

# CONTRIBUCIÓN DE LAS CUBIERTAS PERMANENTES DE ESPECIES DE LEGUMINOSAS A LOS SERVICIOS ECOSISTEMICOS EN UN OLIVAR CASTELLANO-MANCHEGO

A.J. HERNÁNDEZ<sup>1</sup> y J. PASTOR<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se exponen resultados de un ensayo realizado durante quince años en un territorio semiárido: la Finca Experimental de "La Higuera" (CSIC) Sta. Olalla (Toledo). Se trata del empleo de cubiertas vegetales en un suelo de olivar de secano, que había permanecido desnudo y degradado durante más de 40 años. El manejo ha propiciado el desarrollo de las leguminosas existentes en el banco de semillas (*Ornithopus compressus* y *Astragalus pelecinus* esencialmente), y el enriquecimiento con ecotipos tempranos de trébol subterráneo. Las estrategias de manejo han minimizado, en parte, la competencia por el agua de las herbáceas con respecto a los olivos. Las ayudas de estas cubiertas a los servicios del ecosistema están vinculadas principalmente a "servicios de base", mediante su contribución a los ciclos de nutrientes, en especial C y N (los resultados revelan que aumentaron sus niveles en suelo); también contribuyen a los "servicios de suministro" (aumento de la biodiversidad vegetal, aunque modulada por la climatología anual); a los "servicios de regulación" (de pérdida por erosión del suelo, manifestada por la buena cobertura vegetal desarrollada); finalmente contribuyen a los "servicios culturales" (estéticos esencialmente, por la ausencia de suelos desnudos en el paisaje de secano

**Palabras clave:** leguminosas pascícolas, conservación de suelos, C, N, ambientes semiáridos.

## INTRODUCCIÓN

La gestión de los cultivos leñosos mediterráneos de secano, está dirigida fundamentalmente a que los suelos contengan el máximo posible de agua a finales de primavera para poder superar el estío, siguiendo el principio de que a más agua disponible para el cultivo en este periodo, mayor es la productividad, pero también la degradación de los suelos por haber permanecido desnudos. Ello nos ha llevado a implementar cubiertas vegetales en un olivar. Ahora bien, pasar de unos tipos de uso del suelo a otros que permitan ir haciendo más sostenible este cultivo, implica poder dedicar bastante tiempo a la investigación de las estrategias necesarias para este fin.

La opción por cubiertas vegetales estables con predominio de leguminosas en un olivar del territorio manchego ha contemplado tanto el estudio del comportamiento de algunas de estas especies con distinta fenología y con autosiembra en el sistema, una vez de sembradas al co-

<sup>1</sup> Dpto. de Ecología, Edificio Ciencias, Campus Universidad de Alcalá, Madrid.

<sup>2</sup> CCMA, MNCN, CSIC, Serrano 115, dpdo. 28006 Madrid.



mienzo del experimento, como el conocer la respuesta del banco de semillas de las parcelas con cubiertas de vegetación arvense ("malas hierbas"). Los buenos resultados obtenidos al respecto (Hernández *et al.*, 2000, 2001; Pastor *et al.*, 2000, 2003), permitieron poder diseñar una estrategia de manejo de estas cubiertas fundamentada en el manejo de los flujos de C y de N, así como de la diversidad vegetal para la conservación de suelo, de la biodiversidad y del agua en un agroecosistema mediterráneo semiárido. La presentación de los últimos resultados es el objetivo que nos proponemos en este trabajo con el fin de poder valorar dichas cubiertas desde el marco de los servicios ecosistémicos (Gómez-Baggeth y de Groot, 2007).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo experimental se lleva a cabo en la Finca de la Higuera, CSIC (Sta. Olalla, Toledo), en un territorio semiárido, de lluvias irregulares y frecuentemente torrenciales, que favorecen fenómenos de escorrentía y pérdida de suelo (Hernández *et al.*, 1997). El diseño ha sido de bloques al azar con tres repeticiones para cada cubierta: (a) cubiertas con tréboles subterráneos: una mezcla de los cultivares Nungarin, Daliak y Esperance de *Trifolium subterraneum* fue sembrada en otoño del 1º año, a razón de 15 Kg./ha; todas las semillas se sembraron previamente inoculadas con *Rhizobium trifolii* y los tréboles se han ido autosembrando en los años sucesivos; (b) cubiertas de veza: esta leguminosa comercial sembrada cada año en otoño y en el momento de la floración se realiza su siega mecánica con desbrozadora, al tiempo que se dejan temporalmente los restos vegetales sobre el suelo antes de ser enterrados a mediados de la primavera; (c) cubiertas de vegetación arvense: procedente del banco de semillas, a la mitad de la primavera de cada año se realiza su siega mecánica con desbrozadora y los restos vegetales se dejan sobre el suelo. Estos manejos han sido comparados con el no-laboreo empleando herbicidas (glifosato, simazina y diurón) y el "laboreo convencional" (manejo habitual en la zona empleado como parcelas-testigo). Los diferentes pasos metodológicos seguidos, así como el estudio de las variables edáficas, se describen en Hernández *et al.* (2005) y Pastor y Hernández (2008). Los análisis químicos de los suelos se realizan según Hernández y Pastor (1989) y los estadísticos mediante análisis de la varianza usando el paquete estadístico SPSS v. 18.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comenzamos por mostrar en la *tabla 1* los datos relativos a la riqueza de las especies de leguminosas que han sido inventariadas en cada una de las primaveras correspondientes al manejo realizado en las parcelas con cubiertas de vegetación arvense, ya que reflejan las leguminosas que crecen espontáneamente en este olivar.

Puede observarse, cómo al llegar al cuarto año (que corresponde al 5º año sin intervención en el suelo de las parcelas con cubiertas), se dispone de una alta riqueza en estas especies. Los datos de cobertura que cada una de ellas alcanza corresponden al valor máximo observado en las tres parcelas con este tratamiento. Este último resultado, unido a la cobertura que presentan tanto en estas parcelas como en las sembradas con trébol (*tabla 2 y 3*), son considerados importantes en relación a un manejo de rotación de las mismas. Es decir, que debemos disponer de un período de tiempo no menor a 5 años sin levantar la cubierta, a fin de asegurarnos buena riqueza de leguminosas en el sistema.

La evaluación del recubrimiento de la vegetación en las parcelas con cubiertas estables se ha realizado en primavera y otoño, por ser dos momentos críticos relacionados con la erosión de los suelos desnudos en clima mediterráneo de tipo semiárido como es el caso, y como lo realizan también para las cubiertas de olivares andaluces (Guzmán y Foraster, 2007; Rodríguez *et al.*, 2007). No obstante, hemos considerado solamente los datos de primavera porque es cuando están presentes las leguminosas, además de ser en estas fechas el momento en que coinciden con los finales de los ciclos fenológicos de la mayoría de las especies arvenses del territorio.



Tabla 1. Riqueza de leguminosas (media del n° total) y porcentajes máximos de sus respectivos recubrimientos en parcelas de vegetación arvense

Leguminosas	Año										
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°
Riqueza (n° total sp.)	7	8	8	9	10	10	12	10	8	10	12
<i>Ornithopus compressus</i>	+	6	16	61	32	55	35	43	12	25	10
<i>Astragalus pelecinus</i>	+	4	14	32	10	37	23	22	9	18	6
<i>Trifolium arvense</i>	+	5	4	5	2	3	2	1	1	4	1
<i>Lupinus angustifolium</i>	+	1	1	3	+	2	2	1	+	1	1
Otras leguminosas *	2	7	16	10	3	9	13	5	2	3	5

*Lathyrus angulatus*, *T. angustifolium*, *T. cernuum*, *T. glomeratum*, *T. hirtum*, *T. subterraneum*, *T. tomentosum*, *Trigonella polyceratia*, *Vicia lutea*, *V. sativa*. + significa presencia solamente.

Tabla 2. Cubierta media de plantas y suelo desnudo (%) en las parcelas de vegetación arvense

Cubiertas	1°	3°	5°	7°	9°	11°
Vegetación arvense	47	57	92	97	93	90
Suelo desnudo	53	43	8	3	7	10

Tabla 3. Cubierta media de plantas (*T. subterraneum* y vegetación arvense) y suelo desnudo (%) en las parcelas del trébol subterráneo

Cubiertas de <i>T. subterraneo</i>	1°	3°	5°	7°	9°	11°
<i>Trifolium subterraneum</i>	16	34	33	69	51	30
Vegetación arvense	34	44	58	61	43	51
Suelo desnudo	50	22	9	3	6	19

Sin duda estos resultados están sujetos a las fluctuaciones en el régimen de precipitación como puede observarse en la figura 1. Una de las principales características en lo que a la climatología de los últimos años ha sido su variabilidad e irregularidad con respecto a los patrones de comportamiento climático de las series históricas de los años anteriores como hemos publicado en Hernández *et al.* (2005). Por ello es ilustrativa esta figura, en la que se puede observar la fluctuación de la precipitación en el año agrícola correspondiente a los años 12 y 13 del ensayo). Y, lógicamente el régimen de precipitación anual conlleva variaciones que se acusan en el perfil edáfico de las parcelas. Así, la humedad que se ha venido monitorizando a diferentes profundidades del perfil (0-10, 10-20 y 20-40 cm) en los distintos tratamientos (Hernández *et al.*, 1995; Pastor *et al.*, 2007), acusa variaciones en este parámetro. No obstante, aunque no es posible en la dimensión de este trabajo detenemos en la exposición y comentario de los resultados de que disponemos al respecto, podemos decir que el manejo realizado de las cubiertas vegetales no impide competencia por el agua cuando los olivos la necesitan.

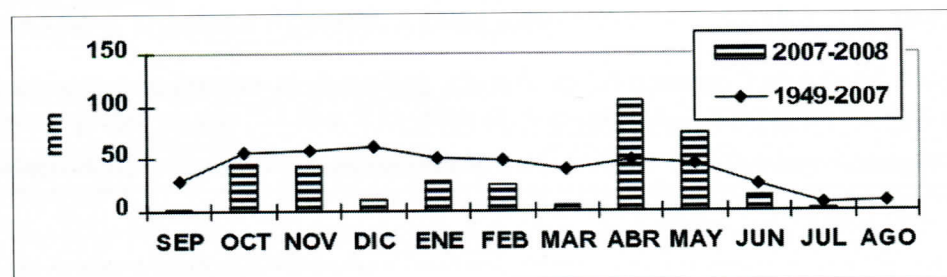


Figura 1. Evolución de la precipitación (mm) según datos de la finca



La implantación de una mezcla de cultivares de trébol subterráneo, cuyos principales resultados fueron expuestos en Pastor y Hernández (2003), nos lleva a considerar este tipo de cubierta como adecuada, si juzgamos también los resultados obtenidos a lo largo de los años (tabla 3). Sin embargo el empleo de veza no nos proporciona los resultados que cabrían esperar al ser esta leguminosa bastante utilizada en cubiertas vegetales para los olivares andaluces (Rodríguez *et al.*, 2007; Guzmán y Foraster, 2007), al menos si tenemos en cuenta los objetivos de nuestro trabajo en relación a la contribución de esta leguminosa a los servicios ecosistémicos de este olivar. Nuestra afirmación se basa en la menor aportación de N total al suelo (tabla 5), si bien la aportación de nitratos es la mejor de las cubiertas (tabla 6). Por otra parte, también es inferior el aporte de C orgánico al suelo (tablas 6 y 7), incluso teniendo en cuenta los manejos habituales de laboreo y no laboreo.

**Tabla 5. Niveles de N total (%) en el suelo. Análisis de la varianza para detectar la existencia de diferencias significativas o no, entre el 1º y el 12º año de experimentación**

Año	Vegetación arvense	Veza	T. subterráneo	Laboreo	No Laboreo
1º	0,019 ± 0,001a	0,016 ± 0,003 a	0,017 ± 0,001a	0,016 ± 0,003 a	0,012 ± 0,002 a
12º	0,054 ± 0,008 b	0,036 ± 0,004 b	0,069 ± 0,021b	0,034 ± 0,002 b	0,041 ± 0,007 b

La existencia de letras diferentes en las columnas indica la existencia de diferencias significativas al 95%

Los resultados conseguidos durante los años del ensayo de campo, nos llevan en primer lugar a contemplar un manejo de rotación de las cubiertas de vegetación arvense y de las sembradas con trébol subterráneo a otras partes del olivar que permanece con suelo todavía desnudo, una vez que se hayan implementado durante un período de 4 o 5 años. Ello permitiría no exportar beneficios al exterior del sistema y seguir manteniendo una considerable riqueza de leguminosas.

Por otra parte, los tipos de manejo de ambas cubiertas, con las labores referidas en el apartado de Material y métodos, no resultan perjudiciales respecto a una competencia excesiva por el agua entre las herbáceas y el cultivo leñoso, desde el punto de vista de la sostenibilidad del sistema y al mantenimiento de la diversidad de flora arvense (Alonso y Guzmán, 2006). Y, por último, exponemos en la tabla 8 aquellos servicios que, a partir de los resultados expuestos, pensamos que aportan estas cubiertas en la perspectiva del olivar como ecosistema.

**Tabla 6. Valores correspondientes a las parcelas en el 12º año de experimentación (medias y desviaciones típicas para porcentajes de C y N y de mg/kg para nitritos y nitratos)**

Manejo	pH	C	N	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>
T. subterráneo	6,4 ± 0,1	1,78 ± 0,23	0,130 ± 0,016	3,9 ± 1,6	25,5 ± 8,4
Veg. arvense	6,5 ± 0,2	1,76±0,23	0,174±0,045	2,9±0,3	33,8± 8,6
Veza	5,6±0,2	0,41±0,04	0,035±0,002	1,5±0,6	46,7±27,9
Labrado	6,7±0,01	0,47±0,07	0,031±0,002	2,3±1,1	22,6±11,7
No Laboreo	5,8±0,2	0,42±0,06	0,041 ± 0,007 b	1,8±0,4	50,4±21,0

**Tabla 7. Niveles de C orgánico (%) en el suelo. Análisis de la varianza para detectar la existencia de diferencias significativas o no, entre el 1º y el 12º año de experimentación**

Año	Vegetación arvense	Veza	Trébol subterráneo	Laboreo	No Laboreo
1º	0,21 ± 0,06 a	0,20 ± 0,05 a	0,22 ± 0,09 a	0,23 ± 0,03 a	0,28 ± 0,04 a
12º	0,53 ± 0,15 b	0,36 ± 0,04 b	0,67 ± 0,20 b	0,38 ± 0,03 b	0,44 ± 0,06 b



**Tabla 8. Servicios aportados por las cubiertas vegetales de leguminosas a un olivar manchego de secano**

	Servicios	Funciones	Manejos
- Relacionados con la conservación del agua en el suelos	- Regulación hídrica	- Regulación de flujos en épocas primaverales y otoñales	- No laboreo
- Relacionados con la conservación del suelo	- Control de la erosión	- Retención de elementos finos	- Utilización de siega mecánica a ras de superficie sin quebrantar la estructura edáfica
- Mejora de la estructura de la capa superficial edáfica	- Mejora de agregados	- Evitar la eutrofización de cauces superficiales - Aporte de nutrientes al suelo - Aporte de M.O.	
- Relacionados con la conservación de la biodiversidad	- Recursos vegetales - Aumento de microorganismos simbióticos en raíces - Refugio de especies animales	- Proporcionar ecotipos de especies de pasto adaptados a condiciones semiáridas - Posibilitar la fijación de N atmosférico - Mejora de los flujos del N y del C - Hábitat para poblaciones residentes y migratorias de microfauna edáfica	- Corte de la cubierta cuando haya iniciado la fase de semilla las leguminosas
- Relacionados con la sociedad	- No utilización de herbicidas - No gastos económicos en herbicidas y fertilizantes	- Mejor estética paisajística - Sostenibilidad económica	

## CONCLUSIONES

Las leguminosas de las cubiertas ensayadas en un olivar de territorio semiárido de la provincia de Toledo están adaptadas al tipo de suelo y clima, pero deben de ser manejadas con criterios ecológicos: conocimiento de la autoecología de las especies y rotaciones de las cubiertas después de estabilizarse la sucesión ecológica. Sin regar, podemos controlar con las estrategias de manejo de las cubiertas, las inclemencias climáticas, en la medida de lo posible. En una agricultura de secano se minimiza así la erosión del suelo desde los primeros momentos de estas cubiertas, debido esencialmente al recubrimiento alcanzado de las leguminosas de porte rastrero, así como de los restos de las mismas que permanecen en el suelo durante la época de estiaje. Finalmente diremos que las cubiertas de leguminosas contribuyen de manera eficaz a mantener algunos de los servicios importantes del olivar como ecosistema.

## Agradecimientos

Al Proyecto POII09-0179-2859 de la JCClM.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, A.M. y GUZMÁN, G. 2006. Evaluación comparada de la sostenibilidad agraria en el olivar ecológico y convencional. *Agroecología*, **1**, 63-73.
- GÓMEZ-BAGGTHUM, E. y de GROOT, R. 2007. Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas*, **16(3)**. Septiembre <http://www.revistaecosistemas.net>
- GUZMÁN, G.; FORASTER, L. 2007. *Manejo de la cubierta vegetal en el olivar ecológico en*



- Andalucía: siembra de leguminosas entre calles*. Informe Anual. Junta de Andalucía.
- HERNÁNDEZ, A. J.; PASTOR, J. 1989. Técnicas analíticas para el estudio de las interacciones suelo-planta. *Henares, Rev. de Geol.*, **3**, 67-102.
- HERNÁNDEZ, A. J.; ESTALRICH, E.; MÍNGUEZ, A.; PASTOR, J., 1997. Incidencia de las cubiertas herbáceas en la conservación de suelos y en la humedad edáfica de agrosistemas semiáridos. *Edafología*, **2**, 153-159.
- HERNÁNDEZ, A. J.; LACASTA, C.; PASTOR, J., 2000. Hacia la sostenibilidad del olivar sobre sustratos arcósicos por medio del manejo de cubiertas de leguminosas. En: *Actas Ecoliva 2000*, Jaén, 7 pp. (CD).
- HERNÁNDEZ, A. J., PRIETO N., PASTOR J. 2001. Management of an olive crop in a semiarid environment using sown or resident leguminous covers. In: *Conservation Agriculture, a Worldwide challenge*. L. Garcia-Torres, J. Benitez and A. Martinez-Vilela (eds.). ECAF and FAO, European Conservation Agriculture Federation, Madrid, Spain, 419-423.
- HERNÁNDEZ, A. J.; LACASTA, C.; PASTOR, J. 2005. Effects of different management practices on soil conservation and soil water in a rainfed olive orchard. *Agriculture Water Management*, **77**, 232-248.
- PASTOR, J.; LACASTA, C.; HERNÁNDEZ, A. J., 2000. Evaluación de las cubiertas vegetales en el olivar de una zona semiárida del centro de España. *Edafología*, **7 (2)**, 165-175.
- PASTOR J.; HERNÁNDEZ A J., 2003. Empleo de cubiertas de trébol subterráneo en olivar y viñedo frente al laboreo y no laboreo en estos agrosistemas. En: *Pastos, desarrollo y conservación*. Robles-Cruz. A.B. et al. (Eds.). C. Agricultura y Pesca, J<sup>a</sup> de Andalucía, Granada, 721-727.
- PASTOR, J. BENÍTEZ, M; HERNÁNDEZ, A. J., 2007. Cubiertas vegetales en olivar y viñedo: balance de 10 años en relación al agua del suelo y su monitorización. En: *Tecnologías emergentes. Agroingeniería 2007*, Albacete. CD) pp.1-16.
- PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A. J. 2008. Ingeniería ecológica para un olivar de secano: manejo de la biodiversidad vegetal e interés de cultivares de trébol subterráneo en el marco del cambio climático. CD Actas del VIII Congreso SEAE sobre "Cambio climático, biodiversidad y desarrollo rural sostenible". J. M<sup>a</sup> Egea Fernández (Coord.). SEAE.
- RODRIGUEZ, A.; ORDOÑEZ, R.; GIL, J. (Coords). 2007. *Cubiertas vegetales en el olivar*. Ed. Junta de Andalucía.

## CONTRIBUTION OF PERMANENT COVERS OF LEGUME SPECIES TO ECOSYSTEM SERVICES IN AN OLIVE GROVE FROM CASTILLA-LA MANCHA

### SUMMARY

This work presents the results of a test conducted for fifteen years in a semiarid area: "La Higuera" farm (CSIC) in Santa Olalla (Toledo). It is the use of cover in a rainfed olive grove soil, which had been bare, degraded and very depleted in organic matter and N, for over 40 years. The management has been promoting the development of legumes from the seed bank (*Ornithopus compressus* and *Astragalus pelecinus*) and the enrichment of subterranean clover ecotypes. Management strategies have minimized competition for water with crops. The contributions of these covers to ecosystem services are linked to: i) "basic services", as they contribute to nutrient cycling, specially C and N (results showed an increase of their levels in soils); ii) "supply services" (increase of plant biodiversity, although modulated by the annual weather); iii) "regulation services" (of loss by soil erosion, manifested by the good developed cover); iv) eventually, covers contribute to "cultural services" (essentially aesthetic, the absence of bare soil in the dry landscape).

**Key words:** wild legume ecotypes, soil conservation, C, N, semiarid environments.

**Pastos, paisajes culturales  
entre tradición y nuevos paradigmas  
del siglo XXI**

Celia López-Carrasco Fernández  
María del Pilar Rodríguez Rojo  
Alfonso San Miguel Ayanz  
Federico Fernández González  
Sonia Roig Gómez



© Los autores  
© De la presente edición  
1.ª edición 2011

*Edita:* Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

*Edición coordinada por:* López Carrasco, C.;  
Rodríguez Rojo, M<sup>a</sup> P.;  
San Miguel Ayanz, A.;  
Fernández González, F.;  
Roig Gómez, S.

*Maquetación:* José-Luis B. Quiñones

*Imágenes portada:* Los autores

*Impresión:* Reprográficas Malpe, S.A.

Depósito Legal: M-19806-2011

ISBN: 978-84-614-8713-4