

La erosión del suelo en la olivicultura andaluza

Resumen

Este artículo estudia el problema agroambiental relativo a la erosión del suelo. En primer lugar se revisa la normativa europea en materia de control de la erosión; después se comentan los principales trabajos relacionados con la adopción de prácticas de conservación del suelo. A continuación se realiza un estudio empírico de la rentabilidad económica de una muestra de explotaciones olivareras de la provincia de Granada, así como un análisis del proceso de difusión de las principales prácticas de conservación adoptadas en la zona de estudio. Se concluye que las explotaciones más rentables son las que adoptan alguna técnica de no laboreo frente a las que aplican el laboreo tradicional, además se observa que el proceso de difusión es mayor y más rápido entre los adoptantes de la técnica de no laboreo con aplicación no localizada de herbicidas.

J. Agustín
Franco Martínez

Profesor Ayudante
Departamento de Estructura
Económica.
Área de Economía Aplicada.
Universidad de Zaragoza

1. Introducción

La erosión del suelo no sólo se origina por factores naturales, también se debe a la acción del ser humano. La *erosión natural* es debida a la acción de agentes y procesos naturales que actúan a lo largo de millones de años, mientras que la *erosión acelerada* es el resultado de la acción humana y sus efectos son perceptibles en un periodo de tiempo mucho menor. De forma que, un recurso que bajo condiciones ecológicas normales es renovable, se convierte en no renovable –y por ello en un problema ecológico– bajo la actividad económica del *homo sapiens*.

Por ejemplo, el riesgo de erosión por acción del agua es máximo en periodos de lluvias intensas en que el suelo se encuentra saturado y con escasa cubierta vegetal, por lo que aumenta el movimiento del agua por la superficie terrestre. El efecto de la escorrentía por causa de la lluvia elimina cantidades importantes de suelo y origina regueros de erosión que actúan como ruta principal del agua, lo que aumenta el problema. Además, la incidencia de la erosión por el viento, propia de climas áridos y semiáridos, es casi siempre debida a la disminución de la cubierta vegetal del suelo, bien por sobrepastoreo, o a causa de la eliminación de la vegetación para usos domésticos o agrícolas. En el caso de la cuenca mediterránea peninsular existe evidencia geoarqueológica sobre el origen prehistórico de los procesos erosivos como consecuencia de la deforestación debida al desarrollo agrícola y ganadero de la

zona entre el III y II milenio A.C. (GILMAN y THORNES, 1985; ARTEAGA *et al.*, 1987; SCHUBART, 1990; MATEU, 1992). La erosión es por lo tanto un problema económico y medioambiental global cuyo origen es principalmente agrario (PIMENTEL *et al.*, 1995), asociado generalmente a un esquema de desarrollo económico de carácter productivista sin tener en cuenta suficientemente las consideraciones medioambientales.

De especial importancia para el control de la erosión agraria es el sistema de laboreo o labranza utilizado. El laboreo cumple tres funciones principales. En primer lugar, prepara el suelo para la adecuada emergencia y vigoroso desarrollo del cultivo. En segundo lugar, controla las malas hierbas que compiten con el cultivo por el agua, la luz y los nutrientes. Finalmente, mejora la estructura del suelo, lo que favorece la infiltración del agua, reduciendo la escorrentía y por tanto la erosión. No existe ningún tipo de laboreo o labranza que evite totalmente la erosión. Sin embargo, hay consenso entre los agrónomos sobre el hecho de que los distintos sistemas de laboreo de conservación (que evitan el volteo del suelo o mantienen una cobertura de rastrojos o residuos vegetales en el terreno) o de no laboreo (con siembra directa y uso de herbicidas) reducen de manera significativa la erosión con respecto a los sistemas tradicionales de laboreo (BARRABCI *et al.*, 2004). Sin embargo, estas prácticas alcanzan una mayor efectividad cuando se combinan con otras como el laboreo siguiendo las curvas de nivel o la construcción de bancales, preferentemente en zonas de montaña (FRANCO y CALATRAVA-LEYVA, 2006).

2. Legislación agroambiental de lucha contra la erosión

La Política Agraria Común (PAC) desde su creación ha sufrido tres grandes modificaciones: la Reforma de 1992, la Agenda 2000 y la Revisión Intermedia de 2003. En cada una de ellas se han ido introduciendo objetivos nuevos y diferentes medidas que permitieran encarar los retos que iban apareciendo y solventar las contradicciones existentes, produciéndose una lenta transformación en la filosofía de la PAC originaria, que ha propiciado el nacimiento de dos nuevas políticas: la Política de Desarrollo Rural y la Política Agroambiental. Las primeras directivas con carácter agroambiental fueron adoptadas en 1972, aunque entonces sólo incorporaron tímidamente algunos objetivos específicos.

Más recientemente cabe destacar la Comunicación 179 de 2002 titulada *Hacia una estrategia temática para la protección del suelo* (COMISIÓN EUROPEA, 2002), la cual aborda por primera vez de forma específica el asunto de la protección del suelo, constituyendo el antecedente de la futura *Directiva Marco de Suelos*, en respuesta a la creciente preocupación sobre los procesos de degradación del suelo en la Unión Europea, particularmente en la cuenca mediterránea. Se establecen en esta comunicación las bases de una futura política de suelos. Con esta estrategia se pretende que el suelo disponga de instrumentos equivalentes a los ya existentes para la protección de la calidad del agua y del aire, por lo que este documento presenta un enfoque amplio y descriptivo, en el que se enuncian como objetivos principales la descripción de las múltiples funciones de los suelos, especificando las características del suelo que deben tenerse en cuenta para la elaboración de políticas de protección de suelos, así como las principales amenazas para el suelo en la Unión Europea, evaluando la situación actual en materia de información y vigilancia de suelos y determinando las carencias que han de ser satisfechas como base de la política de protección de suelos.

Posteriormente, cabe destacar el Reglamento 1782/2003 sobre condicionalidad de las ayudas directas (CONSEJO DE LA UE, 2003). Esta normativa se hace eco de la regulación de los mercados internacionales determinada por la Organización Mundial de Comercio tras la Ronda de Uruguay (1994), la cual establece la disminución de las ayudas directas a la producción como mecanismo de liberalización de los mercados agrarios (TORRE, 2001).

Las administraciones públicas poseen dos formas de contribuir a la protección del medioambiente en el sector agrario, una es a través de restricciones o regulaciones proteccionistas como la condicionalidad de las ayudas; y la otra, a través de incentivos, subvencionando la adopción de ciertas prácticas productivas respetuosas con el medioambiente, como pueden ser las medidas de acompañamiento (ayudas para las zonas más desfavorecidas, medidas agroambientales, medidas para la mejora de las estructuras agrarias productivas, entre otras), las cuales vienen recogidas en la Política de Desarrollo Rural (ROJO, 2004). No obstante, en el caso europeo, y para las medidas basadas en restricciones o en incentivos, el problema principal radica en la escasez de fondos para financiarlas, lo cual limita significativamente su eficiencia global, así como la consecución del óptimo agroambiental.

El mecanismo de la condicionalidad surge inicialmente en los años 80 en Estados Unidos, y no es hasta 1991 cuando la Unión Europea recoge este instrumento en un documento de reflexión que constituía el borrador de la posterior reforma de la PAC (Agenda 2000). Aunque no hay consenso en cuanto a su definición, la condicionalidad representa un instrumento de intervención sobre sistemas agrarios generadores de externalidades, en sintonía con el principio clásico de gestión medioambiental *quien contamina paga*, el cual depende significativamente de la distribución existente de los derechos de propiedad, ya que sólo se aplica a aquellas externalidades (negativas) que lesionan los derechos de otros agentes económicos (ATANCE, 2001). Es de importancia destacar el hecho que desde la Agenda 2000 a la actual legislación el grado de sintonía entre el mecanismo de condicionalidad y el principio *quien contamina paga* ha aumentado, avanzando paulatinamente desde un enfoque permisivo (*green ticket*) a uno más restrictivo (*red ticket*), en el que la supeditación de los pagos directos va más allá de las cuestiones ambientales, incluyendo temas como el bienestar y sanidad animal y vegetal, seguridad alimentaria, etc.

Los pilares de la reforma de la PAC de junio de 2003 se basan en el desacoplamiento de las ayudas directas a los productores y en la introducción del régimen de pago único por explotación, reforzando de esta manera el concepto de condicionalidad gestado en la Agenda 2000. Consecuentemente, la mayoría de las OCM adoptaron el nuevo sistema durante los años 2005 y 2006, excepto los nuevos Estados miembros, reduciéndose progresivamente las ayudas directas aún existentes hasta 2012, condicionándose su pago al cumplimiento de ciertas medidas agroambientales. Por otra parte, tanto las ayudas acopladas como desacopladas estarán sometidas a un mecanismo de modulación que consiste en la aplicación de un porcentaje de retención sobre tales ayudas (3% en 2005, 4% en 2006, y un 5% anual entre 2007 y 2012). Los importes retenidos se destinarán a financiar medidas agroambientales, medidas de diversificación de la economía rural, etc. El pago único es una ayuda a la renta de los agricultores en forma de un pago anual que se calcula en función de los derechos adquiridos durante el periodo de referencia histórica 2000-2002, con el objeto de garantizar una mayor estabilidad de ingresos a los agricultores, los cuales pueden decidir la cantidad que desean producir sin perder las ayudas, ajustando de este modo la oferta a la demanda del mercado. Para el caso del olivar se contempla un periodo de referencia histórica ligeramente más amplio que el general, que abarca el cuatrienio 1999/2000-2002/2003.

El Reglamento 1782/2003 de 29 de septiembre, sobre el desacoplamiento de los pagos directos y la eco-condicionalidad de dichas ayudas, establece a nivel comunitario condiciones comunes para los pagos directos de las distintas medidas de apoyo a la renta previstas en la PAC, el cual será completado posteriormente por el Reglamento 796/2004 de 21 de abril, el cual establece las disposiciones para la aplicación de la condicionalidad, la modulación y el sistema integrado de gestión y control. El Reglamento 1782/2003, por tanto, subordina las ayudas directas al respeto de una serie de prácticas agroambientales relacionadas con el mantenimiento de las tierras en buenas condiciones agrarias y el respeto de las normas en materia de salud pública, sanidad animal y vegetal, medioambiente y bienestar animal (condicionalidad), realizándose dicho pago único con referencia a la explotación. El incumplimiento de las medidas de condicionalidad dará lugar a la reducción de los pagos directos en un 5% en caso de negligencia leve, en un 15% si se trata de una negligencia reiterada, y en más de un 20% en caso de negligencia deliberada, con posibilidad de exclusión total del régimen de ayudas durante uno o varios años.

Por otra parte, esta normativa incide nuevamente, como en anteriores reglamentos, sobre la concienciación de los agricultores para que adopten prácticas agroambientales, estableciendo un sistema completo para ofrecer asesoramiento a las explotaciones agrarias comerciales (dando prioridad a los agricultores que perciban más de quince mil euros al año en concepto de pagos directos), el cual será voluntario del 2007 al 2010, según los artículos 13 y 16, y que previsiblemente será obligatorio a partir del 2010 en concordancia con una evolución normativa cada vez más restrictiva y sancionadora del mantenimiento de malas prácticas agrícolas.

3. Revisión de la literatura sobre economía de la erosión

Diversas investigaciones económicas muestran cómo los procesos erosivos han ido alcanzando la categoría económica de externalidades significativas en el proceso productivo (CRAMB, 2001), ya que históricamente los sistemas agrarios han evolucionado de forma paralela a dos factores básicos con incidencia directa sobre el mercado: por un lado, aumento de la presión demográfica, que implica mayores demandas de productos agrarios; y por otro, intensificación del uso de la tierra para aumentar la oferta agrícola. De tal forma que se ha ido pasando de sistemas agrarios forestales a sistemas de monocultivo anuales, con el consi-

guiente incremento en cada etapa de requerimientos en labores por hectárea y por trabajador. Logrando así generar e impulsar el avance de procesos erosivos de origen humano. Desde el punto de vista económico la erosión de suelos tiene dos grandes efectos. En primer lugar, la erosión genera una reducción en la fertilidad de los suelos, lo que causa pérdidas en la productividad agrícola de las explotaciones (efectos *on-site*). En segundo lugar, hay un importante efecto de polución de masas de agua por sedimentos (efectos *off-site*).

La literatura económica sobre la erosión explica la existencia y persistencia de los procesos erosivos como consecuencia de diversos factores relacionados con las características propias de la explotación agraria y con el perfil socioeconómico del agricultor, destacando aquellos trabajos que analizan los factores que determinan la adopción de prácticas de conservación del suelo. Estos trabajos pueden clasificarse según la metodología de análisis (ver Tabla 9 de revisión de la literatura en el Anexo):

- Modelos de elección discreta: Rahm y Huffman (1984), Sainz y Barreto (1996), Pattanayak y Mercer (1998), Lapar y Pandey (1999), Valentin *et al.* (2004), Franco (2009).
- Otros modelos de regresión: Lee (1980), Walker (1982), Ervin y Ervin (1982), Van Kooten *et al.* (1989), Gretton y Salma (1997).
- Precios hedónicos: Miranowski y Hammes (1984), Ervin y Mill (1985), King y Sinden (1988).
- Programación matemática: Seitz *et al.* (1979), Kramer *et al.* (1983), Cárcamo *et al.* (1994), Dissart *et al.* (2000).

La percepción de los agricultores sobre el problema de la erosión (sus costes y beneficios) es clave para la adopción de prácticas de conservación de suelos. La evidencia empírica al respecto muestra que los agricultores son conscientes del problema, pero que en muchos casos no están preocupados por él. La principal razón es que existe la posibilidad de sustituir el suelo por otros factores de producción (WADE y HEADY, 1978). Esto hace que no se incorporen los beneficios a largo plazo en la función de utilidad de los agricultores, lo que lleva generalmente a una intensificación de los sistemas de producción (LEE, 1980).

La dimensión temporal de los efectos endógenos de la erosión es también, desde un punto de vista económico, vital para la comprensión de la toma de decisiones de los agricultores con respecto a la adopción de tecnologías de conservación del suelo. Se observa que existe un desfase temporal a dos niveles:

- a) Antes de la adopción: los efectos de la erosión son a largo plazo, igual que los beneficios derivados de la adopción de PCS, mientras que los costes de inversión en PCS son a corto plazo.
- b) Después de la adopción: los costes de inversión en PCS (sin subvención) superan en el corto plazo a los beneficios que suelen distribuirse más dilatadamente en el tiempo, siendo, por lo general, «beneficios ocultos o no percibidos» para el agricultor (VALENTIN *et al.*, 2004).

Este desfase temporal adquiere matices distintos según las características del agricultor y de su explotación.

Por tanto, dada la particular naturaleza económica del proceso de adopción de prácticas conservacionistas, suelen plantearse desde la teoría económica de la erosión diversos modelos de intervención pública que minimicen, por un lado, los costes privados de los agricultores adoptantes; y por otro, el coste social neto en términos de menores pérdidas de suelo y menores costes económicos del programa de control de la erosión. Trabajos en esta línea son los de Seitz *et al.* (1979), Feder (1982), Ervin *et al.* (1984), Deybe (2004), Giannakas y Kaplan (2005). Específicamente, las subvenciones públicas presentan un doble efecto, directo e indirecto, sobre la decisión de incumplimiento de los requisitos agroambientales exigidos, por un lado, el efecto directo implica que un incremento de las subvenciones incentiva el incumplimiento puesto que aumentan los beneficios esperados; y por otro, dicho aumento de las ayudas públicas desincentiva el incumplimiento porque aumenta su coste de oportunidad, es decir, la oportunidad de obtener beneficios derivados de la adopción inmediata de prácticas conservacionistas. Donde el efecto con mayor peso específico vendrá determinado por la probabilidad de sufrir una inspección, a mayor probabilidad de ser auditado y multado, mayor será el coste neto esperado del comportamiento incumplidor. El número óptimo de las frecuencias de los controles e inspecciones dependerá del presupuesto disponible para el programa público de lucha contra la erosión y de los costes de monitorización de los agricultores, es decir, mayores costes de supervisión y/o menores disponibilidades de presupuesto implicarán una menor probabilidad de realizar inspecciones, lo cual redundará en un menor nivel de adopción de PCS (GIANNAKAS y KAPLAN, 2005).

4. Análisis empírico: el caso del olivar andaluz

4.1. Metodología

La información muestral necesaria para la elaboración del análisis empírico procede de las encuestas realizadas en el marco del proyecto nacional sobre los efectos de la erosión en el sudeste español (proyecto INIA RTA01-128). La zona de estudio es la cuenca del río Genil a su paso por la provincia de Granada (Comarcas de la Vega, Iznalloz, Montefrío y Alhama). El tamaño muestral es de 215 explotaciones, obteniéndose un error muestral en proporciones extremas inferior al 3% y en proporciones intermedias no superior al 7%. El método de muestreo fue aleatorio estratificado según el grado de erosión de la zona y la superficie de olivar.

El análisis preliminar de los resultados económicos de las explotaciones se hizo agrupando según la edad de las plantaciones y el tipo de cultivo: secano o regadío. Los costes de cultivo se calcularon por hectárea y por árbol, y comprendían las siguientes actividades: operaciones de laboreo, abonado, poda, riego, aplicación de herbicidas y fitosanitarios, recolección, mantenimiento de bancales y otros gastos en la campaña 2004/2005 declarados por el agricultor. Los ingresos de las explotaciones de olivar encuestadas se refieren a los ingresos obtenidos en la campaña 2004/2005 por la venta de la producción de aceituna, que en su totalidad es de almazara, incluyendo la subvención a la producción. Se analizó la correlación entre costes y otras variables, y resultaron significativas las correlaciones con la edad de la plantación y con el tipo de laboreo, por lo que éste fue el criterio para realizar los cálculos de costes e ingresos según el régimen de producción.

Posteriormente se estiman varios modelos de difusión de las dos prácticas de conservación más adoptadas en la zona de estudio, no laboreo con aplicación localizada de herbicidas y no laboreo con aplicación no localizada.

4.2. Resultados

4.2.1. Rentabilidad de las explotaciones y su relación con las técnicas de cultivo

Las principales características económicas de las explotaciones de la muestra se resumen a continuación. En las Tablas 1 a 8 se sintetizan las principales medidas estadísticas de varios indicadores de productividad: costes e ingresos por hectárea y árbol, margen bruto por hectárea, margen por unidad de coste y proporción de costes sobre ingresos totales.

Del análisis preliminar se obtienen los siguientes resultados: Los costes medios de cultivo por hectárea (sin diferenciar todavía entre secano y regadío) ascienden a 830,40 euros, mientras que los ingresos medios por hectárea son de 2.217,21 euros, arrojando un saldo positivo de 1.386,81 euros. Análogamente, el valor del margen bruto por olivo es de 13,05 euros. Desagregando los resultados por tipo de cultivo se obtiene un margen bruto medio por hectárea en secano de 1.242,15 euros frente a 2.278,89 euros en regadío, si bien los costes medios por hectárea en regadío casi duplican los de secano. Los valores análogos de margen bruto medio por árbol en secano son de 12,17 euros frente a los 18,47 euros en regadío.

Atendiendo a las diferentes edades de las plantaciones en secano, las menos productivas son, lógicamente, las que tienen menos de 20 años, que arrojan un promedio de margen bruto por hectárea de 882,38 euros, frente a las plantaciones más productivas (entre 41 y 59 años) en las que el margen bruto es de 1.379,33 €/ha. En cambio, en las plantaciones de regadío las más productivas son las que tienen entre 30 y 40 años, alcanzando un margen bruto medio por hectárea de 2.424,97 € (20,49 €/olivo), siendo las explotaciones con menor margen bruto las de más de 50 años con 2.256,05 €/ha.

Diferenciando costes e ingresos medios según técnicas de laboreo (laboreo según curvas de nivel y/o sin utilizar vertederas, y no laboreo con aplicación de herbicidas), se han obtenido los siguientes resultados en secano y regadío. Con respecto a la aplicación exclusiva de prácticas de laboreo se han clasificado 20 explotaciones de secano y 2 de regadío, cuyo margen bruto medio por hectárea alcanza un valor de 1.243,58 € (equivalente a 12,30 €/olivo) casi idéntico al valor medio obtenido para el conjunto de las explotaciones de la muestra, existiendo una gran heterogeneidad en este grupo debido a que hay explotaciones, de regadío, que superan los 2.910 €/ha (32 €/árbol).

El no laboreo con herbicidas (localizado o no localizado) ha sido empleado, sin combinarse con técnicas de laboreo, en 165 explotaciones de secano y 28 de regadío, destacándose como más relevantes lo siguiente. En términos globales los márgenes por hectárea y árbol son ligeramente superiores en aquellas explotaciones que realizan algún tipo de técnica de no laboreo que en las que aplican técnicas de laboreo, lo que se debe a la existencia de mayores ingresos (los coeficientes de correlación de Pearson del margen por hectárea con el ingreso por hectárea y por árbol son respectivamente $\rho=+0,938$ y $\rho=+0,771$). En secano el margen bruto medio por hectárea para las explotaciones que hacen no laboreo es de 1.249,78 €/ha (12,19 €/olivo), mientras que en regadío es de 2.306,88 €/ha (18,73 €/olivo). De los datos comentados hasta el momento no puede deducirse que las explotaciones que emplean esta práctica sean más rentables que las que realizan laboreo.

La información anterior se complementa con los cálculos de varios indicadores de rentabilidad de las explotaciones objeto de este estudio (Tablas 1 a 8). En particular, la Tabla 2 expone el resumen sintético de los ingresos y costes por hectárea y árbol para las explotaciones de la muestra, según el régimen productivo y el tipo de práctica adoptada. Las Tablas 3 a 8 recogen un análisis más desagregado. Uno de los resultados más destacables es que, en promedio, las explotaciones que realizan prácticas de no laboreo con herbicidas (localizado o no localizado) presentan mayores márgenes por unidad de coste, tanto en secano como en regadío (aunque estas diferencias no son significativas). También son diferentes los márgenes de las explotaciones según adopten el no laboreo localizado, 1.018 €/ha, o el no laboreo no localizado, 669 €/ha (Tabla 2). Además, no se observaron efectos de escala significativos (lo que se explica, en parte, debido a que la mayoría de las explotaciones, aproximadamente un 70%, son minifundios inferiores a 5 hectáreas). Otros trabajos realizados en la zona, en fincas olivareras de Granada y Jaén, muestran cómo efectivamente existe una especialización de las explotaciones hacia la adopción de técnicas de no laboreo, particularmente en secano (FRANCO, 2008). Estos resultados también confirman en cierta medida los obtenidos por Serrano *et al.* (2008) para explotaciones cerealistas en función de que realicen o no técnicas de no laboreo, aunque en este caso, las diferencias en rendimientos no son significativas, y sí que lo son para costes y márgenes conforme aumenta el tamaño de la explotación (teniendo en cuenta que parten de superficies superiores a 100 hectáreas).

Tabla 1. Descriptiva básica de los indicadores de rentabilidad

Indicadores (N=215)	Media	Mediana	Desviación típica	Coefficiente de variación
CC HA Coste de cultivo por hectárea (en euros)	830,40	765,96	350,19	0,42
CC ARB Coste de cultivo por árbol (en euros)	7,97	7,53	2,86	0,36
IT HA Ingreso por hectárea (en euros)	2.217,21	2.031,593	926,15	0,42
IT ARB Ingreso por árbol (en euros)	21,03	19,96	6,48	0,31
MARG HA = (IT-CC)/HA Margen bruto por hectárea (en euros)	1.386,82	1.261,58	729,29	0,53
(IT-CC)/CC Margen por unidad de coste	1,80	1,74	0,86	0,48
CC/IT Proporción de coste por ingreso	0,40	0,36	0,20	0,51

Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra.

Tabla 2. Resumen de los valores medios de los indicadores de rentabilidad

Indicadores	Total (N=215)	Secano (N=185)	Regadío (N=30)	Laboreo			No laboreo		
				Secano (N=20)	Regadío (N=2)	Secano (N=165)	Regadío (N=28)	Localizado (N=45)	No localizado (N=148)
CC HA	830,40	739,76	1.389,31	734,38	1.966,35	740,42	1.348,09	877,53	813,69
CC ARB	7,97	7,44	11,28	7,77	15,77	7,40	10,96	8,12	7,85
IT HA	2.217,21	1.981,92	3.668,19	1.913,62	3.853,34	1.990,20	3.654,97	1.895,42	1.482,79
IT ARB	21,03	19,61	29,75	19,83	30,51	19,58	29,70	17,49	14,11
MARG HA	1.386,82	1.242,15	2.278,89	1.179,24	1.886,99	1.249,78	2.306,88	1.017,89	669,10
(IT-CC)/CC	1,80	1,81	1,79	1,72	1,04	1,82	1,84	1,27	0,91
CC/IT	0,40	0,40	0,36	0,40	0,52	0,40	0,35	0,46	0,59

Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra.

Tabla 3. Valores medios de indicadores de rentabilidad según el tipo de no laboreo (localizado o no localizado) adoptado en la explotación

Indicadores	NO LABOREO LOCALIZADO			NO LABOREO NO LOCALIZADO		
	Total (N=45)	Secano (N=27)	Regadío (N=18)	Total (N=148)	Secano (N=138)	Regadío (N=10)
CC HA	877,53	700,17	1.143,57	813,69	748,29	1.716,24
CC ARB	8,12	6,83	10,05	7,85	7,51	12,60
IT HA	1.895,42	1.599,89	2.338,71	1.482,79	1.371,76	3.014,98
IT ARB	17,49	15,45	20,55	14,11	13,56	21,75
MARG HA	1.017,89	899,73	1.195,14	669,10	623,47	1.298,75
(IT-CC)/CC	1,27	1,37	1,11	0,91	0,92	0,82
CC/IT	0,46	0,47	0,44	0,59	0,59	0,59

Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra.

Tabla 4. Indicadores de rentabilidad de explotaciones de secano (N=185)

Estadísticos	CC HA	CC ARB	IT HA	IT ARB	MARGHA	(IT-CC)/CC	CC/IT
Media	739,76	7,44	1.981,92	19,61	1.242,15	1,81	0,40
D.T.	233,23	2,45	651,89	5,30	569,36	0,87	0,21
C.V.	0,32	0,33	0,33	0,27	0,46	0,48	0,53
Mediana	728,00	7,05	1.948,63	19,37	1.194,46	1,72	0,37
Asimetría	0,35	0,92	1,43	1,51	1,40	0,47	7,14
Curtosis	0,83	1,92	8,88	11,25	6,93	0,27	73,99

Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra.

Tabla 5. Indicadores de rentabilidad de explotaciones de regadío (N=30)

Estadísticos	CC HA	CC ARB	IT HA	IT ARB	MARGHA	(IT-CC)/CC	CC/IT
Media	1.389,31	11,28	3.668,19	29,75	2.278,89	1,79	0,36
D.T.	429,23	3,03	1.049,83	6,33	954,61	0,85	0,12
C.V.	0,31	0,27	0,29	0,21	0,42	0,48	0,35
Mediana	1.254,48	10,31	3.632,72	30,57	2.421,12	1,85	0,34
Asimetría	0,81	1,53	-0,75	-3,83	-1,70	-1,28	0,13
Curtosis	-0,33	1,68	5,58	17,59	6,15	2,60	2,16

Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra.

Tabla 6. Indicadores de rentabilidad de explotaciones que adoptantes de laboreo (N=22)

Estadísticos	CC HA	CC ARB	IT HA	IT ARB	MARGHA	(IT-CC)/CC	CC/IT
Media	846,38	8,50	2.089,95	20,80	1.243,58	1,66	0,41
D.T.	460,81	4,08	914,52	7,32	670,53	0,77	0,13
C.V.	0,54	0,48	0,44	0,35	0,54	0,47	0,32
Mediana	725,38	7,01	1.822,48	18,58	1.150,46	1,60	0,38
Asimetría	1,73	1,44	0,93	1,25	1,29	0,31	0,99
Curtosis	4,03	2,01	0,62	2,39	1,62	-0,38	0,61

Nota: Incluye dos explotaciones de regadío.

Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra.

Tabla 7. Indicadores de rentabilidad de explotaciones de regadío adoptantes de no laboreo (N=28)

Estadísticos	CC HA	CC ARB	IT HA	IT ARB	MARGHA	(IT-CC)/CC	CC/IT
Media	1.348,09	10,96	3.654,97	29,69	2.306,88	1,84	0,35
D.T.	403,52	2,70	1.084,95	6,56	970,74	0,84	0,12
C.V.	0,30	0,25	0,30	0,22	0,42	0,46	0,34
Mediana	1.201,71	10,14	3.632,72	30,71	2.421,12	1,95	0,32
Asimetría	0,91	1,64	-0,70	-3,69	-1,80	-1,48	-0,06
Curtosis	-0,06	2,39	5,12	16,32	6,50	3,44	2,83

Nota: No laboreo tanto localizado (n=18) como no localizado (n=10).

Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra.

Tabla 8.
Indicadores de rentabilidad de explotaciones de secano adoptantes de no laboreo (N=165)

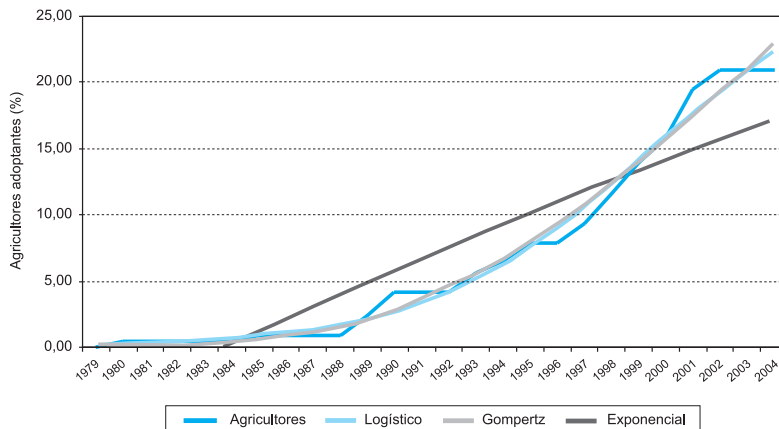
Estadísticos	CC HA	CC ARB	IT HA	IT ARB	MARG HA	(IT-CC)/CC	CC/IT
Media	751,90	7,53	1.981,36	19,56	1.229,46	1,75	0,41
D.T.	231,29	2,35	661,76	5,26	574,29	0,87	0,22
C.V.	0,31	0,31	0,33	0,27	0,47	0,50	0,55
Mediana	745,64	7,34	1.944,52	19,52	1.177,69	1,67	0,37
Asimetría	0,25	0,57	1,52	1,39	1,49	0,62	7,05
Curtosis	0,83	0,79	9,63	12,27	7,84	0,65	68,95

Nota: Entre las 165 explotaciones de secano: 138 adoptan no laboreo no localizado y 27 no laboreo localizado.
Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra.

Como cabía esperar, los costes de cultivo y los ingresos por hectárea y árbol están alta y positivamente correlacionados con los rendimientos de la explotación. Sin embargo, los costes de cultivo, tanto por hectárea como por árbol, presentan una baja correlación con la superficie de la explotación ($\rho=-0,168$ y $\rho=-0,207$ respectivamente). Por otro lado, el sentido de las correlaciones lineales de varios indicadores de productividad con la adopción de técnicas de no laboreo es diferente según se trate de no laboreo localizado (relación directa) o de no laboreo no localizado (relación inversa), es decir, las técnicas conservacionistas de no laboreo más exigentes tienden a ser más rentables. En cambio, no existe relación significativa con ninguna de las técnicas de laboreo consideradas.

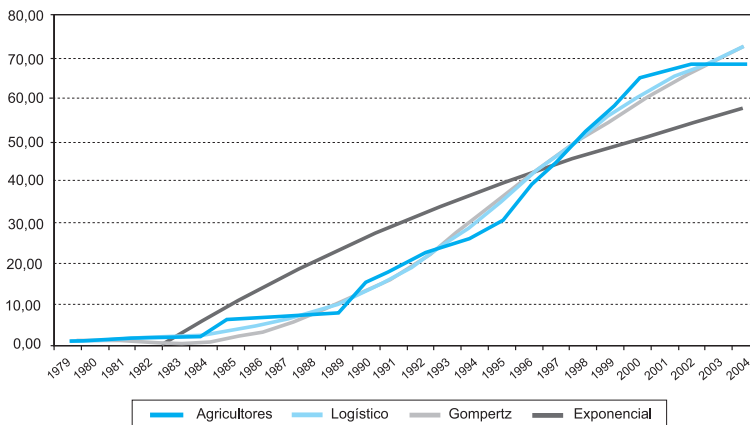
Dado que la adopción de las prácticas de no laboreo con aplicación de herbicidas (localizado y no localizado) es la más importante en la zona de estudio se realiza a continuación una estimación de la senda de difusión de las mismas según diferentes especificaciones funcionales (distribuciones logística, Gompertz y exponencial). De las Gráficas 1 y 2 se desprende que el modelo logístico es el que presenta mejores ajustes a los datos de la muestra, siendo la línea continua etiquetada como «Agricultores» la que corresponde a los datos reales observados.

Gráfica 1: Estimación de modelos de difusión de no laboreo *localizado*



Fuente: Elaboración propia. Estimación realizada con SPSS v.14.

Gráfica 2: Estimación de modelos de difusión de no laboreo *no localizado*



Fuente: Elaboración propia. Estimación realizada con SPSS v.14.

Apreciándose, además, que la técnica de no laboreo no localizado es más adoptada entre los agricultores de la zona que la versión «localizada» (lo que es debido a los mayores costes y exigencias medioambientales de esta última, particularmente en el corto-medio plazo, ya que a largo plazo, como se comentó más arriba, estas explotaciones son más rentables que las adoptantes del no laboreo no localizado).

5. Conclusiones

Las principales conclusiones del estudio realizado en este trabajo sobre explotaciones de olivar de Granada se detallan a continuación. De la muestra seleccionada para el análisis de la rentabilidad de las explotaciones cabe destacar las siguientes conclusiones:

- Por una parte, se confirman las hipótesis relativas a la mayor rentabilidad de las explotaciones de regadío sobre las de secano.
- También se corroboran las expectativas de mayores márgenes en aquellas explotaciones que adoptan técnicas de no laboreo frente a las que adoptan prácticas de laboreo. Especialmente significativas son las diferencias en los márgenes por hectárea entre los adoptantes de no laboreo localizado frente a los adoptantes de no laboreo no localizado.
- Otra conclusión importante es que debido al pequeño tamaño de las explotaciones no se observan efectos de escala significativos, de manera que, a priori, pequeños aumentos de la superficie no van a suponer incrementos significativos de la rentabilidad de las explotaciones olivareras.
- La difusión a lo largo del tiempo de las técnicas de no laboreo sigue un patrón sigmoideal, coherente con la mayor importancia del *boca a boca* o interacción entre los propios agricultores en el proceso de expansión de una innovación tecnológica.
- Se comprueba que, en el proceso de difusión de la técnica de no laboreo localizado, ésta tarda más en despegar (a principios de los noventa), mientras que el no laboreo no localizado se difunde más rápidamente, iniciando su despegue a mediados de los años ochenta.

5.1. Recomendaciones políticas

En primer lugar, destacar que este tipo de investigaciones y análisis son necesarios en la medida que contribuyen a un mejor conocimiento de la realidad, lo que puede redundar en una gestión más eficiente económica y medioambiental de los suelos agrarios, particularmente en los países mediterráneos, donde precisamente las tierras agrarias son más vulnerables y proclives a la degradación, debido, entre otras razones, a unos usos intensivos y preponderantemente productivistas.

Con respecto a la revisión de la legislación europea sobre conservación del suelo, así como de la literatura económica sobre los efectos de la erosión en los suelos agrarios:

Por una parte, se ha observado que la legislación europea avanza desde una lógica subvencionista hacia una lógica de condicionamiento de ayudas económicas basadas en el cumplimiento de una serie de requisitos agroambientales, previéndose en el futuro una normativa más restrictiva que penalice los comportamientos económicos no sostenibles medioambientalmente.

Por otra parte, en lo referente a los antecedentes de investigaciones sobre análisis de los factores que explican la adopción de PCS, se aprecia que los primeros trabajos se realizan en Estados Unidos en los años 70, consolidándose décadas posteriores el esquema básico de estudio de tales factores. Particularmente, en la región mediterránea se han realizado varios trabajos sobre esta temática, destacando en España los análisis recientes aplicados sobre el cultivo del olivar. Si bien, aún no son suficientes los estudios de carácter socioeconómico del problema erosivo, por lo que sería importante un impulso y esfuerzo financiero por parte de las administraciones públicas y de las entidades privadas, destinando más recursos a la investigación económica de los efectos de la erosión en la agricultura, además de promover una mayor concienciación ciudadana sobre la gravedad de este problema ecológico.

Tabla 9. Revisión de la literatura sobre adopción de prácticas de conservación del suelo

Trabajos	Zona de estudio	Metodología	Cultivo	Efectos analizados
Seitz <i>et al.</i> (1979)	Illinois (EEUU)	Programación lineal	Maíz, soja, trigo, avena, heno y pastos	Eficiencia de los sistemas públicos de control de la erosión
Lee (1980)	EEUU	Modelos de regresión	Los de la zona	Régimen de tenencia sobre tasa erosión
Walker (1982)	Palouse (EEUU)	Modelo de regresión	Trigo	Profundidad y conservación
Ervin y Ervin (1982)	Monroe (EEUU)	Análisis de regresión múltiple	Los de la zona	Adopción prácticas de conservación
Kramer <i>et al.</i> (1983)	Virginia (EEUU)	Programación cuadrática	Soja, maíz, trigo, cacahuete	Pérdidas de suelo por acre en función de niveles de aversión al riesgo
Rahm y Huffman (1984)	Iowa (EEUU)	Modelo probit	Maíz	Determinantes de la adopción y de su eficiencia
Miranowski y Hammes (1984)	Iowa (EEUU)	Precios hedónicos	Los de la zona	Precio de la tierra y características suelo
Ervin y Mill (1985)	Iowa (EEUU)	Precios hedónicos	Los de la zona	Precio de la tierra y prácticas conservación
King y Sinden (1988)	Manilla Shire (Australia)	Precios hedónicos	Trigo	Precio de la tierra y prácticas conservación
Van Kooten <i>et al.</i> (1989)	Saskatchewan (Canadá)	Modelo de regresión	Trigo	Costes de la adopción
Gould <i>et al.</i> (1989)	Wisconsin (EEUU)	Modelos probit y tobit de doble valla	Los de la zona	Percepción del problema y adopción
Barbier (1990)	Java	Teoría control óptimo	Arroz y maíz	Inversión en control erosión
Cárcamo <i>et al.</i> (1994)	Tegucigalpa (Honduras)	Programación lineal	Horticultura. Maíz. Judías	Efectos del horizonte temporal sobre productividad
Eaton (1996)	Malawi	Simulación	Maíz	Factores de la adopción
Sainz y Barreto (1996)	Guaymango (El Salvador)	Modelo logit	Maíz y sorgo	Factores de la adopción
Gretton y Salma (1997)	Australia	Modelo de regresión	Los de la zona	Efectos de la erosión sobre los beneficios
Pattanayak y Mercer (1998)	Visayas (Filipinas)	Modelo probit	Maíz, banana y frutales	Factores determinantes de la adopción
Lapar y Pandey (1999)	Filipinas	Modelo probit	Maíz, hortalizas y flores	Factores de la adopción
Dissart <i>et al.</i> (2000)	Québec (Canadá)	Programación lineal mixta	Maíz, cebada, soja, Heno	Costes de la adopción (individuales y de cuenca)
Yiridoe <i>et al.</i> (2000)	Ontario (Canadá)	Dominancia estocástica	Maíz y soja	Efectos de la adopción sobre beneficios
Wiig <i>et al.</i> (2001)	Tanzania	Modelo de equilibrio general	Tabaco, café, anacardo, maíz, etc.	Efectos de política de ajuste estructural sobre la erosión
Vieth <i>et al.</i> (2001)	Sri Lanka	Análisis Coste-Bfo	Té, tabaco	Nivel de adopción con iniciativa pública y privada
Parra (2003)	Andalucía (España)	Multicriterio (AHP)	Olivar	Costes de la adopción frente a cultivo convencional
Valentín <i>et al.</i> (2004)	Kansas (EEUU)	Modelos logit	Maíz, trigo, soja y sorgo	Impactos de la adopción sobre el beneficio
Giannakas y Kaplan (2005)	EEUU	Teoría de juegos Modelo logit	No especificado	Eficiencia pública en la inducción de la adopción
Roberts <i>et al.</i> (2006)	Tennessee (EEUU)	Teorema de Bayes y Modelo logit	Algodón	Adopción simultánea de 2 innovaciones
D'Emden <i>et al.</i> (2006)	Australia	Análisis de duración	Los de la zona	Factores de la adopción
Benítez <i>et al.</i> (2006)	Manabí (Ecuador)	Dominancia estocástica	Café, arroz, maíz y pastos	Efectos de la aversión al riesgo sobre la conservación del suelo
Franco (2009)	Granada (España)	Modelos probit y análisis duración	Olivar	Factores de adopción, difusión y supervivencia

Fuente: Elaboración propia.

Referencias bibliográficas

- > ARTEAGA, O.; HOFFMAN, G.; SCHUBART, H. y SCHULTZ, H. D. (1987), «Investigaciones geológicas y arqueológicas sobre los cambios de la línea costera en el litoral de la Andalucía mediterránea», *Anuario Arqueológico de Andalucía 1985*, 117-122.
- > ATANCE, I. (2001), «Evaluación de instrumentos de intervención sobre sistemas agrícolas generadores de externalidades positivas: Aplicación a Tierra de Campos (Valladolid)», Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- > BARBIER, E. B. (1990), «The farm-level economics of soil conservation: the uplands of Java», *Land Economics* 66(2), 199-211.
- > BARRANCO, D.; FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. y RALLO, L. (2004), *El cultivo del olivo*, Mundi-Prensa y Junta de Andalucía, Madrid.
- > BENÍTEZ, P. C.; KUOSMANEN, T.; OLSCHESKI, R. y VAN KOOTEN, G. C. (2006), «Conservation payments under risk: a stochastic dominant approach», *American Journal of Agricultural Economics* 88(1), 1-15.
- > CÁRCAMO, J. A., ALWANG, J. y NORTON, G. W. (1994), «On-site economic evaluation of soil conservation practices in Honduras», *Agricultural Economics* 11, 257-269.
- > COMISIÓN EUROPEA (2002), «Hacia una estrategia temática para la protección del suelo», Comunicación 179 final, Oficina de Publicaciones, Bruselas.
- > CONSEJO DE LA UE (2003), *Reglamento 1782/2003 de 29 de septiembre, que establece medidas comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la PAC*, Diario Oficial de la UE, Bruselas.
- > CRAMB, R. A. (2001), *Soil conservation technologies for smallholder farming systems in the Philippine uplands: a socioeconomic evaluation*, Monograph 78, ACIAR, Canberra, Australia.
- > D'EMDEN, F. H.; LLEWELLYN, R. S. y BURTON, M. P. (2006), «Adoption of conservation tillage in Australian cropping regions: An application of duration analysis», *Technological Forecasting and Social Change* 73(6), 630-647.

- > DEYBE, D. (2004), «Cross-compliance assessment: modeling and policy analysis». *Seminar of Evaluation of Cross-compliance*, Concerted Action QLK5-CT-2002-02640, Granada, 19-20 April.
- > DISSART, J. C.; BAKER, L. y THOMASSIN, P. J. (2000), «The economics of erosion and sustainable practices: the case of the Saint-Esprit watershed», *Canadian Journal of Agricultural Economics* 48, 103-122.
- > EATON, D. (1996), «The economic of soil erosion: a model of farm decision-making», Discussion Paper 96-01, Environmental Economics Programme, International Institute for Environment and Development, London.
- > ERVIN, C. A. y ERVIN, D. E. (1982), «Factors Affecting the Use of Soil Conservation Practices: Hypotheses, Evidence and Policy Implications», *Land Economics* 58(3), 277-292.
- > ERVIN, D. E. y MILL, J. W. (1985), «Agricultural Land Markets and Soil Erosion: Policy Relevance and Conceptual Issues», *American Journal of Agricultural Economics* 67(5), 938-942.
- > ERVIN, D. E., HEFFERMAN, W. D. y GREEN, G. P. (1984), «Cross-compliance for erosion control: anticipating efficiency and distributive impacts», *American Journal of Agricultural Economics* 66(3), 273-278.
- > FEDER, G. (1982), «Adoption of interrelated agricultural innovations: Complementarity and the impacts of risk, scale and credit», *American Journal of Agricultural Economics* 64(1), 94-101.
- > FRANCO, J. A. (2008), «Economía y agroerosión en el sur de España», *Problemas del Desarrollo Revista Latinoamericana de Economía* 39(154), 135-156.
- > FRANCO, J. A. (2009), «Análisis económico de la erosión de suelos agrarios en el olivar del Alto Genil granadino», Tesis Doctoral, Departamento de Economía, Sociología y Política Agraria, ETSIAM, Universidad de Córdoba, Córdoba.
- > FRANCO, J. A. y CALATRAVA-LEYVA, J. (2006), «Adoption of soil erosion control practices in Southern Spain olive groves», 26th International Association of Agricultural Economists Conference, Gold Coast, Australia, August 12-18.
- > GIANNAKAS, K. y KAPLAN, J. D. (2005), «Policy design and conservation compliance on highly erodible lands», *Land Economics* 81(1), 20-33.

- > GILMAN, A. y THORNES, J. B. (1985), *Land-use and Prehistory in South-East of Spain*, George Allen & Unwin, London.
- > GOULD, B. W., SAUPE, W. E. y KLEMME, R. M. (1989), «Conservation Tillage: The Role of the Farm and Operator Characteristics and the Perception of Soil Erosion», *Land Economics* 65(2), 167-182.
- > GRETTON, P. y SALMA, U. (1997), «Land degradation links to agricultural output and profitability», *Australian Journal Agricultural and Resource Economics* 41(2), 209-224.
- > KING, D.A. y SINDEN, J. A. (1988), «Influence of soil conservation on farm land values», *Land Economics* 64(3), 242-255.
- > KRAMER, R. A.; MCSWEENEY, W. T. y STAVROS, R. W. (1983), «Soil conservation with uncertain revenues and input supplies», *American Journal of Agricultural Economics* 65(4), 694-702.
- > LEE, L. K. (1980), «The Impact of Landownership Factors on Soil Conservation», *American Journal of Agricultural Economics* 62(5), 1070-1076.
- > LAPAR, M. L. A. y PANDEY, S. (1999), «Adoption of soil conservation: the case of the Philippines uplands», *Agricultural Economics* 21, 241-256.
- > MATEU, J. F. (1992), «Morfogénesis mediterránea en tiempos históricos: limitaciones de un debate geoarqueológico», *Estudios de Arqueología Ibérica y Romana*, Serie de Trabajos Varios del SIP 89, 671-686.
- > MIRANOWSKI, J. A. y HAMMES, B. D. (1984), «Implicit Prices of Soil Characteristics for Farmland in Iowa», *American Journal of Agricultural Economics* 66(5), 745-749.
- > PARRA, C. (2003), «Sistemas de producción ecológica, integrada y convencional en olivar: estudio de difusión de innovaciones y evaluación multifuncional», Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba.
- > PATTANAYAK, S. y MERCER, D. E. (1998), «Valuing soil conservation benefits of agroforestry: contour hedgerows in the Eastern Visayas, Philippines», *Agricultural Economics* 18, 31-46.

- > PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; KURZ, D.; MCNAIR, M.; CRIST, S.; SHPRITZ, L.; FITTON, L.; SAFFOURI, R. y BLAIR, R. (1995), «Environmental and economic cost of soil erosion and conservation benefits», *Science* 267, 1117-1123.
- > RAHM, M. R. y HUFFMAN, W. E. (1984), «The adoption of reduced tillage: the role of human capital and other variables», *American Journal of Agricultural Economics* 66(4), 405-413.
- > ROBERTS, R. K.; ENGLISH, B. C.; GAO, Q. y LARSON, J. A. (2006), «Adoption of conservation tillage methods and genetically modified cotton», *Southern Agricultural Economics Association Annual Meetings*, Orlando, Feb 5-8, 2006.
- > ROJO, L. (2004), «Guidelines for adaptation of the present policy framework to include long term changes, in order to anticipate policy schemes for mitigation of desertification in the long term», Deliverable 3.3.C, Desertlinks EU Project.
- > SAINZ, G. E. y BARRETO, H. J. (1996), «The adoption of soil conservation technology in El Salvador: Linking productivity and conservation», *Journal Soil and Water Conservation* 51(4), 313-321.
- > SCHUBART, H. (1990), «Almizaraque y Zambujal como plazas portuarias de la Edad del Cobre», *Verdolay* 2, 19-25.
- > SEITZ, W. D.; TAYLOR, C. R.; SPITZE, R. G. F.; OSTEEN, C. y NELSON, M. C. (1979), «Economic impacts of soil erosion control», *Land Economics* 55(1), 28-42.
- > SERRANO, A.; SUÁREZ DE CEPEDA, M. y SÁNCHEZ-GIRÓN, V. (2008), «Rentabilidad económica de explotaciones agrarias de secano según tamaño y tipo de laboreo», *Economía Agraria y Recursos Naturales* 8(2), 73-91.
- > TORRE, C. (2001), «Las producciones ecológicas», XVII Curso de Especialización de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, ETSIA, Universidad Politécnica de Madrid.
- > VALENTIN, L., BERNARDO, D. J. y KASTENS, T. L. (2004), «Testing the empirical relationship between Best Management Practice Adoption and Farm Profitability», *Review of Agricultural Economics* 26(4), 489-504.

- > VAN KOOTEN, G. C.; WEISENSEL, W. P. y JONG, E. (1989), «Estimating the costs of soil erosion in Saskatchewan», *Canadian Journal of Agricultural Economics* 37, 63-75.
- > VIETH, G. R.; GUNATILAKE, H. y COX, L. J. (2001), «Economics of soil conservation: the upper Mahaweli watershed of Sri Lanka», *Journal of Agricultural Economics* 52(1), 139-152.
- > WADE, J. C. y HEADY, E. O. (1978), «Measurement of Sediment Control Impacts on Agriculture», *Water Resources Research* 14(1), 1-8.
- > WALKER, D. J. (1982), «A Damage Function to Evaluate Erosion Control Economics», *American Journal of Agricultural Economics* 64(4), 690-698.
- > WIIG, H.; AUNE, J. B.; GLOMSROD, S. y IVERSEN, V. (2001), «Structural adjustment and soil degradation in Tanzania. A CGE model approach with endogenous soil productivity», *Agricultural Economics* 24, 263-287.
- > YIRIDOE, E. K.; WEERSINK, A.; HOOKER, D. C.; VYN, T. J. y SWANTON, C. (2000), «Income risk analysis of alternative tillage systems for corn and soybean production on clay soils», *Canadian Journal Agricultural Economics* 48, 161-174.