



Cubiertas Vegetales

Una solución para mejorar la fertilidad del suelo
y preservar el **Medio Ambiente**

Agradecimientos

La Asociación Española Agricultura de Conservación / Suelos Vivos desea agradecer a la Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía la concesión de financiación en base al proyecto Nº: 92162/32 "Efecto comparativo de la cubierta vegetal y el laboreo convencional en la contaminación de aguas por nitratos, pérdida de suelo por erosión y generación de escorrentía en olivar ecológico" para la realización de estudios de campo y actividades de transferencia de tecnología y divulgación. Proyecto de Excelencia de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía, de código RNM03-205. La presente ficha técnica recoge algunos de los resultados obtenidos en parte de los ensayos realizados.

Edita

Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos (AEAC/SV)

Depósito legal

CO-1598-2008

ISBN

978-84-930144-6-9

Agricultura de Conservación

La clave para aunar producción y medio ambiente

Autores

Francisco Márquez García
Rafaela Ordóñez Fernández
Rosa Carbonell Bojollo
Miguel Ángel Repullo Ruiberriz de Torres
Emilio Jesús González Sánchez
Jesús Gil Ribes

Colaboradores

Elena Carrasco Segovia



Índice

1.	Introducción	<i>pag. 1</i>
2.	Material y métodos	<i>pag. 3</i>
3.	Resultados	<i>pag. 5</i>
4.	Conclusiones	<i>pag. 18</i>
5.	Agradecimientos	<i>pag. 18</i>
6.	Bibliografía	<i>pag. 19</i>





Las características de cultivo del olivo, en el que el laboreo es el sistema de manejo de suelo predominante, propician muy bajos contenidos de materia orgánica, variando en la mayoría de las situaciones entre el 0,5 y 1,5 % en superficie. Además, el suelo permanece descubierto todo el año, siendo especialmente sensible a los procesos de generación de fá y arrastre de sedimentos. Por otra parte, el clima mediterráneo se caracteriza por periodos estivales muy secos con temperaturas elevadas, e inviernos cálidos y relativamente húmedos, con presencia de fenómenos tormentosos de cierta intensidad. Si a esto le unimos las características topográficas de la zona, con frecuencia de elevadas pendientes y suelos poco profundos con problemas de sellado superficial, nos encontramos con unas condiciones que hacen aumentar los procesos erosivos, hasta el punto de convertirlos en el mayor problema medioambiental causado por la agricultura convencional en España.

El problema de la pérdida de suelo es tal, que los sedimentos son el principal contaminante de las aguas superficiales (Christensen et al., 1995). Aunque también se transportan importantes cantidades de minerales, aportados para incrementar el rendimiento del cultivo, que una vez inmersos en el caudal de escorrentía se convierten en contaminantes de las aguas. Esta pérdida de nutrientes no sólo genera contaminación, si no que también provoca una disminución de fertilidad del terreno, ya que la mayor parte de las salidas de nutrientes en el olivar no son sólo debidas a la cosecha y los restos de poda, si no a los arrastres en las partículas de suelo (Pajarón, 2002).

Además, mediante las labores eliminamos las raíces someras del árbol, impidiendo la absorción superficial de los nutrientes y favoreciendo el lixiviado de los mismos, pues la gran proporción de macroporos, fruto de las labranzas, no poseen suficientes fuerzas intersticiales para retener el agua y los elementos minerales, lo que determina su percolación hacia capas profundas. El nitrógeno, es de todos los macronutrientes el que más problemas medioambientales ha presentado hasta la fecha, aunque no se ha de desestimar el potencial eutrofizante del fósforo. Sin embargo, la gran movilidad del nitrógeno en el agua ha provocado la contaminación de importantes reservas subterráneas de este líquido esencial para la vida, siendo objeto de diversa legislación en las distintas administraciones públicas.

En la actualidad, la normativa vigente en España es el RD 261/96, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias. Los organismos encargados de determinar las masas de agua que se encuentran afectadas por la contaminación o presentan riesgo de serlo (por aportación de NO_3 de origen agrario) son el Ministerio de Medio Ambiente, en el caso de cuencas hidrográficas que excedan del ámbito territorial de una Comunidad Autónoma, y los órganos competentes de las Comunidades Autónomas en el resto de los casos.

Los criterios de determinación de dichas masas de agua, en directa relación con el tema que nos ocupa, son:

- a) Aguas superficiales que presenten, o puedan presentar, una concentración excesiva de NO_3^- .
- b) Aguas subterráneas cuya concentración de NO_3^- sea superior a 50 mg/l, o puedan llegar a este límite.

En este sentido, la Comunidad Autónoma de Andalucía estableció una serie de zonas vulnerables, en el Decreto 261/98, de 15 de Diciembre. Que se ha visto modificado por el Decreto 36/2008, de 5 de Febrero, en el que se designan un total de 22 zonas vulnerables a la contaminación de nitrógeno.

Las zonas vulnerables son:

Fuente: COAG

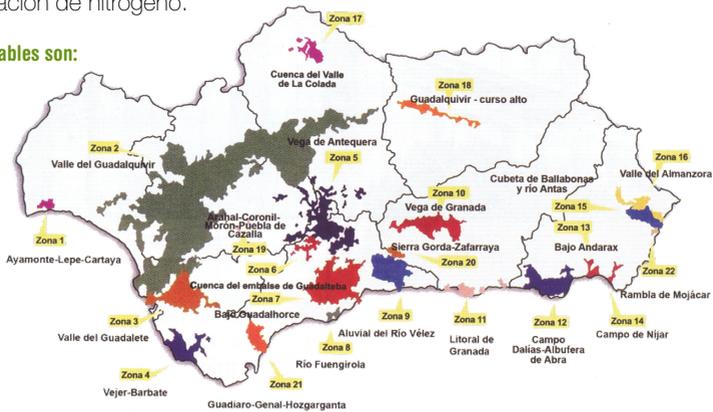


Figura 1. Distribución de las zonas vulnerables en el territorio andaluz

Los beneficios reconocidos a las cubiertas vegetales en la bibliografía científica y tecnológica son amplios (Hartwing y Ammon, 2002; Martínez-Raya et al., 2007; Márquez et al., 2008a). Liebman y Mohler (2001) definen las cubiertas como especies que crecen expresamente para añadir materia orgánica, mantener o incrementar la disponibilidad de nutrientes, mejorar las propiedades físicas del suelo, prevenir la escorrentía y erosión, y en algunos casos, reducir los problemas de enfermedades de suelo.

Figura 2. Cubierta vegetal protegiendo y mejorando las cualidades del suelo



Además, mantener el suelo cubierto es el método más eficaz para reducir los procesos erosivos, siendo las cubiertas vegetales la manera más eficiente para conseguir este fin (Márquez et al., 2008b). Las hierbas disipan la energía cinética de las gotas de lluvia, a la vez que frenan el flujo superficial de agua sobre la superficie del terreno, al presentar los restos vegetales un importante obstáculo para este movimiento. Por otra parte, la lenta degradación de las hierbas, aumenta el contenido de materia orgánica del suelo (Márquez et al., 2008c), lo que mejora la estructura y porosidad del mismo, favoreciendo su capacidad de infiltrar y almacenar agua.

Material y metodos



Durante tres años (Noviembre de 2005 a Agosto de 2008), se ha realizado un estudio comparativo de los sistemas de manejo de suelo de laboreo y de cubiertas vegetales en olivar en tres fincas de la provincia de Córdoba. Tras cada evento de lluvia se han medido diferentes parámetros como: escorrentía y erosión de esa precipitación, los nutrientes (nitrógeno y materia orgánica) transportados en el agua y el sedimento, así como la evolución temporal del nitrógeno lixiviado en el suelo para ambos sistemas de manejo y el que queda almacenado en las hierbas de la cubierta vegetal.

Para alcanzar estos objetivos, se instalaron microparcels de captura de escorrentía y sedimentos y dispositivos colectores para la toma de muestras tras los distintos eventos de lluvia, en un diseño en bloques al azar, uno con cubierta y otro labrado, con 4 repeticiones por campo experimental (ver figura 3).

Se realizó una caracterización de los suelos, determinando sus principales parámetros físico-químicos, ver tabla 1.



Figura 3. Bloque de microparcels y dispositivos colectores

	PROF. cm	pH H ₂ O	Cl Cl ₂ Ca	M.O. (%)	CO ₃ ⁼ meq/ 100gr	C.I.C. ppm	P	K
C3	0-20	8,33	7,79	1,33	58,60	19,00	28,65	250,10
	20-40	8,47	7,79	0,87	59,37	20,03	17,94	166,25
	40-60	8,54	7,82	0,68	58,05	17,38	31,52	96,70
C4	0-20	8,26	7,67	2,11	60,03	22,00	13,54	129,50
	20-40	8,32	7,75	1,77	58,30	24,23	8,09	115,60
	40-60	8,56	7,90	0,83	55,93	19,53	3,92	56,15
C5	0-20	6,61	6,42	2,62	8,50	20,94	27,65	312,32
	20-40	6,61	6,44	1,59	0,40	21,23	18,01	221,89
	40-60	6,66	6,53	0,93	0,40	18,75	6,92	56,70

Tabla 1. Caracterización físico-química de los campos experimentales. PROF.: profundidad; pH H₂O: pH en agua; pH Cl₂Ca: pH en cloruro cálcico; M.O.: materia orgánica; CO₃⁼: carbonatos; C.I.C.: capacidad de intercambio catiónico; P: fósforo disponible; K: potasio disponible

Tras cada evento de lluvia, se viaja a campo y se toman muestras de suelo, recogiendo el agua de escorrentía y la erosión registrada en ese evento y la biomasa para realizar las determinaciones químicas pertinentes. La precipitación y la intensidad de la lluvia se estima con la ayuda de un registrador de lluvia HOBO Event (memoria de 8K datos).

A fin de obtener los datos más reales posibles, se han realizado en el interior de las parcelas las mismas labores que las llevadas a cabo por los propietarios de las fincas con cubierta vegetal, y en el caso del laboreo se han seguido las pautas más habituales de la zona.

Finalmente, se ha procedido a la clasificación de los suelos (Soil Survey Staff, 1999), que resultó:

- Parcela de Castro del Río (C3): Calcic Haploxerept
- Nueva Carteya (C4): Calcic Haploxerept
- Obejo (C5): Ruptic Xerorthent



Figura 4. Instalación de registradores de pulsos



Figura 5. Campo experimental C5



Figura 6. Campo experimental C3



Figura 7. Campo experimental C4

Para conocer la evolución del contenido de nitrógeno en el suelo se ha recurrido a muestreos con barrena Edelman de 6 cm de diámetro en cada salida a campo. En total se han realizado 4 muestreos por salida y tratamiento, cubierta vegetal y laboreo, prospectando los horizontes de 0-3 cm, 3-13 cm, 13-26 cm, 26-52 cm y 52-70 cm.

Los análisis químicos a realizar son: contenido de NO_3^- , NO_2^- y NH_4^+ en agua de escorrentía, carbono orgánico en sedimento, proporción de nitrógeno en biomasa, y contenido de NO_3^- en muestras de suelo. Los métodos de análisis seguidos se describen en Page (1982).

Resultados



En la tabla 2 se muestra la precipitación, escorrentía, coeficiente de escorrentía y reducción de la pérdida de agua (% Reducción), para cada sistema de manejo de suelo y campaña de muestreos considerados en el estudio (2005 a 2008). La escorrentía y coeficiente de escorrentía en todas las parcelas son pequeñas, ya que las microparcels de captura de escorrentía y sedimentos infraestiman sus valores, aunque estos medidores se muestran como uno de los métodos más eficaces para comparar sistemas de manejo de suelo, ya que debido a su pequeño tamaño, permiten la instalación de un gran número de trampas, que estudian diferentes ambientes dentro de una misma parcela.

		Periodo		
		Dic 05-Jun 06	Jun 06-Jun 07	Jun 07-Jun 08
C3	Precipitación	270,7	338,5	381,0
	Esc. N	14,8	18,0	37,5
	C.E.	5,5	5,3	9,9
	Esc. C	8,0	13,5	3,8
	C.E.	3,0	4,0	1,0
	% Reducción	-45,9	-24,9	-89,9

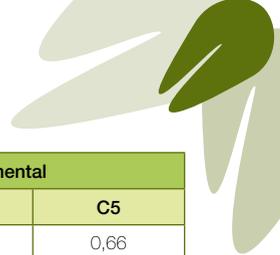


C4	Precipitación	293,2	387,2	428,6
	Esc. N	47,0	40,1	65,5
	C.E.	16,0	10,4	15,3
	Esc. C	10,5	17,1	22,9
	C.E.	3,6	4,4	5,3
	% Reducción	-77,7	-57,4	-65,0
C5	Precipitación	336,4	437,2	486,2
	Esc. N	29,1	38,0	74,8
	C.E.	8,6	8,7	15,4
	Esc. C	15,7	15,2	11,0
	C.E.	4,7	3,5	2,3
	% Reducción	-46,2	-60,1	-85,3

Tabla 2. Precipitación, escorrentía (Esc.) y coeficiente de escorrentía (C.E.), para los sistemas de manejo de laboreo convencional (N) y cubiertas vegetales (C)

Al mantener el suelo inalterado por labores, y cubierto por restos vegetales que se degradan lentamente, el contenido de materia orgánica del terreno aumenta de manera importante, a la vez que se mejora la distribución porosa en el suelo, mayor número de mesoporos, lo que aumenta la capacidad de infiltración y de retención de agua del terreno. Por tanto, tal y como se aprecia en la tabla 2 las cubiertas vegetales provocan una fuerte reducción tanto de la escorrentía, como del coeficiente de escorrentía, variando éstos en función del tipo de cubierta y año. Se observa, como aumenta la pérdida de agua acumulada cada año, cuanto mayor es la cantidad de lluvia registrada durante el mismo. Así, de los tres años de estudio, fue en la campaña 2007-08 en la que se registraron tanto, mayores precipitaciones acumuladas como escorrentía, seguida por la segunda campaña que tiene un comportamiento similar.

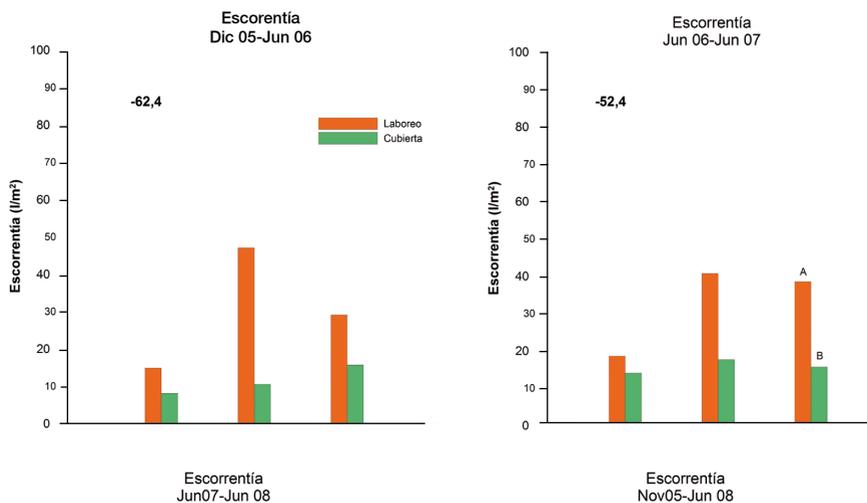
Con los valores obtenidos se ha realizado un test de correlación r_{h_0} de Spearman, que es una medida de la asociación monótona entre las variables consideradas, la escorrentía y precipitación. Los resultados se muestran en la tabla 3, donde podemos apreciar como existe una correlación entre ambas variables. Esta relación es muy intensa en el caso del laboreo, aunque para la cubierta vegetal es menos fuerte, ya que las mejoras estructurales y la presencia de restos vegetales en superficie aumentan la infiltración, como se ha comentado anteriormente, lo que perturba la medida respecto al laboreo. A pesar de ello, exceptuando C3, que es el que menor pendiente posee de los tres campos experimentales, en C4 y C5 sí existen correlaciones estadísticamente significativas (p -valor < 0,05) entre la escorrentía y precipitación, para el caso de la agricultura de conservación, ya que a pesar de la reducción en la pérdida de agua, el suelo tiene un límite máximo de infiltración, relacionado con su conductividad hidráulica y su capacidad de retención de agua, que aunque mejoran con estas técnicas, siempre suponen un límite a la infiltración en el suelo, cuando por la intensidad de la lluvia o por su importante cuantía se superan estos valores máximos.



			Campo experimental		
			C3	C4	C5
Precipitación	N	S _{xy}	0,39	0,57	0,66
		p-valor	0,001	0,000	0,000
	C	S _{xy}	0,10	0,25	0,60
		p-valor	0,421	0,040	0,000

Tabla 3. Coeficientes de correlación ρ_s de Spearman entre las variables escorrentía y precipitación. Período Noviembre de 2005 a Junio de 2008. C: cubierta vegetal y N: laboreo convencional

En la figura 8 se muestra la escorrentía registrada para cada sistema de manejo de suelo, campaña de muestreo y campo experimental, y la reducción media en la pérdida de agua. Se aprecia como en la segunda campaña, que es la que menor escorrentía, se registra en laboreo, también es la que menores reducciones medias aportan las hierbas, de un 52%. Aun así, la cuantía de la disminución es muy importante. El tercer año, que es en el que más agua se pierde por escorrentía debido a los continuos chubascos acontecidos en la primavera del año 2008, se alcanza una reducción media de la escorrentía del 78,8%, apareciendo diferencias estadísticamente significativas en los 3 campos experimentales. En el cómputo global de los tres años se ha conseguido reducir la pérdida de agua gracias a la agricultura de conservación en un 67,7 % de media.



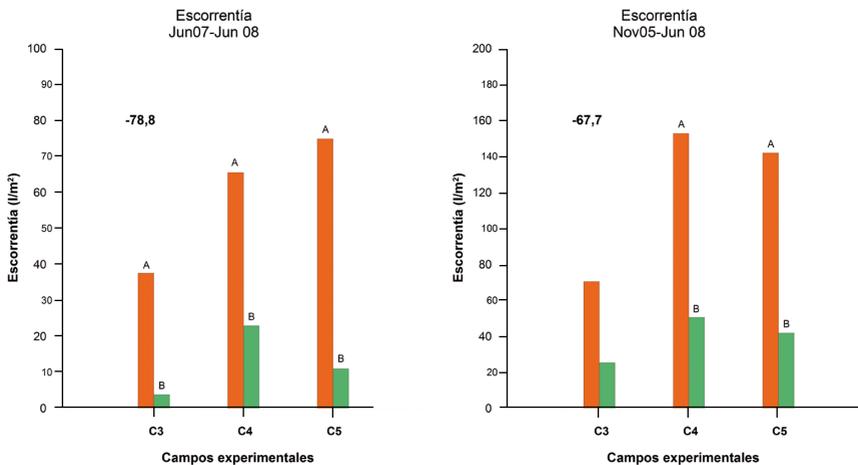
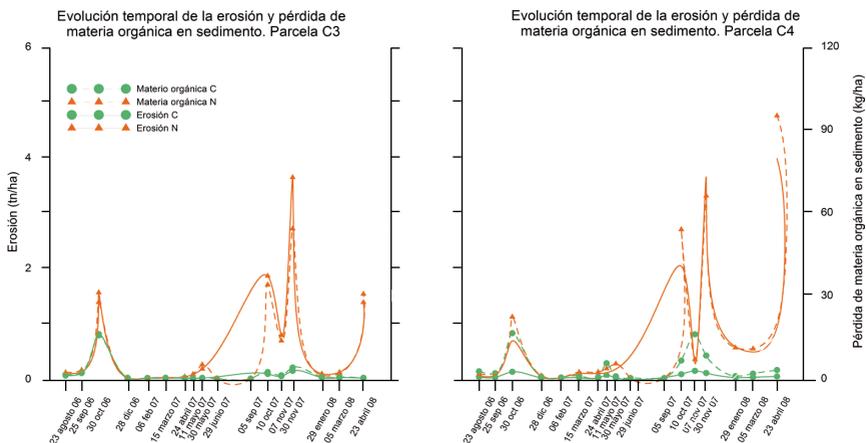


Figura 8. Escorrentía en campos experimentales durante los años muestreados y acumulada en el periodo de estudio. Análisis estadístico, test de mínimas diferencias significativas, $p=0,05$

Los sedimentos son transportados por el agua de escorrentía, por lo que cualquier sistema que disminuya ésta, ha de reducir la erosión, y la pérdida de elementos asociados al sedimento como por ejemplo el carbono orgánico.

Los resultados muestran, como era de esperar, que el sistema de cubierta vegetal genera una importante reducción tanto en la erosión, como de materia orgánica asociada al sedimento transportado. Se aprecian graves pérdidas de suelo en el sistema convencional en algunos eventos, figura 9, debido bien a la importancia en cuantía de lluvia, ó a la intensidad de la misma, lo que genera también fuertes salidas de materia orgánica, que ocasionan una importante merma en la fertilidad del terreno. Sin embargo, en el sistema de cubiertas vegetales éstas son prácticamente nulas.



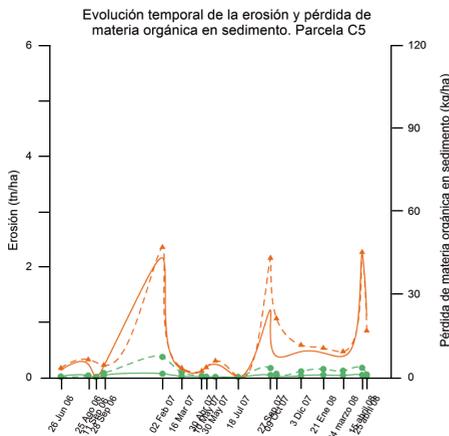


Figura 9. Evolución temporal de la pérdida de suelo y materia orgánica. Campos experimentales C3, C4, C5

En la figura 10 se recogen las pérdidas acumuladas de suelo y materia orgánica medidas en los distintos campos experimentales, durante todo el periodo de estudio (noviembre de 2005 a junio de 2008). En ella se aprecia como las cubiertas vegetales provocan una importante disminución del transporte de sedimentos respecto a las técnicas de laboreo.

Los resultados obtenidos muestran reducciones medias de la erosión del 91,5 %, siendo prácticamente nula la pérdida de suelo en el sistema de agricultura de conservación.

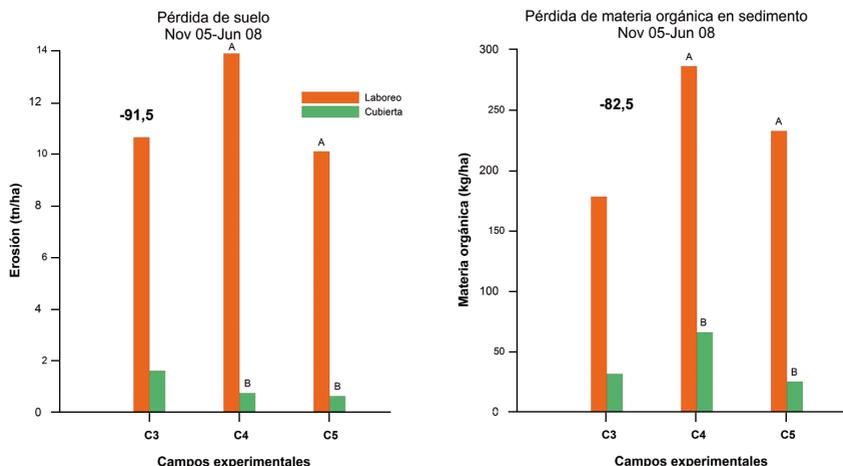


Figura 10. Pérdida de suelo y de carbono acumulados en los campos experimentales durante el periodo de estudio. Análisis estadístico, test de mínimas diferencias significativas, $p=0,05$

Además, estas diferencias en la mayoría de los casos son estadísticamente significativas, como se muestra en la figura 10, donde letras diferentes muestran la existencia de diferencias significativas para ese campo experimental y año.



Estas fuertes pérdidas de suelo, ocasionan también graves salidas de materia orgánica en los sistemas de laboreo. De hecho, la erosión es el principal agente causante del descenso de la materia orgánica en los suelos agrícolas. Como se muestra en la figura anterior, al igual que sucedía con la erosión, las cubiertas vegetales reducen de manera muy importante la pérdida de carbono orgánico, sobretodo en aquellos años en los que la erosión es especialmente intensa. Así y considerando la media de las tres fincas, mediante la agricultura de conservación se ha conseguido una reducción global de la pérdida de carbono para todo el periodo de muestreo del 82,5%.

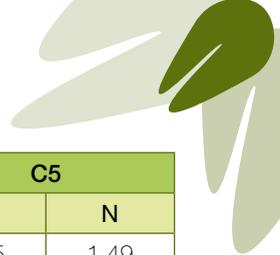
Por tanto, existe una relación clara entre la pérdida de suelo y de materia orgánica, como se demuestra en la tabla 4, en la que se presenta los valores del coeficiente de correlación r_{ho} de Spearman, entre ambas variables.

			Campo experimental		
			C3	C4	C5
M.O.	N	s_{xy}	0,99	0,98	0,97
		p-valor	0,000	0,000	0,000
	C	s_{xy}	1,00	1,00	0,83
		p-valor	0,000	0,000	0,000

Tabla 4. Coeficientes de correlación r_{ho} de Spearman entre las variables erosión y pérdida de materia orgánica. Periodo Noviembre de 2005 a Junio de 2008. C: cubierta vegetal y N: laboreo convencional

Se aprecia como, tanto para la cubierta vegetal como para el laboreo, en todos los casos la correlación obtenida resulta significativa, con una probabilidad de error de los p-valores indicados, expresados en tanto por 1 muy baja, lo cual denota la estrecha relación entre la pérdida de suelo y materia orgánica. Lo que indica que aquellos sistemas que logran controlar la erosión, conservarán la materia orgánica de los suelos y con ello las características físico-químicas que están implicadas en la fertilidad del mismo y su capacidad de explotación agrícola.

Esta menor salida de carbono orgánico del sistema, a la vez que la lenta degradación de los restos vegetales provoca un considerable aumento del contenido de materia orgánica del suelo, ver tabla 5, especialmente en superficie. Este hecho propicia importantes mejoras en la estructura y fertilidad del terreno, a la vez que protege al suelo frente al impacto de las gotas de lluvia, ya que las uniones entre las partículas son más fuertes.



Prof.	C3		C4		C5	
	C	N	C	N	C	N
0-2 cm	1,68	1,66	4,70	1,47	3,25	1,49
2-5 cm	1,67	1,56	3,43	1,31	3,01	1,54
5-10 cm	1,58	1,33	1,61	1,51	2,02	1,33
10-25 cm	1,35	1,28	0,84	0,38	1,48	1,02
0-25 cm	1,46	1,35	1,61	0,80	1,91	1,18

Tabla 5. Contenido de materia orgánica en los campos experimentales para las profundidades: 0-2 cm; 2-5 cm; 5-10 cm; 10-25 cm y total 0-25 cm

Las pérdidas de suelo pueden estar ligadas a la intensidad de la lluvia, aunque esta hipótesis parece mucho más firme en el caso del laboreo, no siendo tan patente para la cubierta vegetal. Para comprobar esta afirmación, se ha realizado un test Spearman, considerando las variables, erosión y erosividad de la lluvia y cobertura, (ver tabla 6).

Esta prueba demuestra que existe relación entre la erosión y la erosividad para el caso del laboreo, ya que resulta para los tres campos experimentales significativa. Sin embargo, para la cubierta vegetal esta situación no sucede, ya que sólo en el campo C5 se encuentra una correlación significativa, aunque el valor es muy cercano a 0,05, umbral de significancia. En los otros dos campos experimentales no existe correlación alguna con la erosividad, ya que en este caso la cobertura es la principal variable responsable de la pérdida de suelo, en la que se aprecia una relación muy fuerte en ambos sistemas de manejo de suelo.

			Campo experimental		
			C3	C4	C5
Erosividad	N	s_{xy}	0,69	0,54	0,48
		p-valor	0,000	0,000	0,000
	C	s_{xy}	0,07	0,12	0,28
		p-valor	0,583	0,447	0,033
Cobertura	N	s_{xy}	-0,61	-0,62	-0,23
		p-valor	0,000	0,000	0,084
	C	s_{xy}	-0,66	-0,38	-0,42
		p-valor	0,000	0,002	0,001

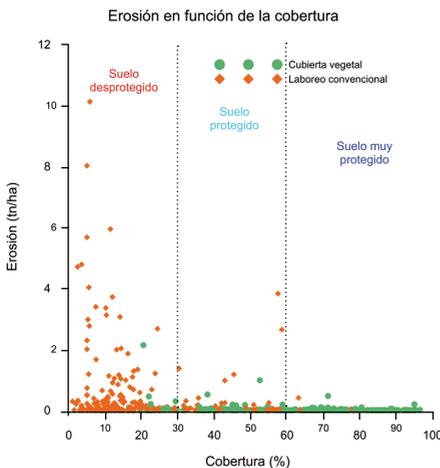
Tabla 6. Coeficientes de correlación r_{ho} de Spearman entre las variables erosión y erosividad y cobertura. Periodo Noviembre de 2005 a Junio de 2008. C: cubierta vegetal y N: laboreo convencional

En la tabla 7, se muestran los porcentajes de cobertura de suelo medios obtenidos durante el periodo de estudio. Se observa como la zona labrada no presenta en ninguno de los tres campos experimentales una cobertura superior al 30%. Sin embargo, la cubierta siempre supera este porcentaje, incluso en el caso de C4 y C5, se alcanza más del 60%. La cobertura media de C3 es inferior a la del resto de parcelas, ya que, durante el primer año el agricultor labró la cubierta vegetal para inyectar vinaza, fertilizante orgánico procedente de la prensa de la uva, de ahí que no alcance valores tan elevados como en C4 y C5, por lo que no se consiguen reducciones tan importantes en la erosión como en los otros dos campos experimentales, y no se encuentran diferencias significativas en ésta, a diferencia de C4 y C5 donde si las hay (ver figura 10).

		Campos experimentales		
		C3	C4	C5
Tratamiento	N	23,06	22,76	22,75
	C	45,84	72,58	69,91

Tabla 7. Porcentaje de cobertura medio durante el periodo de estudio, noviembre de 2005 a junio de 2008. Campos experimentales C3, C4 y C5

Diversos estudios como los realizados por FAO, Fernández-Quintanilla (1998), Márquez et al. (2008a), etc., muestran como a partir de un 30% de cobertura de suelo la erosión disminuye de manera importante, y se considera como el límite de cobertura a partir del cual un sistema de manejo de suelo es considerado como de agricultura de conservación.



En la figura 11 observamos cómo en el caso del laboreo la mayoría de los puntos se encuentran entre el 0 y 30% de cobertura, que corresponden a un suelo totalmente desprotegido, de ahí que en este sistema de manejo se registren pérdidas de suelo mucho más intensas a las medidas en el caso de las cubiertas vegetales. A partir de un 30% de cobertura se produce una reducción importante de la pérdida de suelo, es más, con un 60% de suelo cubierto la erosión se hace prácticamente nula, encontrando los puntos verdes, que son las mediciones realizadas en la cubierta vegetal, preferentemente en este rango de valores, por lo que el suelo se encuentra muy protegido.

Figura 11. Erosión en función de la cobertura para el conjunto de campos experimentales

Las importantes reducciones en la generación de escorrentía que las cubiertas vegetales arrojan, hacen pensar que también disminuya el transporte de sustancias nitrogenadas, dada la gran movilidad que éstas poseen en el agua. Por tanto, como se aprecia en la figura 12, en la que se muestra la pérdida de nitrato, para las campañas junio de 2006 a junio de 2007, junio 2007 a junio de 2008 y los dos años juntos, existe una clara reducción en la pérdida de estos elementos en agua de escorrentía para el sistema de cubiertas vegetales. Al igual que sucedía con las pérdidas de sedimento y de carbono, cuanto mayor es la escorrentía más nutrientes se pierden y mayor es el porcentaje de reducción en el transporte de elementos aportada por las técnicas de agricultura de conservación.

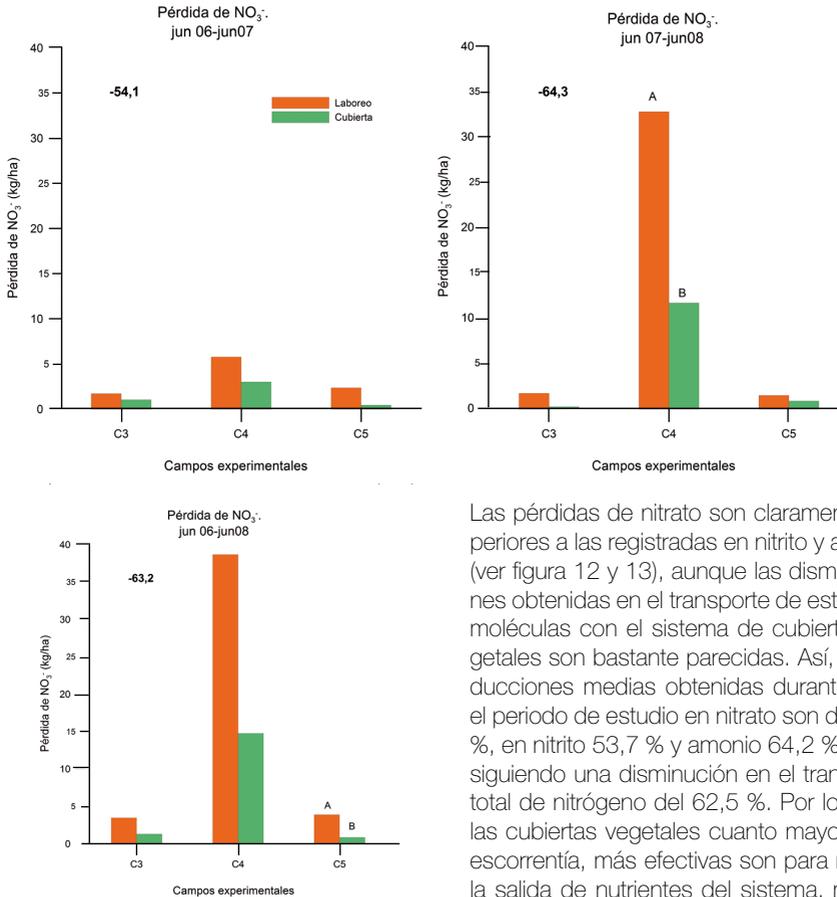


Figura 12. Pérdida de nitrato en agua de escorrentía de los distintos campos experimentales durante las diferentes campañas de muestreo y el acumulado durante el periodo de muestreo

Las pérdidas de nitrato son claramente superiores a las registradas en nitrito y amonio (ver figura 12 y 13), aunque las disminuciones obtenidas en el transporte de estas tres moléculas con el sistema de cubiertas vegetales son bastante parecidas. Así, las reducciones medias obtenidas durante todo el periodo de estudio en nitrato son de 63,2 %, en nitrito 53,7 % y amonio 64,2 %. Consiguiendo una disminución en el transporte total de nitrógeno del 62,5 %. Por lo tanto, las cubiertas vegetales cuanto mayor es la escorrentía, más efectivas son para reducir la salida de nutrientes del sistema, manteniendo más limpias las aguas superficiales y suponiendo un importante ahorro económico al agricultor que consigue mantener la fertilidad de sus suelos.

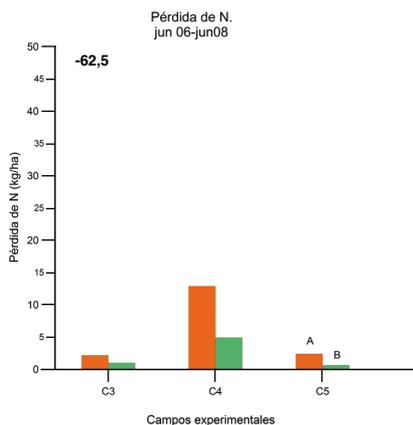
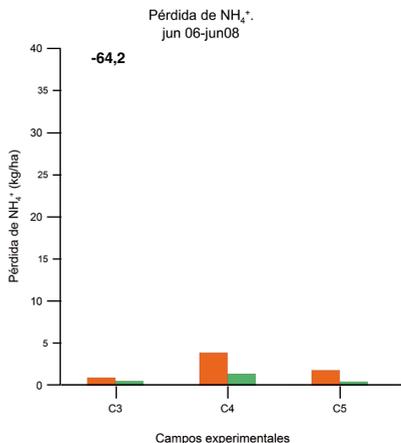
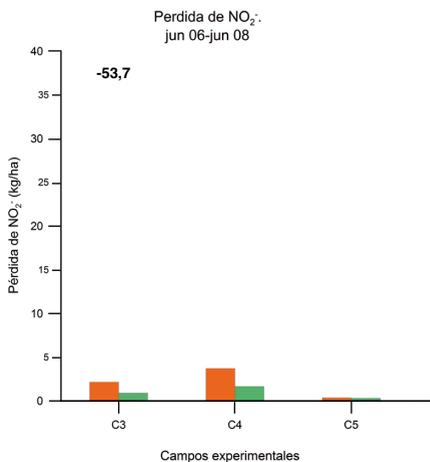
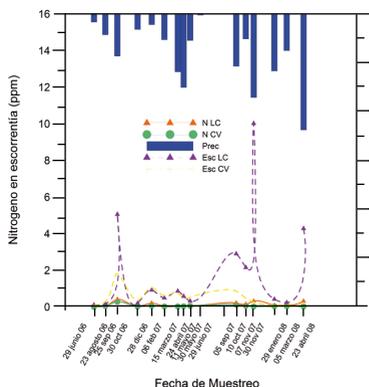


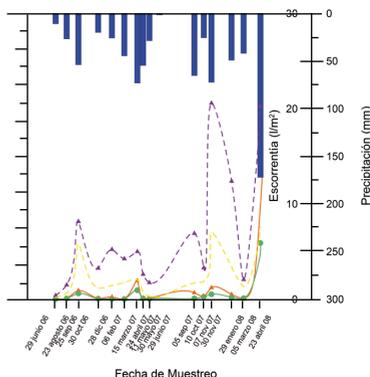
Figura 13. Pérdida de nitrato, amonio y nitrógeno total en agua de escorrentía de los distintos campos experimentales acumulado de todas las campañas

También se ha estimado la pérdida total de nitrógeno inorgánico durante el periodo de estudio, observando como en los campos de C3 y C5 las salidas de este nutriente no son demasiado cuantiosas, rondando entre los 2 y 3 kg para el caso del laboreo y siendo prácticamente nulas en la cubierta vegetal. En el campo C4 sí se registran el segundo año unas importantes salidas de nitrógeno, cercanas a las 12 unidades fertilizantes (UFN desde este momento), que suponen además de una importante pérdida económica, una merma en la fertilidad del suelo, especialmente grave en el caso del olivar ecológico que nos ocupa, por la prohibición de este sistema de utilizar abonos de síntesis para corregir las deficiencias de nutrientes en suelo y el riesgo medioambiental de contaminación de cauces fluviales y aguas embalsadas.

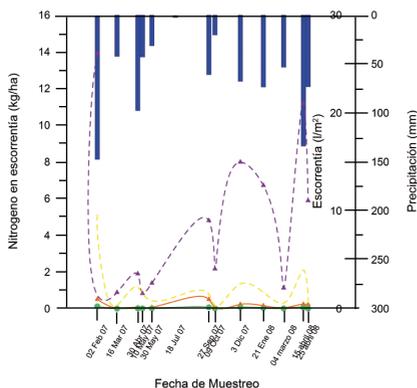
Evolución temporal de la pérdida de nitrógeno en escorrentía.
Parcela C3



Evolución temporal de la pérdida de nitrógeno en escorrentía.
Parcela C4



Evolución temporal de la pérdida de nitrógeno en escorrentía.
Parcela C5



En la figura 14, se aprecia cómo la importante pérdida en el campo experimental C4 se ha producido en un solo evento de lluvia de gran cuantía, alrededor de 170 mm, sucedido el 23 de abril de 2008, al poco tiempo de realizar una enmienda orgánica, lo que muestra la necesidad de aplicar sistemas de agricultura de conservación que disminuyen la escorrentía y el transporte de nutrientes.

Figura 14. Evolución temporal de la pérdida de nitrógeno en agua y de la escorrentía de los distintos campos experimentales de junio de 2006 a junio de 2008

Las cubiertas vegetales al estar compuestas por hierbas vivas durante el periodo de lluvias, recirculan los nutrientes lixiviados desde capas profundas a la superficie, quedando éstos bloqueados en los restos, siendo liberados una vez las hierbas mueren y se degradan.

En la tabla 8 y 9, se muestra la cantidad de nitrógeno contenida en los restos vegetales de las hierbas, expresada en kg/ha, para los campos experimentales de C3 y C4, la primera y para C5 la segunda. Se aprecia, como la cuantía de este elemento almacenado en el rastrojo, durante la primavera, una vez muertas las hierbas es muy importante, oscila entre los 45 y 60 kg para C3 y C5 y alrededor de los 80 y 100 kg para C4, donde el contenido de nitrógeno en el suelo es mayor, permitiendo que las hierbas alcancen una mayor concentración de este elemento en sus partes verdes. Estos restos se degradan durante el verano



aportándose al suelo el nitrógeno en forma orgánica, por lo que para el mes de octubre parte de este elemento habrá pasado a formas inorgánicas más fácilmente asimilables por la planta, y este periodo coincide con la mayor actividad del olivo en el llenado del fruto. Durante el invierno y parte de la primavera, época más lluviosa y de mayor riesgo de lixiviación, y durante la cual el olivo está en reposo, las hierbas van almacenando de nuevo nitrógeno en sus partes verdes, que será liberado de nuevo una vez se sieguen éstas.

Fecha	Campo experimental	
	C3	C4
29/06/06	7,7	106,0
23/08/06	3,3	19,0
12/09/06	3,0	9,6
25/09/06	4,9	23,3
30/10/06	2,8	8,4
29/11/06	3,6	4,1
28/12/06	11,7	16,9
06/02/07	27,9	18,8
15/03/07	34,4	56,6
24/04/07	30,8	58,9
11/05/07	45,9	114,8
30/05/07	28,7	47,4
29/06/07	51,1	78,9
05/09/07	50,1	63,4
10/10/07	38,1	52,3
07/11/07	20,1	16,9
30/11/07	31,1	20,8
29/01/08	15,8	28,0
05/03/08	32,9	59,9
23/04/08	43,9	36,8

Tabla 8. Contenido de nitrógeno en biomasa (kg/ha) en los campos experimentales C3 y C4

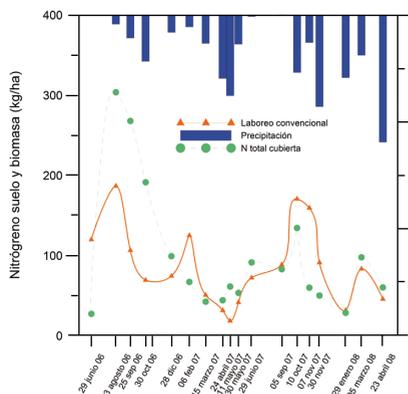
Fecha	Campo experimental
	C5
26/06/06	62,8
25/08/06	76,1
11/09/06	66,1
28/09/06	18,7
02/02/07	25,0
16/03/07	18,1
30/04/07	33,4
10/05/07	62,5
30/05/07	52,4
18/07/07	54,8
27/09/07	44,8
09/10/07	28,7
03/12/07	25,2
21/01/08	39,8
04/03/08	27,1
15/04/08	14,2
25/04/08	12,7

Tabla 9. Contenido de nitrógeno en biomasa (kg/ha) en el campo experimental C5

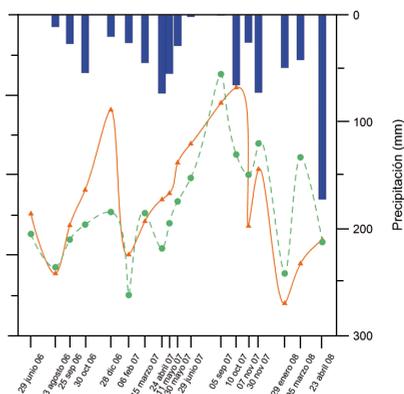
En la figura 15 se muestra el contenido total de nitrógeno en el suelo labrado, así como, la suma del que poseen los restos vegetales de las hierbas y existente en el suelo en las parcelas bajo agricultura de conservación. En ella se aprecia como el nitrógeno contenido en los sistemas de cubierta vegetal es bastante similar a los del laboreo en la mayoría de las salidas, para los campos experimentales de C3 y C4. En la parcela C5 se registran mayores

diferencias entre ambos sistemas de manejo de suelo, existiendo periodos en los que la cubierta vegetal posea menos nitrógeno en el suelo. Lo que hace pensar que deben existir variaciones en el ciclo de este elemento ligado a la aplicación de las técnicas conservacionistas, como una mejor asimilación de este nutriente por los árboles al poder desarrollar un sistema radicular más somero y una variación en la velocidad de nitrificación y en el contenido de las diferentes formas nítricas, con aumentos de los compuestos amoniacales. También en esta finca no se abona la cubierta y se aprovecha para pasto del ganado por lo que los restos vegetales no se depositan en el suelo y las heces generalmente quedan en el aprisco donde descansa el ganado, de ahí esa pérdida de nutrientes que son extraídos fuera del sistema.

Evolución temporal del contenido de nitrógeno. 0-70 cm. Parcela C3



Evolución temporal del contenido de nitrógeno. 0-70 cm. Parcela C4



Evolución temporal del contenido de nitrógeno. 0-70 cm. Parcela C5

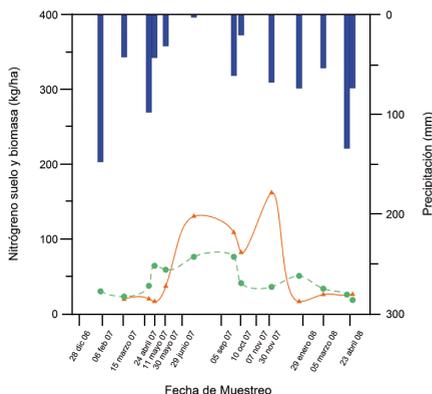


Figura 15. Evolución temporal del contenido de nitrógeno en suelo labrado y la suma del que poseen los restos vegetales de las hierbas y existente en el suelo en las parcelas bajo agricultura de conservación. Profundidades muestreadas, 0-3, 3-13, 13-26, 26-52 y 52-70 cm. Periodo de muestreo junio de 2006 a junio de 2008. Campos experimentales C3, C4 y C5

Conclusiones



Las cubiertas vegetales son el método más eficaz, a la vez que económico de proteger al suelo frente a la generación de escorrentía y erosión. Mantener el suelo cubierto con restos vegetales, e inalterado mediante labores, reduce la pérdida de agua en un 67,7 % y la erosión en un 91,5 %. Esta disminución en el transporte de agua y suelo, también provoca una menor pérdida de carbono asociado al sedimento y de nitrógeno en el agua de escorrentía, hasta el punto de que éstos se reducen en un 82,5 % y 62,5 % respectivamente. Estas mejoras están íntimamente ligadas a la presencia de restos vegetales en superficie, que proporcionan una correcta cobertura, ya que se ha observado como a partir de un 30 % de suelo cubierto, las pérdidas de sedimento se reducen de manera muy importante y cómo con a partir de un 60 % prácticamente desaparecen. Los restos vegetales de las hierbas han proporcionado una cobertura media del 62,8 %, protegiendo al suelo de manera efectiva, a diferencia del laboreo que con sólo un 22,9 % lo mantiene descubierto y desprotegido frente al impacto de las gotas de lluvia.

Además, la presencia de hierbas verdes durante el periodo húmedo recircula los nutrientes lixiviados desde capas profundas, depositándolos en la superficie en forma de restos vegetales, que al degradarse mejoran la estructura del suelo al aumentar su contenido en carbono, permitiendo una mejor asimilación y almacenamiento de los nutrientes aportados mediante el abonado, a la vez que reducen los riesgos de contaminación de acuíferos consecuencia de la lixiviación de sustancias.

Agradecimientos



La Asociación Española Agricultura de Conservación / Suelos Vivos desea agradecer a la Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía la concesión de financiación en base al proyecto N^o: 92162/32 "Efecto comparativo de la cubierta vegetal y el laboreo convencional en la contaminación de aguas por nitratos, pérdida de suelo por erosión y generación de escorrentía en olivar ecológico" para la realización de estudios de campo y actividades de transferencia de tecnología y divulgación. Proyecto de Excelencia de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía, de código RNM03-205. La presente ficha técnica recoge algunos de los resultados obtenidos en parte de los ensayos realizados.





Bibliografía



Christensen B., J.M. Montgomery, R.S. Fawcett and D. Tierney. 1995. Best management practices for water quality. Conservation Technology Information Center, West Lafayette, Indiana, USA, 3 pp.

Fernández-Quintanilla, C., 1998. Historia y evolución de los sistemas de laboreo. El laboreo de conservación. En: García-Torres, L. y González-Fernández, P. (Ed.). Agricultura de conservación. Fundamentos agronómicos, medioambientales y económicos. AEAC/SV. Córdoba. pp. 1-12.

Hartwing, N.L. y Ammon, H., 2002. Cover crops and living mulches. *Weed Science* 50, 688-699

Liebman, M. y Mohler, C.L., 2001. Weeds and the soil environment. En: *Ecological Management of agricultural weeds* p 210-268. Eds M. Liebman, C.L.Mohler and C.P. Staver. University of Cambridge.

Márquez, F.; Giráldez, J.V.; Repullo, M.A.; Ordóñez, R.; Espejo, A.J. y Rodríguez, A. 2008 a. Eficiencia de las cubiertas vegetales en olivar. VII Simposio del Agua en Andalucía. Baeza (España). pp 631-641.

Márquez, F.; Giráldez, J.V.; González, E.J. y Gil, J. 2008 b. Pérdida de suelo por erosión hídrica. Informe general 2003-07 del Convenio para el "Desarrollo de un programa de seguimiento para la evaluación de la aplicación de medidas de fomento de cubiertas vegetales en el olivar de Andalucía" Asociación Española Agricultura de Conservación /Suelos Vivos

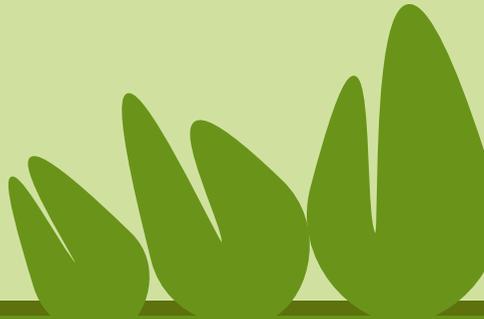
Márquez, F.; Ordóñez, R.; Carbonell, R.; Veróz, O. y Sánchez, F. 2008 c. Contenido de materia orgánica en el perfil del suelo. Informe general 2003-07 del Convenio para el "Desarrollo de un programa de seguimiento para la evaluación de la aplicación de medidas de fomento de cubiertas vegetales en el olivar de Andalucía" Asociación Española Agricultura de Conservación /Suelos Vivos

Martínez-Raya, A.; Francia, J.R. y Martínez-Vilela, A. 2007. Introducción a la agricultura de conservación en olivar. Evaluación del comportamiento de los sistemas de manejo de suelos. Rodríguez-Lizana, A.; Ordóñez, R. y Gil-Ribes, J. (Eds.). *Cubiertas vegetales en olivar*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

Page, A.L. 1982. *Methods of soil analysis*. Part II. Chemical and microbiological properties. 2ª edición. Agronomy. N° 9. ASA, SSSA. Madison.

Pajarón, M., 2002. *Olivar ecológico*. En Labrador, J; Porcuna, J.L. y Bello, A. (Ed). *Manual de agricultura y ganadería ecológica*. Mundi-prensa. Madrid. Capítulo 13.

Soil Survey Staff, 1999. *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. Agric. Handbook, vol. 436. USDA-US, Washington, DC.



¿ Qué es la AEAC/SV ?

Esta asociación se fundó en el año 1995, como una entidad sin ánimo de lucro abierta a cualquier persona física (agricultores, técnicos, etc) o jurídica (empresas, organismos públicos) que esté interesada en promover prácticas agrícolas que conducen a una mejor conservación del suelo y de la biodiversidad, a la vez que ofrecen importantes beneficios sociales y medioambientales.



Domicilio social:
IFAPA "Alameda del Obispo"
Avda. Menéndez Pidal, s/n
Aptdo. 3902 - Córdoba
T. +34 957 422 099 // F. +34 957 422 168
www.aeac-sv.org

Esta publicación ha sido posible gracias a la contribución de:



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA