

INFLUENCIA DE LOS DISTINTOS SISTEMAS EN LOS CONTENIDOS DE CARBONO ORGÁNICO Y NUTRIENTES EN EL SUELO

Ensayos con **cubiertas vegetales** y sistemas de manejo de suelo para la mejora del olivar

Olga M. Nieto¹, Juan Castro¹,
Gloria Guzmán¹, Laia Foraster¹,
Emilia Fernández-Ondoño².

¹ IFAPA Centro Camino de Purchil. Granada.

² Dpto. Edafología y Química Agrícola, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar en fincas de agricultores con manejos de suelo diferenciados, los niveles actuales de carbono orgánico, nitrógeno y potasio para conocer su nivel de fertilidad y capacidad de fijación de carbono de los mismos, comparándolos con los valores registrados en los suelos de vegetación natural (encinar).

Los sistemas de manejo de suelo (SMS) en olivar han evolucionado en base a la sensibilización frente a los problemas de erosión de los suelos y su estrecha relación con las operaciones de laboreo, aun cuando sean pocas y superficiales. En la actualidad se puede afirmar que casi en el 50% de olivar andaluz (41% en España) no se realizan operaciones de laboreo, adoptando técnicas de cubiertas vegetales y sistemas de no laboreo. La intensidad de las labores también se ha reducido y solo en el 5% (14% en



España) se aplica el laboreo tradicional (MAPA, 2009).

Entre los olivares existe una gran heterogeneidad en la aplicación real de los sistemas de manejo de suelo. Los sistemas más prometedores englobarían combinaciones de sistemas ecológicos y/o convencionales de cubiertas vegetales, enterrado o no de restos vegetales, desbrozado y/o control químico de la cubierta, y a éstos se le sumarían los efectos de la adición externa de restos vegetales (poda y limpieza de frutos).

En este trabajo, para lograr una visión objetiva de la bondad de estos sistemas, se incluye la comparación con formaciones de vegetación natural (encinar) colindantes a las parcelas muestreadas, ayudándonos a entender las modificaciones históricas e identificar el potencial máximo de los suelos como fijadores de carbono y la fertilidad asociada a su uso.

Fincas y ensayos muestreados

En el **cuadro I** se indican las características de las fincas y ensayos estudiados. En todos los casos, salvo en los olivares ecológicos, los SMS ocupan el centro de las hileras de los árboles, representando aproximadamente el 50% de la superficie del olivar, y en la zona bajo copa del olivo no se realizan operaciones de laboreo y se aplican herbicidas de distinto tipo para controlar las malas hierbas.

Los SMS estudiados son:

- VN (vegetación natural), que normalmente corresponde a un encinar con matorral asociado. Este sistema lo tomamos como inicial en el cambio de uso del suelo y nos puede informar de la degradación ocurrida y de los niveles potenciales de fijación de carbono que se pueden alcanzar según clima y suelo.

- L (laboreo): sistema de manejo con varios pases anuales de aperos de labranza, encaminados a controlar las malas hierbas.
- CVH (cubierta vegetal controlada con herbicidas): es una cubierta vegetal formada por malas hierbas que se dejan crecer anualmente y que se matan con herbicidas en el mes de marzo.
- CVH+P (cubierta vegetal controlada con herbicidas y adición de restos de poda triturados): es una variación del sistema anterior donde además se adicionan restos de poda triturados. En la finca El Empalme además se esparcen en superficie restos vegetales de la limpieza de frutos antes del transporte a la almazara (hojas, tallos y suelo).
- CVM (cubierta vegetal de malas hierbas con control mecánico con desbrozadora): se utiliza en olivar ecológico y convencional. Se trata de una cobertura vegetal en la que las malezas se dejan crecer anualmente y son controladas con varios pases de desbrozadora a finales de primavera, normalmente cuando las plantas han completado o están a punto de completar su ciclo vegetativo.
- CVM+1L: se trata de una cubierta vegetal de malas hierbas con control mecánico y un pase final de labor para su enterrado. Se usa en olivar ecológico y convencional.
- CVE+1L: se siembra una cubierta vegetal de *Vicia sativa* L. con un pase de labor final para enterrar.
- CVME: se siembra una cubierta vegetal de *Vicia sativa* L. con varios pases de desbrozadora y sin enterrado.
- NL (sistema de no-laboreo con suelo desnudo de vegetación): se aplica anualmente herbicidas residuales a toda la superficie del terreno.
- BC (zona bajo copa de los olivos en convencional): no se realizan labores. Se desarrolla una costra superficial. Las hojas caídas y frutos son barridos anualmente. Las malas hierbas se controlan con herbicidas.

Las muestras de suelo se tomaron en tres puntos por SMS en el centro de la calle de las hileras de olivos de las fincas y ensayos, en el caso de El Empalme se tomó también en la localización Bajo Copa (BC) y se diferenciaron dos tipos de suelos Calcisol crómico y Vertisol cálcico dentro del olivar. En los puntos de muestreo se abrió una calicata y se tomaron muestras a distintas profundidades. Los datos que se presentan corresponden al valor medio



Por sistemas de manejo de suelo, es patente la disminución de valores en los sistemas de L y NL, y las mejoras de los suelos con sistemas de coberturas vegetales, dominando siempre los sistemas con incorporación adicional de restos de poda y restos de la limpieza de los frutos

CUADRO I.

Relación de fincas y ensayos.

Finca	El Tobazo	La Torre	Deifontes ^a	Las Villas	Matallana	Salido Bajo ^a	El Empalme	
Localización	Alcaudete (Jaén)	Bobadilla (Málaga)	Deifontes (Granada)	Castillo-de Tajarja (Granada)	Espejo (Córdoba)	Arquillos (Jaén)	Villacarrillo (Jaén)	
Clasificación Suelo FAO	Calcisol	Calcisol	Calcisol	Calcisol	Calcisol	Regosol	Calcisol	Vertisol
Olivos/hectárea	50	71	156	204	80	71	82	
Manejo Finca	Ecológica	Ecológica	Ecológica	Convenc.	Convenc.	Convenc.	Convenc.	Convenc.
Periodo estudio (años)	12	8	5	14	12	32	10	6
VN	x	x	x	x	x			
L	x	x	x	x	x	x	x	x
CVH		x ^b		x	x	x		
CVH+P					x		x ^c	x ^c
CVM	x	x				x		
CVM+1L			x			x		
CVE+1L			x					
CVME			x					
NL				x		x		
BC							x	x

^a Ensayos con diseño estadístico

^b Se toman muestra en finca colindante no ecológica con 5 años.

^c Se adicionan en superficie restos de poda triturados y restos de la limpieza de frutos (hojas, tallos y suelo)

para la capa 0-30 cm de profundidad. Una vez secas, las muestras de suelo se molieron y ta-

mizaron a 2 mm realizando los correspondientes análisis. A continuación se presentan los

resultados para el carbono orgánico, nitrógeno y potasio.

FIGURA 1.

Contenidos de carbono orgánico Mg ha^{-1} de todos los puntos de estudio agrupados por manejo de suelo.

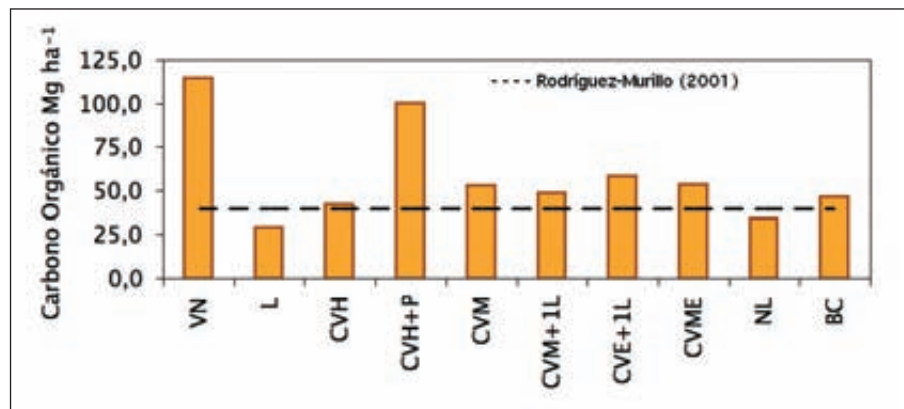


FIGURA 2.

Contenidos de potasio cmol+ kg^{-1} de todos los puntos de estudio agrupados por manejo de suelo.

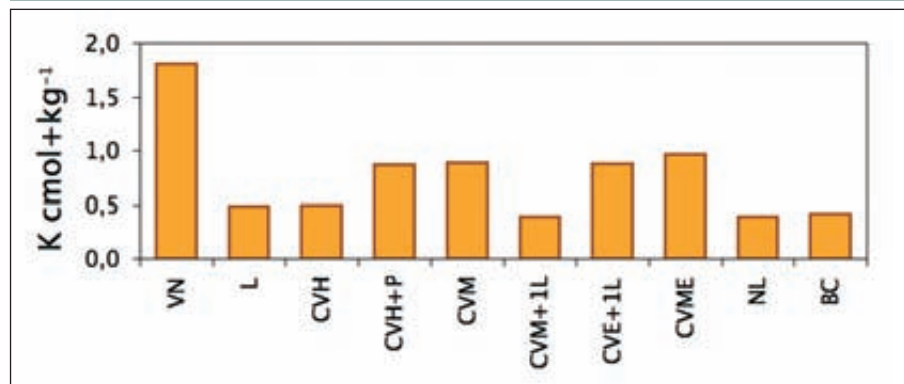
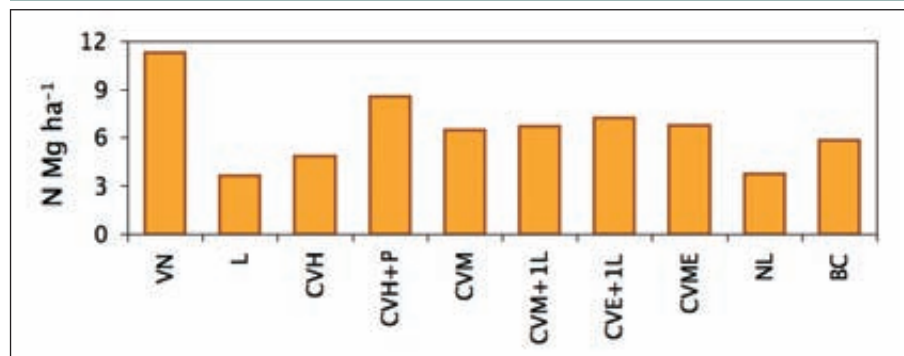


FIGURA 3.

Contenidos de nitrógeno Mg ha^{-1} de todos los puntos de estudio agrupados por manejo de suelo.



Resultados obtenidos

Contenido de carbono orgánico

En el **cuadro II** se presentan los valores para cada finca y SMS. Señalar que los altos valores registrados en VN enmascaran las diferencias entre tratamientos, estando en general los valores registrados dentro del rango de Encinar-Matorral, presentado por Rodríguez-Murillo (2001). Para todos los elementos estudiados en el olivar el cambio de VN a L produjo un importante deterioro del suelo. Se disminuye el contenido histórico de carbono orgánico en más del 70% en todas las fincas (Castillo, Matallana, Tobazo, Torre y Deifontes); estos descensos representaron aproximadamente el 60% en olivar ecológico andaluz para Álvarez *et al.* (2009) también al compararlos con VN. Las mayores pérdidas se registraron en la finca Las Villas, con descensos de hasta el 90% en los 30 cm estudiados.

En la **figura 1** se observan los descensos tan acusados en los suelos L y NL, quedando ambos por debajo del valor de $39,9 \text{ Mg C ha}^{-1}$ reportado para el olivar (Rodríguez-Murillo, 2001). Sin embargo, en sistemas de cubiertas con gran adición de restos de poda y de limpieza de frutos se producen aumentos considerables, que en ocasiones llegan a sobrepasar los de VN registrados en otras fincas. Remarcar los niveles de BC, efecto atribuible a las raíces del olivo ya que no tiene aporte externo de restos vegetales.

En la finca Tobazo (**cuadro II**) los valores de carbono orgánico en VN no son tan elevados como en el resto de las fincas, debido a la alta pedregosidad del suelo en esta zona y al menor espesor del mismo. La pérdida de K (**cuadro II**) al cambiar el uso del suelo (de VN a L) fue mayor del 50% en todas las fincas excepto en Matallana, donde fue del 40%. En la **figura 2** se observa que los sistemas L, CVH, CVM+1L y NL presentan los contenidos en K más bajos. En el caso de BC presenta valores cercanos a NL, ambos sin restos vegetales en superficie.

Para el nitrógeno, los resultados son similares, con pérdidas medias de 60% respecto a VN, destacando siempre los sistemas de cubiertas vegetales. Son remarcables los altos contenidos de N en los sistemas con adición



de restos de poda (**figura 3**), y también los SMS que utilizan leguminosas y cubiertas desbrozadas presentaron mayores contenidos en N que los que utilizan malas hierbas.

Por sistemas de manejo de suelo, tal como se muestra en las **figuras 1, 2 y 3**, es patente la disminución de valores en los sistemas de L y NL, y las mejoras de los suelos con sistemas de coberturas vegetales (sobre todo con desbrozadora), dominando siempre los sistemas con incorporación adicional de restos vegetales provenientes de la trituración de los restos de poda y restos de la limpieza de los frutos. En general, las cubiertas en fincas ecológicas (tanto desbrozada como enterrada) registraron más carbono que las cubiertas con control químico, en los 30 cm estudiados (rangos de 30-80 Mg C ha⁻¹ frente a 25-59 Mg C ha⁻¹). En fincas como Las Villas, El Empalme, El Tobazo o CVM de La Torre, las ganancias de carbono orgánico respecto a L superaron con creces el 100%. No obstante, el manejo que registró los valores más altos de carbono orgánico y N fue la cubierta CVH+P de El Empalme y Matallana, ya que con este manejo se adicionan cantidades de carbono extra a la propia producción de la cubierta. Estos resultados, muestran la eficacia de la adición de restos de poda triturados en contra de su eliminación (quemado) o su uso como biomasa para usos energéticos; este manejo podría ser considerado incluso como una práctica para la fertilización de los suelos de olivar (usada en El Empalme).

En cuanto a la realización de una labor de enterrado de la cubierta y el uso de leguminosas no se muestra una tendencia clara, pero las leguminosas y el enterrado de los restos de cubiertas muestran mayores contenidos en Deifontes y Salido Bajo. En Deifontes, los sistemas de cubiertas de veza no han mostrado un mejor comportamiento, siendo los sistemas CVM+1L y CVE+1L los de mayor contenido en carbono orgánico y N, lo cual nos indica que posiblemente el enterrado sea responsable de la diferencia, más que el usar veza o malas hierbas. Sin embargo, en el caso del K ocurre lo opuesto.

El efecto de las labores es muy distinto en Salido Bajo, frente a las otras localizaciones, debido a su suelo ácido con proble-

expoлива[®]
la Gran cita de los negocios
Jaén 11-14 Mayo 2011

Aceite de oliva, la esencia de la **Dieta Mediterránea**
The Olive Oil, the essence of the Mediterranean Diet



XV feria internacional del aceite de oliva e industrias afines
XV international fair of olive oil and allied industries

XV simposium científico-técnico
XV scientific-technic symposium

III salón internacional del aceite de oliva virgen extra
III international saloon of the virgin olive oil

Recinto Provincial de Ferias y Congresos de Jaén. Promoción Cita de Granada, s/n. 23003 Jaén

Tel.: +34 953 098 990 | Fax: +34 953 245 012 | www.ifeja.org/expoлива | www.expoлива.com



CUADRO II.

Contenidos de carbono orgánico (CO), nitrógeno y potasio, para la capa de 0-30 cm de profundidad, por finca y para cada sistema de manejo de suelo.

	VN	L	CVH	CVH+P	CVM	CVM+1L	CVE+1L	CVME	NL	BC	Signif.
Las Villas											
CO (Mg C ha ⁻¹)	148,0 a	14,7 b	59,9 b						45,9 b		***
N (Mg N ha ⁻¹)	13,5 a	2,2 b	4,8 b						4,6 b		***
K (cmol ⁺ kg ⁻¹)	4,0 a	0,3 b	0,6 c						0,5 bc		***
Matallana											
CO (Mg C ha ⁻¹)	82,8 a	32,2 b	49,4 c	60,6 c							***
N (Mg N ha ⁻¹)	10,0 a	4,7 b	7,0 c	7,3 c							***
K (cmol ⁺ kg ⁻¹)	1,5 a	0,9 ab	0,5 b	1,0 ab							**
Dehesa del Tobazo											
CO (Mg C ha ⁻¹)	87,9 a	31,4 b			80,8 a						**
N (Mg N ha ⁻¹)	9,3 a	3,8 b			9,1 a						**
K (cmol ⁺ kg ⁻¹)	1,3 ab	0,6 a			1,7 b						**
La Torre											
CO (Mg C ha ⁻¹)	104,2 a	21,9 b	33,6 bc		48,2 c						***
N (Mg N ha ⁻¹)	10,1 a	2,8 b	4,1 bc		6,4 ac						***
K (cmol ⁺ kg ⁻¹)	0,8	0,3	0,4		0,6						NS
Deifontes											
CO (Mg C ha ⁻¹)	152,0 a	44,8 b				55,0 b	58,3 b	53,9 b			***
N (Mg N ha ⁻¹)	13,5 a	5,6 b				6,9 b	7,2 b	6,7 b			***
K (cmol ⁺ kg ⁻¹)	1,4	0,6				0,4	0,9	1,0			NS
Salido Bajo (Castro et al., 2008)											
CO (Mg C ha ⁻¹)		39,0 ab	25,8 ab		30,3 ab	42,1 a			22,8 b		**
N (Mg N ha ⁻¹)		4,4 ab	3,4 a		3,9 a	6,5 b			2,9 a		***
K (cmol ⁺ kg ⁻¹)		0,3 ab	0,4 b		0,4 ab	0,4 ab			0,2 a		**
El Empalme Calcisol † (Nieto et al. 2010)											
CO (Mg C ha ⁻¹)		26,4 a		133,4 b						55,4 c	***
N (Mg N ha ⁻¹)		1,8 a		9,5 b						6,2 c	***
K (cmol ⁺ kg ⁻¹)		0,3 a		0,9 b						0,6 ab	**
El Empalme Vertisol † (Nieto et al. 2010)											
CO (Mg C ha ⁻¹)		27,1 a		106,2 b						37,9 a	***
N (Mg N ha ⁻¹)		3,4 a		8,8 b						5,4 a	**
K (cmol ⁺ kg ⁻¹)		0,4 a		0,8 b						0,3 a	*

† Se adicionan en superficie restos de poda triturados y restos de la limpieza de frutos (hojas, tallos y suelo)

Los valores son la media por finca.

En cada fila, las letras diferentes informan de que se registran diferencias estadísticamente significativas.

Mg = 1.000 Kg

mas de hidromorfía, lo que justifica los elevados niveles de carbono orgánico en L, y también se pone de manifiesto que el enterrado de la cubierta incrementa el carbono orgánico en CVM+1L frente a la de control con herbicidas; el mismo comportamiento presenta el N. En el caso de las cubiertas CVH, se producen aumentos respecto a L de carbono orgánico, N y K en Las Villas, Matallana, La Torre.

Conclusiones

Los SMS influyen directamente en los contenidos de carbono orgánico, N y K. En todos los SMS el cambio de uso de suelo de encinar a olivar produce un importante deterioro del suelo, observándose que en todos los casos estamos muy por debajo de los niveles poten-

ciales de esos suelos, sobre todo en la capacidad de fijación de C. Las cubiertas vegetales de todo tipo han mostrado su eficacia en el aumento de carbono orgánico, N y K respecto a L y NL, las diferentes modalidades de manejo y especies a utilizar en las mismas, no muestran un comportamiento claro, recomendándose su adaptación a las características del manejo general y del suelo de la finca.

Los mejores resultados se han obtenido con CVH+P, donde ha dominado la aportación de restos de poda triturados y los restos de limpieza de los frutos antes de su transporte a la almazara (hojas, tallos y suelo), ya que registran valores de carbono orgánico comparables a VN y niveles de N superiores a las cubiertas de leguminosas. Este manejo de los restos vegetales podría representar un método de ferti-

lización alternativo en un olivar sostenible.

Los resultados presentados muestran la importancia del SMS y del uso de los restos de poda y de limpieza de frutos de olivar, sugiriendo que existe un gran potencial para fijar carbono y de mejora de la fertilidad en los suelos, comparado con las áreas de VN. El uso de los restos de poda y limpieza de frutos, debería ser considerado prioritario en la mejora de los suelos de olivar. ●

Agradecimientos

El trabajo se ha financiado con los proyectos de investigación INIA RTA2007-0083-C03-01 y SUM2008-03-C03-02 cofinanciados con fondos FEDER. Los autores agradecen a los propietarios de las fincas su colaboración y disposición en la realización del presente trabajo.