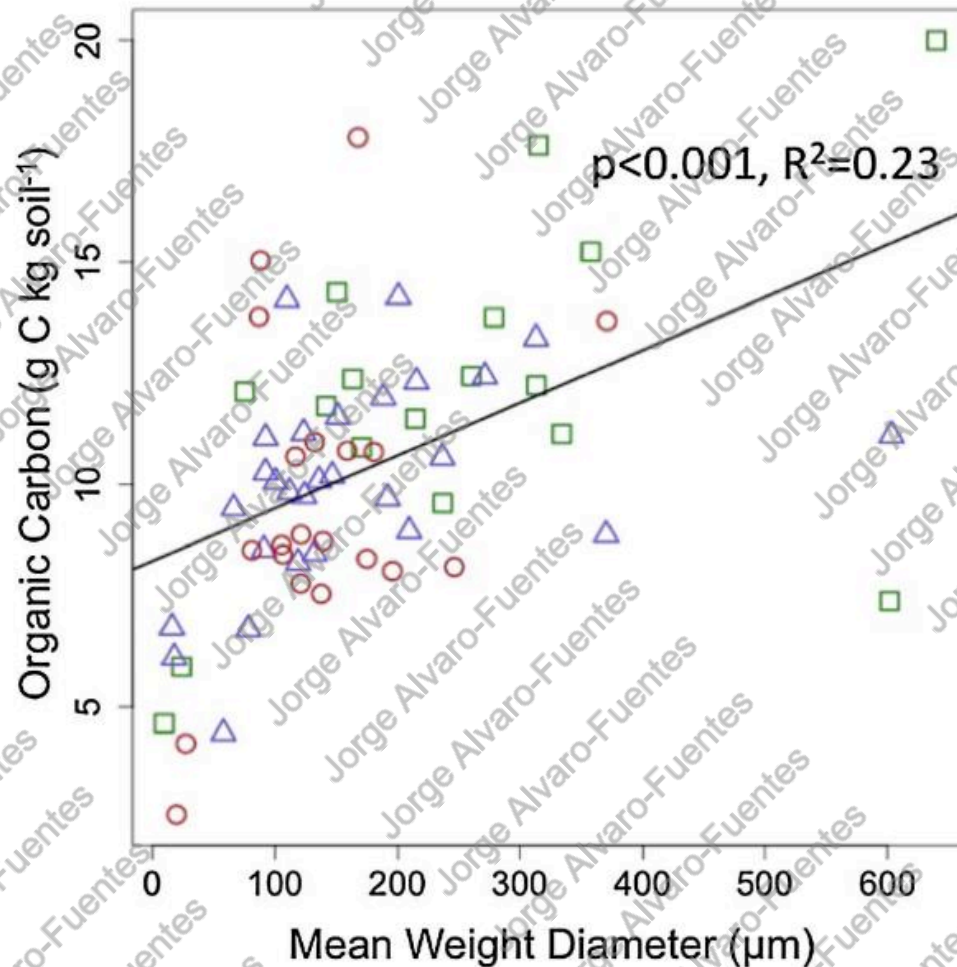
Zaragoza, 16 años

	Agregados estables (%)	Contenido de carbon orgánico (Mg C/ha, 0-5 cm)
Siembra directa	43	9.2
Laboreo reducido	21	6.0
Laboreo convencional	16	5.4

(Álvaro-Fuentes et al. 2008)



Reducir la descomposición de la materia orgánica



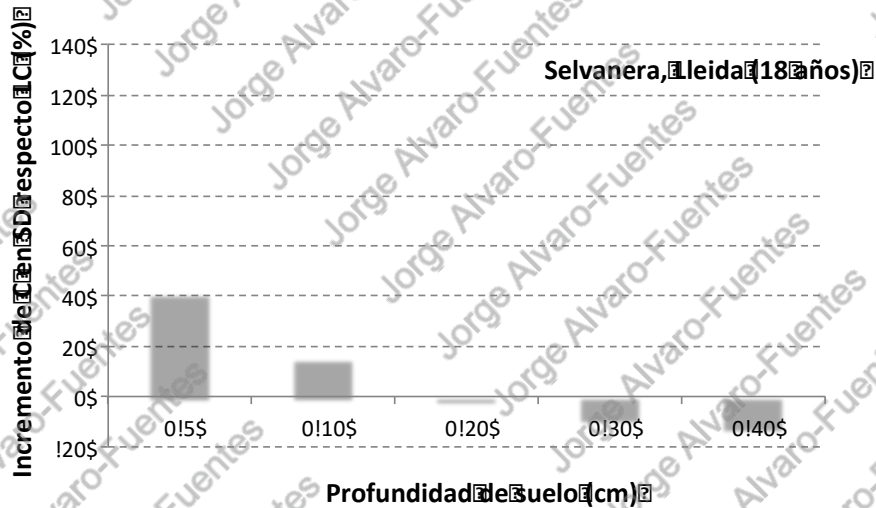
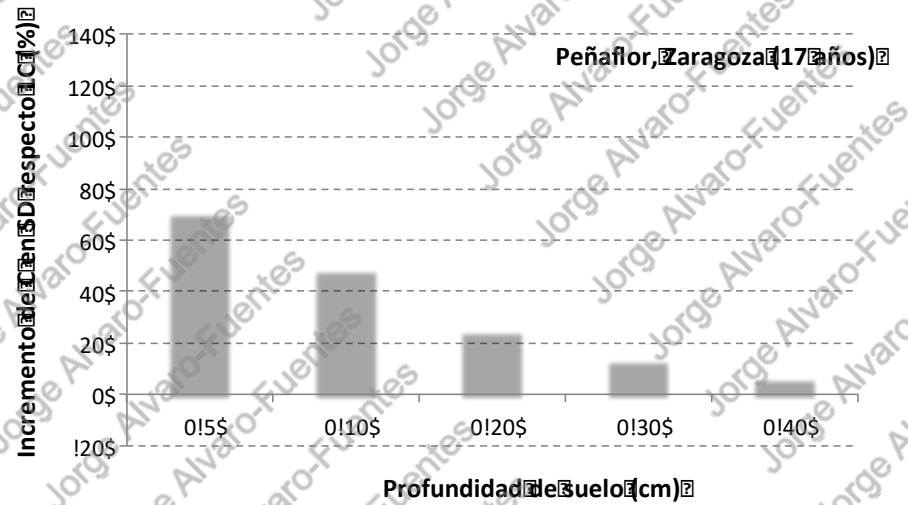
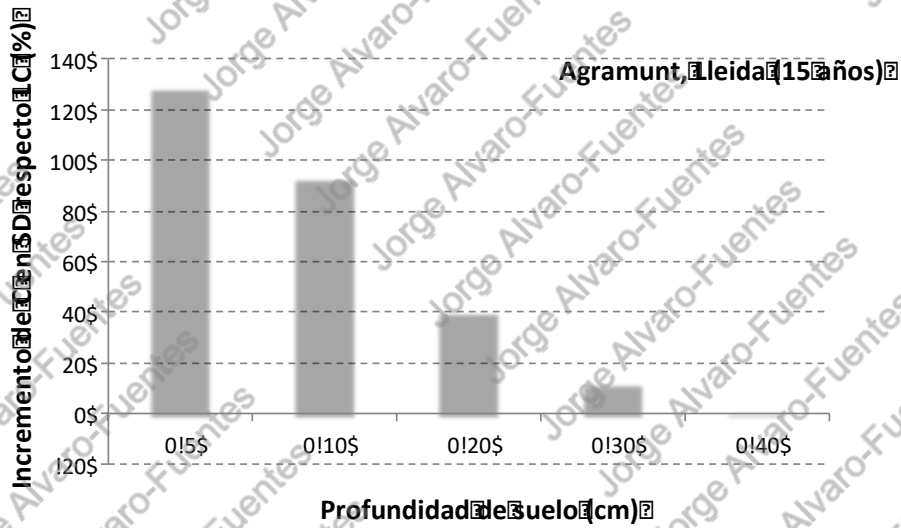
Relación entre el contenido de materia orgánica y el tamaño de agregados estables

(Rosenzweig et al. 2018)

Pero hay que tener en cuenta...

que la reducción en la intensidad del laboreo lleva a un aumento de los niveles de materia orgánica pero, principalmente, en los primeros centímetros del suelo.

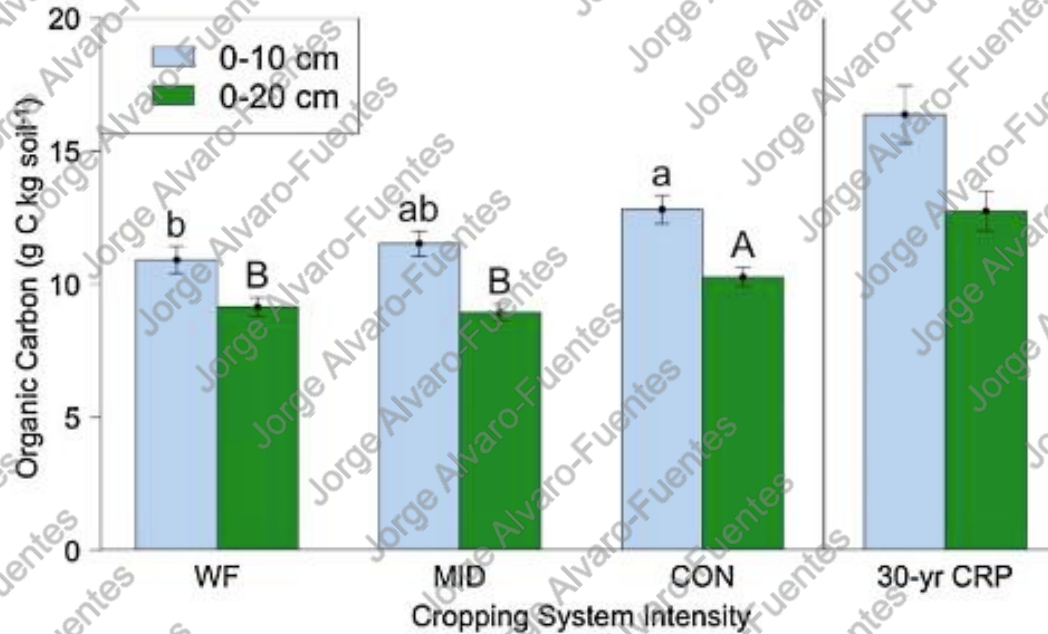




Rotaciones de cultivo

Las rotaciones permiten aumentar el aporte de residuos de cosecha al suelo mediante la intensificación de los sistemas de cultivo.

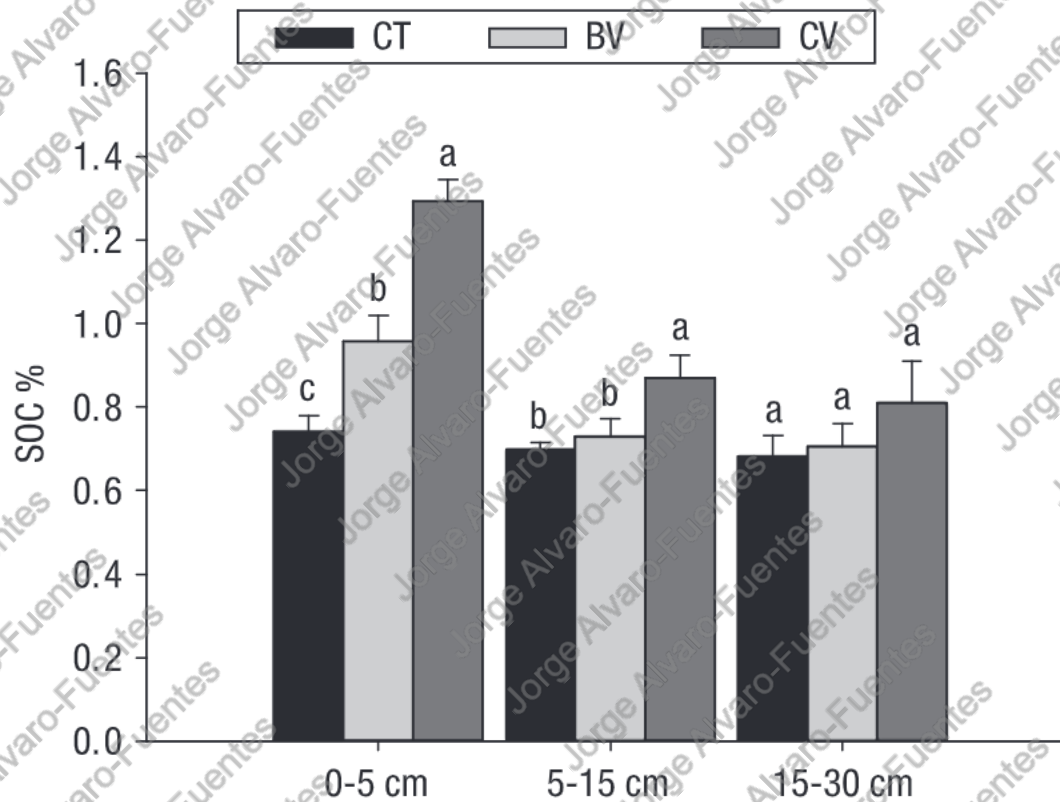
Grandes llanuras de USA. Condiciones semiáridas de secano.



WF: Rotación trigo-barbecho
MID: Barbecho cada 3-4 años
CON: Rotaciones continuas
CRP: Pradera

Cultivos cubierta en cultivos leñosos

Viñedo, la Rioja



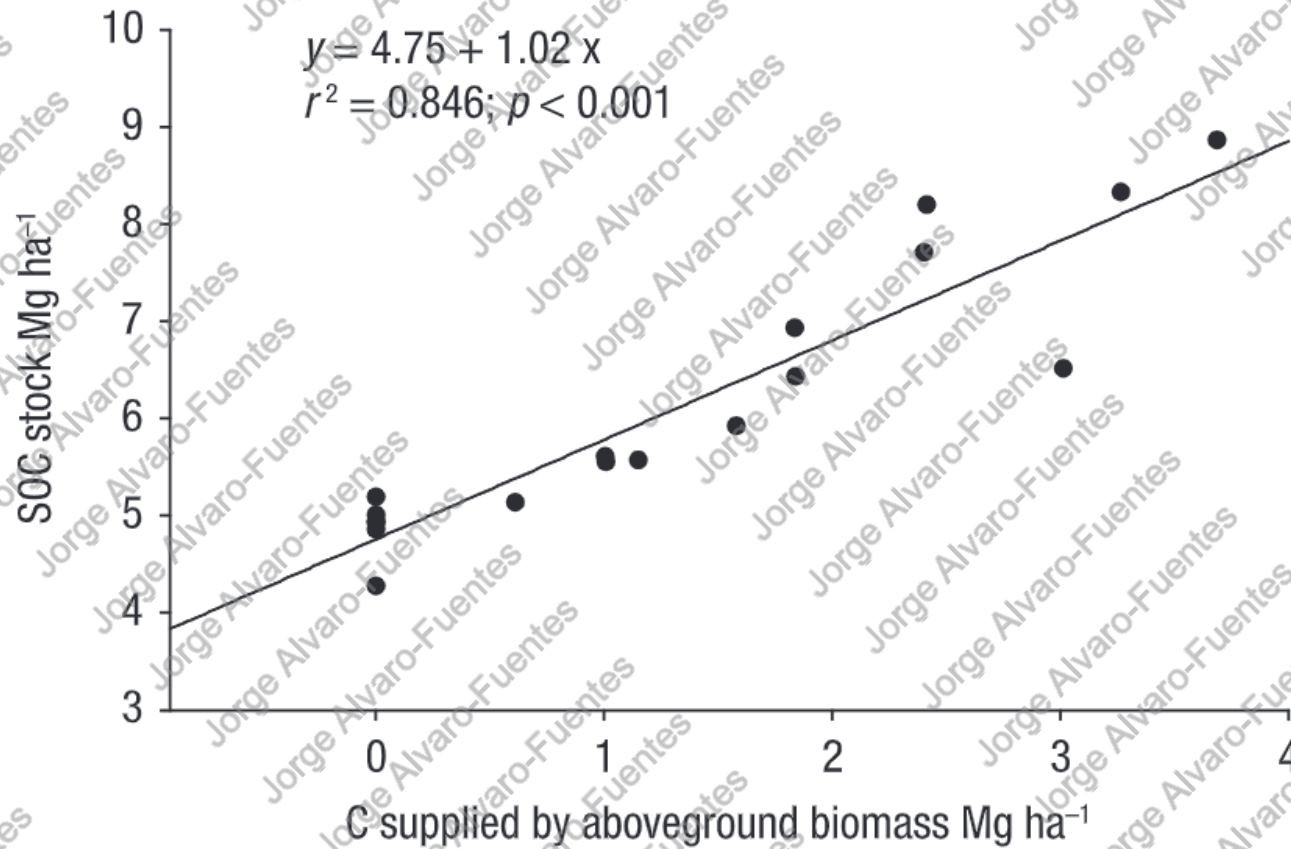
CT: Laboreo

BV: Cultivo cubierta cebada

CV: Cultivo cubierta trébol

(Peregrina et al. 2014)

Cultivos cubierta en cultivos leñosos



(Peregrina et al. 2014)

Lombrices (“ingenieros del suelo”)

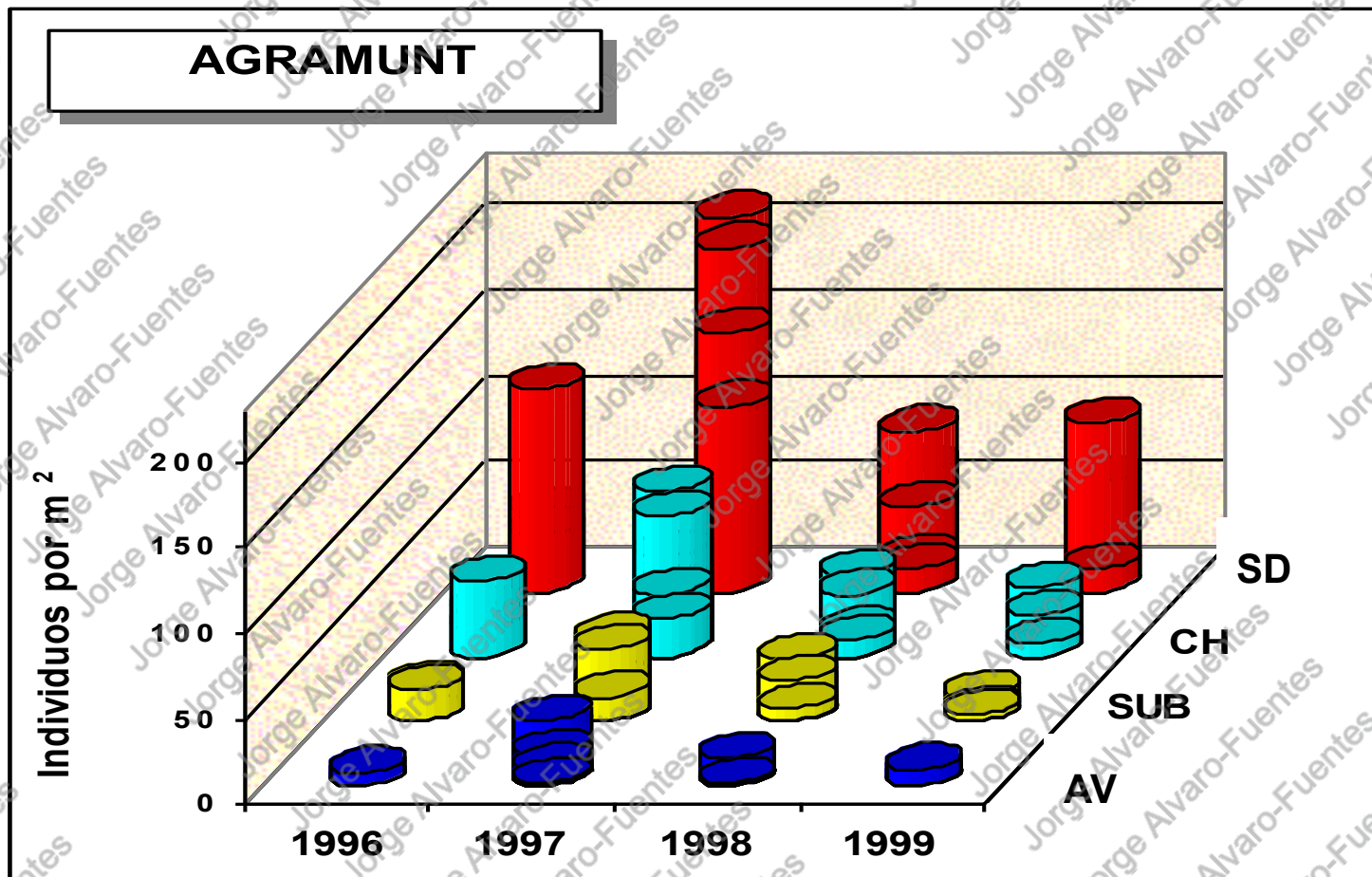


Efectos beneficios de las lombrices:

- Disponibilidad de nutrientes (raíces penetran en mayor profundidad, excrementos)
- Disponibilidad de agua (favorece la estructura y porosidad del suelo)
- Control de plagas del suelo (nemátodos)



Efecto del sistema de laboreo en la cantidad de lombrices



Efecto de las rotaciones de cultivo en la cantidad de lombrices

	Nº lombrices m ⁻²
Monocultivo de cebada en siembra directa	85 a
Monocultivo de cebada en laboreo convencional	13 b
Rotación cebada – trigo - veza	109 a



(Álvaro-Fuentes et al. en prep)

Materia orgánica del suelo

- Parámetro fundamental del suelo (calidad, salud de los suelos)

- Laboreo de conservación acumula en los primeros centímetros (centímetros clave!!)

- Evitar al máximo los momentos sin cultivo!



Técnicas para la mejora de los parámetros del suelo: laboreo de conservación y diversificación de cultivos

Jorge Álvaro-Fuentes

Estación Experimental de Aula Dei
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
jorgeaf@eead.csic.es



Teruel
1 de octubre de 2024

