

# **Hacia la sostenibilidad del olivar andaluz: análisis de la adopción de prácticas de conservación del suelo**

Macario Rodríguez-Entrena <sup>a</sup> y Manuel Arriaza-Balmón <sup>a</sup>

<sup>a</sup> IFAPA - Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera

Centro Alameda del Obispo, Economía y Sociología Agrarias

Menéndez Pidal s/n, 3092 – 14080, Córdoba.

Tel. / Fax: 0034957016000; 0034957016043

macario.rodriguez@juntadeandalucia.es; manuel.arriaza@juntadeandalucia.es

## **Resumen**

La adopción de prácticas de conservación del suelo (PCS) en el olivar de Andalucía constituye un gran avance hacia la sostenibilidad del cultivo. De esta forma, se pueden paliar las importantes externalidades negativas (erosión, cambio climático, biodiversidad, etc.) asociadas a dicho cultivo. En este trabajo se pretende identificar los principales factores que afectan a la adopción de tres PCS del suelo en el olivar andaluz. Para ello se ha empleado un modelo probit trivariado que muestra como las PCS son interdependientes entre sí. Además, los resultados revelan como los factores que determinan la adopción de dichas prácticas están relacionados con las características sociodemográficas del agricultor y de la explotación así como con la gestión de la misma destacando, por otra parte, el papel del capital social.

**Palabras clave:** olivar, conservación del suelo, adopción, probit trivariado, capital social.

**Códigos JEL:** C35; Q18; Q55.

## 1. Introducción

El sector del olivar en Andalucía ha experimentado en las dos últimas décadas una evolución sustancial caracterizada principalmente por la expansión e intensificación de su cultivo. El mismo acapara 1,5 millones de hectáreas que representan el 33% de la Superficie Agraria Útil (MAGRAMA, 2011). Sin embargo, esta expansión ha venido acompañada por problemas de sostenibilidad, tanto en el plano socio-económico, por el aumento de la competencia debido al incremento de su producción en los países mediterráneos del norte de África, como en el medioambiental, por los daños causados al entorno natural debido a la aplicación de determinadas prácticas de cultivo.

De acuerdo con los datos del Inventario Nacional de Erosión de Suelos (MAGRAMA, 2012) la erosión representa, en Andalucía, uno de los principales problemas ambientales ya que dispone, a nivel estatal, de la mayor superficie de suelo afectado por procesos erosivos altos<sup>1</sup>. El olivar no es ajeno a esta realidad debido fundamentalmente a una gestión inadecuada por parte del productor que, en muchas ocasiones, aún mantiene el suelo permanentemente desnudo (Gómez y Giráldez, 2010) quemando los restos vegetales del cultivo derivados del desvareto y la poda. Considerando que los sistemas agrarios funcionan mediante procesos de producción conjunta la no protección del recurso suelo induce la aparición, además de la erosión, de importantes externalidades negativas (Rodríguez-Entrena et al., 2012). Entre las mismas se pueden citar la contaminación de los cauces fluviales y las masas de agua, la colmatación de embalses, la degradación del paisaje, la contribución al cambio climático, el riesgo de incendios, la pérdida de biodiversidad, etc. También son destacables los efectos *on-site*, ya que reducen la fertilidad del suelo y, por tanto, la productividad de la explotación incrementando los costes de producción para mantener el nivel productivo (Colombo et al., 2005).

---

<sup>1</sup> El 23% de la superficie de Andalucía esta afectada por tasas de erosión superiores a las 25 t/ha·año.

Desde las instituciones comunitarias, las sucesivas reformas de la Política Agraria Común (PAC) se han encaminado hacia la reducción de las externalidades negativas procedentes de la actividad agraria, incentivando la provisión de bienes no comerciales a través de los procesos de producción conjunta que favorecen la multifuncionalidad y sostenibilidad (CE, 2010). En este sentido, la PAC ha ido persiguiendo un modelo de agricultura que de respuesta a las demandas y preocupaciones de la sociedad europea buscando un paradigma agrario sostenible que posibilite la viabilidad económica de las zonas rurales así como la calidad medioambiental (Salazar-Ordóñez et al., 2011). Con los objetivos de legitimidad social y sostenibilidad agraria, la PAC ha ido redefiniendo los límites de los derechos de propiedad del agricultor. Entre los instrumentos empleados para tales fines se encuentra el endurecimiento progresivo de la condicionalidad, el desacoplamiento de las ayudas y el desarrollo de programas agroambientales. En este sentido, las prácticas de lucha contra la erosión, que prescriben los requisitos de la condicionalidad (CAP, 2009), obligan a mantener una cubierta vegetal de una anchura mínima de 1 metro en recintos de olivar con pendientes superiores al 10% y la imposibilidad, además, de roturar la tierra cuando dicha pendiente supere el 15% (únicamente se permite laboreo de conservación).

Considerando las importantes externalidades negativas que una inadecuada gestión del recurso suelo genera en el olivar andaluz, el presente trabajo pretende identificar, mediante un enfoque micro, los factores que determinan la adopción de varias prácticas de conservación del suelo (PCS) como son: i) el uso alternativo a la quema de los restos del desvareto, ii) el picado de los restos de poda y iii) la implantación de cubiertas vegetales gestionadas mediante desbrozado. Para ello, se realiza una aplicación empírica a una muestra de explotaciones de olivar en la región de Andalucía aplicando un modelo probit multivariado.

La importancia del estudio radica, en primer lugar, en modelizar de forma simultánea la influencia de un conjunto de variables exógenas en la adopción de PCS considerando las

posibles correlaciones existentes entre las mismas. En segundo lugar, la aportación del análisis a nivel regional permite ir recogiendo las particularidades y características endógenas del sistema agrario, con la finalidad de atender a la heterogeneidad del mismo, permitiendo orientar la planificación estratégica a distintos niveles institucionales -UE, nacionales y regionales-.

A continuación, se realiza una breve revisión de la literatura, para definir el marco conceptual en el que se enmarca la investigación, y en la sección tercera se describe la aproximación metodológica empleada. En la sección cuarta se exponen los resultados relativos a los factores que explican la adopción de PCS en la región andaluza. En la sección quinta se lleva a cabo una discusión de los resultados y, en la última sección, se describen las conclusiones del estudio y algunas propuestas que redunden en una mejora de la planificación estratégica a nivel institucional.

## **2. Antecedentes**

Desde la década de los 50 se viene investigando el fenómeno de la adopción de prácticas de conservación del suelo en la agricultura (Ervin y Ervin, 1982). Siguiendo a Feder y Umali (1993) el proceso de adopción se basa en una secuencia de decisiones que los individuos toman para decidir si adoptan o rechazan una innovación. Aplicando un enfoque micro, la adopción se analiza estudiando el comportamiento adoptante del individuo a través de una serie de factores intrínsecos y relacionados con su entorno que condicionan la decisión. En cambio aplicando un enfoque macro, el patrón de adopción es examinado en el tiempo para identificar una forma funcional específica dentro del proceso de difusión agregado.

Generalmente, aplicando el enfoque micro, los estudios intentan relacionar mediante distintas aproximaciones econométricas aquellos factores vinculados con la explotación y las características del agricultor que afectan al proceso de adopción de innovaciones agrarias (Norris y Batie, 1987; Feder y Umali, 1993; Knowler y Bradshaw, 2007). En la literatura se

encuentran multitud de factores que condicionan dicho proceso, pudiéndose destacar los siguientes (Rahm y Huffman, 1984; Feder y Umali, 1993; Abadi-Ghadim y Pannell, 1999; Knowler y Bradshaw, 2007): la edad y cualificación del capital humano, el relevo generacional, el capital social, la capacidad de gestión, la disponibilidad de maquinaria, el régimen de tenencia de la tierra, el tamaño de la explotación, la rentabilidad de la explotación y el tipo de suelos. No obstante, del análisis de revisión bibliográfica realizado se puede remarcar que los factores que determinan la adopción de las prácticas de conservación no son concluyentes y difícilmente extrapolables entre regiones.

A nivel europeo Prager y Posthumus (2010) realizan un trabajo de revisión sistematizando por categorías los factores que influyen la adopción de PCS por parte del agricultor. En España, son diversos los trabajos que han estudiado la adopción y difusión de innovaciones agrarias (Gómez-Muñoz, 1988; Martínez-Paz et al., 2003; Carmona et al., 2005; Alcón et al., 2006; Parra-López et al., 2007; Franco-Martínez y Rodríguez-Entrena, 2009), sin embargo son muy escasos los relativos a la adopción de PCS (Calatrava-Leyva et al., 2007; Calatrava y Franco-Martínez, 2011).

### **3. Metodología**

En este estudio, se ha seguido un enfoque micro para estudiar el comportamiento del productor en relación con la adopción de determinadas PCS. Concretamente, se pretende analizar, en el olivar andaluz, los factores que determinan la adopción de las siguientes:

1. Uso alternativo a la quema de los restos del desvareto<sup>2</sup> (UA\_RD)
2. Picado e incorporación al suelo de los restos de poda<sup>3</sup> (PI\_RP)
3. Empleo de cubierta vegetal gestionada mediante desbrozadora<sup>4</sup> (CV\_D)

---

<sup>2</sup> El desvareto se suele realizar entre agosto y septiembre eliminando los vástagos anuales que demandan una gran cantidad de energía mermando la cosecha.

<sup>3</sup> La poda se suele realizar después de la recogida de la cosecha (Febrero-Marzo) con una periodicidad variable (entre 1 y 3 años) aunque normalmente suele ser bianual. Con la misma se persigue equilibrar la relación hoja/madera manteniendo un volumen de copa adecuado para optimizar la actividad fotosintética y prevenir la aparición de plagas y enfermedades.

Estas tres prácticas abarcan una gran parte de la gestión del cultivo del olivar ya que aglutinan tres labores como el desvareto, la poda y el manejo de las malas hierbas. Concretamente, dejar de quemar los restos del desvareto ayuda principalmente a combatir el cambio climático. El picado de los restos de poda mejora la textura del suelo a la vez que constituye una cubierta inerte que protege del impacto del agua de lluvia y la escorrentía. Por último, la adopción de un sistema de cubierta vegetal gestionada mediante desbrozado se ha mostrado como la opción más eco-compatible por ser la que protege en mayor medida el recurso suelo<sup>5</sup>. En este sentido, si la gestión se encamina hacia prácticas eco-compatibles como las descritas aumentará de forma notable la sostenibilidad del sector y su impacto en el bienestar social.

Para alcanzar dicho objetivo, esta investigación propone una modelización econométrica que pretende explicar el proceso de adopción por medio de un enfoque relacionado con el paradigma económico (Prager y Posthumus, 2010). Así, en este trabajo se pretenden identificar los factores intrínsecos y extrínsecos que determinan el comportamiento adoptante del productor. Los datos muestrales indican que las cuotas de adopción de CV\_D, PI\_RP y UA\_RD son 25%, 40% y 50% respectivamente reflejando el grado de difusión de dicha prácticas en un momento dado (Feder y Umali, 1993). En este sentido, el estudio de la adopción se ha llevado a cabo cuando las innovaciones no se encuentran en la etapa final del proceso de difusión (Rogers et al., 2003).

### *3.1. Selección muestral*

La selección de la muestra pretende ser representativa de las explotaciones andaluzas de

---

<sup>4</sup> La gestión de las malas hierbas es el manejo más complicado en el olivar andaluz. Normalmente, existen dos grandes categorías suelo desnudo y suelo con cubierta. El suelo desnudo se gestiona mediante laboreo o no laboreo más herbicidas y el suelo con cubierta mediante laboreo, herbicidas o siega mecánica. Normalmente, la cubierta se suele eliminar cuando empieza a competir con el cultivo por el recurso agua y suele variar en el tiempo en función de los anteriores manejos. La eliminación más tardía suele ser cuando se emplea el desbrozado que necesita cierto desarrollo de la misma.

<sup>5</sup> Existen otras formas de gestionar las cubiertas vegetales como la siega química y el mínimo laboreo pero se consideran menos sostenibles que la siega mecánica por las implicaciones de la utilización de biocidas y la roturación del suelo respectivamente.

olivar, para lo cual se ha seguido un procedimiento polietápico (Gómez-Limón y Arriaza, 2011). En primer lugar, se han identificado las comarcas agrarias en Andalucía (52), seleccionando seis a través de un procedimiento aleatorio proporcional en función de la superficie de olivar. Las comarcas elegidas engloban 474.405 hectáreas de olivar lo que supone el 32,4% del olivar andaluz, y fueron: Campiña Alta (Córdoba), La Loma (Jaén), Campiña del Norte (Jaén), Penibética (Córdoba), Sierra Sur (Jaén) y La Sierra (Córdoba). Las explotaciones de olivar se han seleccionado mediante rutas aleatorias, respetando cuotas por estratos de tamaños. Finalmente, se ejecutaron 480 cuestionarios correspondientes a un tamaño muestral de 80 explotaciones de olivar por comarca, con un error absoluto de  $\pm 2,4\%$  para un nivel de confianza del 95% y proporciones intermedias ( $p = q = 0,5$ ). Sin embargo, para este estudio se tuvo en cuenta, como se señala en la introducción, que la adopción de prácticas de conservación del suelo en el olivar puede estar determinada principalmente por el cumplimiento de la condicionalidad. Así, la muestra finalmente seleccionada fue de 232 explotaciones con una pendiente media inferior al 10%. De esta forma, se evita que la innovación institucional sea la responsable de la adopción lo que dificultaría la determinación de los factores subyacentes que explican dicho fenómeno.

A la hora de examinar la decisión de adoptar, se consideraron variables pertenecientes a distintas dimensiones, que la literatura recoge como predictoras de la adopción, a saber: características sociodemográficas del agricultor, indicadores de capital social y características de la explotación y gestión de la misma. En la Tabla 1 se presentan los estadísticos descriptivos de las variables.

Tabla 1. Análisis descriptivo de las variables estudiadas

Variable	Denominación	Media	CV*	Unidades
<i>Dependientes</i>				
Uso alternativo a la quema de los restos del desvareto	<i>UA_RD</i>	0,39	1,25	0 – 1
Picado e incorporación de los restos de poda al suelo	<i>PI_RP</i>	0,51	0,99	0 – 1
Cubierta vegetal gestionada mediante desbrozado	<i>CV_D</i>	0,26	1,68	0 – 1
<i>Independientes</i>				

### *Características sociodemográficas*

Sexo	<i>HOMBRE</i>	0,99	0,11	0 – 1
Edad	<i>EDAD</i>	51,79	0,23	Años
Presencia de hijos	<i>HIJOS</i>	0,81	0,48	0 – 1
Nivel educativo	<i>NIV_EDU</i>	2,13	0,41	1 – 4
Formación agraria	<i>FORMA_AGR</i>	0,44	1,13	0 – 1

### *Características de la explotación*

Número de parcelas	<i>Nº_PARCE</i>	7,70	0,95	1 – 60
Número de hectáreas	<i>Nº_HECTA</i>	17,88	1,60	Ha
Número de variedades	<i>Nº_VARIEDAD</i>	1,97	0,52	1 – 5
Edad de la plantación	<i>EDAD_OLI</i>	104,67	1,05	Años
Densidad de la plantación	<i>DENSI_PLAN</i>	97,43	0,26	Olivos / ha
Producción	<i>NIV_PRODU</i>	5,27	0,36	Miles Kg / ha
Rentabilidad	<i>RENTA</i>	1,60	0,66	Miles € / ha

### *Gestión de la explotación*

Agricultor a título principal	<i>AGRI_PRIN</i>	0,60	0,80	0 – 1
Mano de obra familiar	<i>MO_FAMI</i>	4,53	1,38	Jornales / ha
Dedicar más del 50% del tiempo a la agricultura	<i>TIEMPO_50</i>	0,44	1,13	0 – 1
Externalización de alguna labor del cultivo	<i>LABOR_EXT</i>	0,27	1,64	0 – 1
Método técnico de fertilización	<i>FERTI_TECNI</i>	0,31	1,51	0 – 1
Calendario fijo de tratamientos fitosanitarios	<i>CALEN_FIJO</i>	0,34	1,38	0 – 1
Vibrador de troncos de olivo	<i>VIBRA_TRO</i>	0,27	1,64	0 – 1

### *Capital Social*

Pertenecer a una Denominación de Origen Protegida	<i>DOP</i>	0,22	1,91	0 – 1
Pertenecer a una Comunidad de Regantes	<i>COMU_REGA</i>	0,33	1,44	0 – 1
Pertenecer a un Sindicato Agrario	<i>SINDI_AGR</i>	0,30	1,52	0 – 1

\* Coeficientes de variación

El nivel de educación (1: sin estudios; 2: estudios primarios; 3: estudios secundarios; 4: estudios universitarios) presenta un grado de correlación elevado ( $V$  de Cramer=0.263\*\*\*) con la variable formación agraria que fue la finalmente seleccionada para el modelo. De igual forma también existe un grado de colinealidad muy elevado (Pearson = 0.908\*\*\*) entre las variables rendimiento productivo y rentabilidad de la explotación optando finalmente por incluir esta última en el modelo.

### *3.2. Especificación econométrica*

El modelo probit multivariado (MPM) emplea un sistema de ecuaciones simultáneas que modela la influencia de un conjunto de variables explicativas en cada una de las diferentes PCS no excluyentes entre sí. En este contexto, es probable que la decisión de adoptar una



práctica pueda encontrarse relacionada con la toma de decisiones en otras. Por tanto, al contrario que ocurre si hubiésemos empleado una aproximación univariada<sup>6</sup>, el MPM tiene en cuenta la potencial correlación entre las perturbaciones inobservadas en las ecuaciones de adopción así como la correlación entre las diferentes PCS<sup>7</sup>. Dichas correlaciones podrán ser de complementariedad (correlación positiva) o sustituibilidad (correlación negativa). De no considerarse la posible existencia de factores inobservados y las interrelaciones entre las diferentes PCS obtendríamos unas estimaciones sesgadas e ineficientes (Kassie et al., 2012). Una descripción detallada de la especificación econométrica subyacente en este tipo de modelos se puede encontrar en Chib y Greenber (1998). A continuación se especifica el modelo econométrico subyacente (Greene, 2007):

$$y_{im}^* = B_m' x_{im} + \varepsilon_{im}, \quad (m = 1, \dots, M) \quad (1)$$

$$y_{im} = 1 \text{ si } y_{im}^* > 0 \text{ y } 0 \text{ en otro caso} \quad (2)$$

donde  $m = 1, 2, 3$  refleja los tres tipos de PCS. En la ecuación (1) se asume que un agricultor racional  $i^{th}$  presenta una variable latente,  $y_{im}^*$ , que captura las preferencias o demandas inobservadas asociadas con la elección de la PCS  $m^{th}$ . Se asume que dicha variable latente depende linealmente de un conjunto de características observadas (Tabla 1),  $x_{im}$ , que afectan a la adopción de la PCS  $m$ , así como que las características no observadas son capturadas por el término de error estocástico  $\varepsilon_{im}$ . El vector de parámetros a estimar se denota como  $B_m'$ . La determinación exacta de la intensidad de  $y_{im}^*$  presenta una naturaleza latente de modo que la información sobre la adopción de una PCS particular viene dada por el vector observado de respuesta dicotómica  $y_{im}$  (2). Considerando que la matriz de varianzas-covarianzas de  $\varepsilon_{im}$  en la ecuación (1) incluye correlaciones potencialmente distintas de cero

---

<sup>6</sup> Una aproximación mediante modelos binarios individuales sería válida únicamente en el caso de que las decisiones se tomaran de manera independiente.

<sup>7</sup> Esta especificación es similar a los modelos de sistemas de ecuaciones aparentemente relacionadas (SURE) con la particularidad de que las variables dependientes son binarias.

fuera de la diagonal principal, la especificación conjunta de  $\varepsilon_{im}$  sigue una distribución normal multivariante (DNM):

$$(\varepsilon_{i1}, \varepsilon_{i2}, \varepsilon_{i3})' \sim DNM \left( 0, \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} \\ \rho_{12} & 1 & \rho_{23} \\ \rho_{13} & \rho_{23} & 1 \end{bmatrix} \right) \quad (3)$$

donde  $\rho_{jm}$  es el coeficiente de correlación de  $\varepsilon_j$  y  $\varepsilon_m$  para  $j \neq m$  (3). Esta especificación de un modelo probit trivariado (MPT) nos permite aumentar la eficiencia en la estimación de los parámetros en el caso de que las distintas PCS se encuentren correlacionadas. Para la estimación de dicho modelo se ha empleado el método de simulación GHK (Geweke-Hajivassiliou-Keane) para la función de máxima verosimilitud. Para la convergencia de los parámetros estimados se han empleado 200 iteraciones a través del programa econométrico Limdep 9.0 (Greene, 2007).

#### 4. Resultados

En la Tabla 2 se muestran las variables que tras un proceso de depuración resultaron significativas para cada una de las PCS. Para determinar que variables se consideraban predictoras de la adopción de PCS se fueron realizando Wald test de forma iterativa. Por otra parte, se testó la aparición de posibles problemas de multicolinealidad mediante el empleo de regresiones lineales auxiliares con las variables independientes de cada una de las tres ecuaciones relativas a la adopción de PCS. El Factor de Inflación de la Varianza (FIV < 1.2), los Índices de Condición (IC < 7) y las Proporciones de la Varianza (PV < 0.5) no indicaron la presencia de problemas de multicolinealidad que pudieran sesgar las estimaciones.

Como se puede observar en la Tabla 2 el test de Wald sugiere que nuestro modelo es significativo ( $\chi^2_{(14)}=83.342^{***}$ ). Por tanto, la inclusión de los parámetros de interés mejora significativamente el ajuste del modelo.

Tabla 2. Modelo probit trivariado de adopción de PCS

Variab	Uso alternativo a la	Picado e incorporación	Cubierta vegetal
--------	----------------------	------------------------	------------------

	quema de los restos del desvareto (UA_RD)		al suelo de los restos de poda (PI_RP)		gestionada mediante desbrozadora (CV_D)	
	B <sub>1</sub>	ES <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	ES <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	ES <sub>3</sub>
<i>Sociodemográficas</i>						
FORMA_AGR	--		--		0,522**	(0,213)
HIJOS	--		--		0,570**	(0,283)
<i>Perfil de la explotación</i>						
Nº_HECTA	0,006*	(0,004)	--		0,009**	(0,004)
RENTA	--		0,221**	(0,094)	0,448***	(0,112)
<i>Gestión de la explotación</i>						
AGRI_PRIN	--		0,356**	(0,167)	--	
TIEMPO_50	--		--		0,449*	(0,235)
MO_FAMI	-0,032*	(0,018)	--		--	
FERTI_TECNI	0,551***	(0,194)	0,404**	(0,194)	--	
<i>Capital social</i>						
COMU_REGA	0,384**	(0,190)	0,357*	(0,193)	--	
DOP	--		--		0,756***	(0,255)
Constante	-0,687***	(0,213)	-0,905***	(0,281)	-2,671***	(0,382)
Test de Wald $\chi^2_{(14)}$	83,342***					
Log L	-380,284					
Iteraciones	200					
Observaciones	232					

Nota: \*\*\*, \*\*, \* indica el nivel de significación al 1%, 5% y 10%, respectivamente.

Por otra parte, en la Tabla 3 se realiza el test de verosimilitud (TV) considerando tres modelos probit univariados (MPU) frente a una solución trivariada. El TV resultó ser significativo ( $\chi^2_{(3)}=52.752***$ ) de modo que la significación conjunta de las correlaciones de los errores sugiere que el uso de un MPT es más eficiente que una solución univariada. Este resultado es consiente con los resultados mostrados en la Tabla 3 donde los coeficientes de correlación de los errores son significativos. Estos coeficientes confirman la corrección del enfoque econométrico empleado así como la hipótesis relativa a que la adopción de las distintas PCS no son decisiones independientes. No obstante, hay que señalar que el coeficiente de correlación ( $\rho_{13}$ ) entre UA\_RD y CV\_D no es significativo debido, quizás, a que la primera práctica no requiere de un grado de especialización elevado y en cambio la segunda sí. Por tanto, no se puede afirmar que exista una relación de interdependencia entre

ambas PCS.

Tabla 3. Coeficientes de correlación para las ecuaciones de adopción de las distintas PCS

Ecuaciones		$\rho$	ES
Uso alternativo a la quema de los restos del desvareto Picado e incorporación al suelo de los restos de poda	$\rho_{12}$	0.623***	0.082
Uso alternativo a la quema de los restos del desvareto Cubierta vegetal gestionada mediante desbrozadora	$\rho_{13}$	0.150 <sup>ns</sup>	0.135
Picado e incorporación al suelo de los restos de poda Cubierta vegetal gestionada mediante desbrozadora	$\rho_{23}$	0.329***	0.126

Test de Verosimilitud (-2 [|LL<sub>0</sub>|-|LL<sub>1</sub>|]) para  $\rho_{12} = \rho_{13} = \rho_{23} = 0$  (H<sub>0</sub>);  $\chi^2_{(3)} = 52.752$ \*\*\*

Nota: \*\*\* indica nivel de significación al 0,1%; ns indica ausencia de significación.

En la Tabla 2 se puede observar como, de forma agregada, la adopción de PCS se encuentra condicionada por factores relacionados con las características sociodemográficas del productor, factores físicos, financieros y de gestión de la explotación, así como sobre el capital social. No obstante hay que destacar que existe una heterogeneidad elevada en cuanto a los factores que determinan la probabilidad de adoptar cada una de las PCS. Como se puede observar las características sociodemográficas del productor influyen únicamente en la adopción del manejo CV\_D. Así, disponer de formación agraria y descendencia aumenta la probabilidad de adoptar dicho manejo.

Respecto a las características de la explotación, la superficie de la misma se muestra como un factor predictor de la adopción de UA\_RD y CV\_D. De esta forma un incremento en la superficie de la explotación implica un incremento en la probabilidad de adopción. De igual forma se comporta la variable rentabilidad de la explotación pero en este caso en la adopción de las PCS PI\_RP y CV\_D. En este sentido, cuanto más rentable sea la explotación mayor es la probabilidad de adoptar PCS con un nivel de especialización elevado como las citadas. En este caso, con la intención de profundizar en esta variable se realizaron contrastes estadísticos no paramétricos (U de Mann-Whitney) entre adoptantes y no adoptantes. La rentabilidad media para ambos grupos en función de la práctica UA\_RD fue de 1.702 €/ha y 1.540 €/ha para los adoptantes y no adoptantes respectivamente sin encontrarse diferencias significativas

entre ambos ( $U = 6009.5^{ns}$ ;  $Z = -0.81$ ). En cambio, para la práctica PI\_RP fue de 1.785 €/ha y 1.416 €/ha ( $U = 5448.5^{**}$ ;  $Z = -2.50$ ) y para la CV\_D fue de 2.045 €/ha y 1.445 €/ha ( $U = 3541.5^{***}$ ;  $Z = -3.72$ ). En ambas prácticas la rentabilidad de las explotaciones adoptantes fue significativamente superior a las no adoptantes.

Finalmente en relación con las variables relacionadas con la gestión de la explotación se produce de nuevo una gran heterogeneidad en los factores que determinan la adopción de las distintas PCS. En primer lugar, se puede observar como el coeficiente relativo a la variable *AGRI\_PRIN* es positivo y significativo para la adopción de PI\_RP. Por tanto, la probabilidad de adopción aumenta si el agricultor tiene como actividad principal la agricultura. En cambio, para el caso de la adopción del manejo CV\_D presenta una mejor capacidad predictiva la variable tiempo dedicado a la agricultura (*TIEMPO\_50*). De modo que aquellos, que declaran dedicar más del 50% de su tiempo a la actividad agraria presentan una mayor probabilidad de adoptar la práctica CV\_D.

Por otra parte, el input de mano de obra familiar en la explotación muestra una relación inversa con la adopción de UA\_RD. Así, la probabilidad de quemar los restos del desvareto aumenta cuanto mayor es el input de mano de obra familiar en la explotación. A su vez, la utilización de un método técnico para planificar la labor de abonado tiene un impacto positivo tanto en la probabilidad de adoptar la PCS UA\_RD como PI\_RP.

Por último, las variables que representan el capital social revelan su gran importancia a la hora de explicar la adopción de PCS. Como se puede observar en la Tabla 3 la pertenencia del agricultor a una Comunidad de Regantes (CR) se configura como un elemento predictor aumentando la probabilidad de adopción de las prácticas UA\_RD y PI\_RP. Sin embargo, para el caso de la práctica con un mayor nivel de especialización como la CV\_D, la pertenencia del productor a un Consejo Regulador de una Denominación de Origen Protegida (DOP) se configura como un aspecto clave en el proceso de adopción.

## 5. Discusión

El análisis de los resultados relativos a los coeficientes de correlación de los errores entre las distintas prácticas nos indica que existe una relación de interdependencia secuencial<sup>8</sup> en función de complejidad técnica de la práctica. En este sentido, se produce una relación de complementariedad de menor a mayor grado de especialización técnica entre UA\_RD y PI\_RP y entre PI\_RP y CV\_D pero no entre UA\_RD y CV\_D que representan respectivamente las prácticas con un menor y mayor grado de innovación.

La adopción de la CV\_D es la única PCS que depende de factores sociodemográficos tales como la posibilidad de relevo generacional en la explotación o la formación agraria. Dicha práctica es la más difícil de gestionar agrónomicamente, por requerir un nivel de especialización elevado, y es la que mayor incertidumbre genera respecto al impacto de la misma sobre la rentabilidad de la explotación. En este sentido, no es de extrañar la importancia de la formación agraria a la hora de comprender las implicaciones ambientales y la mayor rentabilidad de la explotación a largo plazo que conlleva la adopción de un manejo con cubierta vegetal que protege el recurso suelo. Trabajos pioneros como los Rahm y Huffman (1984), Miranowski y Shortle (1986) o Norris y Batie (1987) ya pusieron de manifiesto la existencia de una relación positiva entre el nivel de formación agraria y la decisión de adoptar la agricultura de conservación (Biielders et al., 2003). Por otra parte, la posibilidad de un relevo generacional puede incentivar la toma de decisiones a largo plazo con la finalidad de legar a los hijos un olivar productivo, bien gestionado y respetuoso con el medio ambiente. En España Calatrava-Leyva et al. (2007) evidenciaron, concretamente en el olivar, la importancia que tiene el relevo generacional en la adopción de PCS.

Respecto al impacto de las características de la explotación en la adopción de la agricultura de conservación se encuentra bastante documentado que el tamaño de la

---

<sup>8</sup> La omisión de factores específicos relevantes del productor pueden ser otra fuente de explicación alternativa.

explotación ejerce una influencia positiva en la adopción de PCS (Smit y Smithers, 1992; Feder y Umali, 1993; Fuglie, 1999; Calatrava-Leyva et al., 2007). En este sentido, poseer un tamaño de explotación medio-grande puede favorecer la búsqueda de innovaciones tecnológicas de ahí que sea un factor importante en la adopción de la CV\_D. Al igual que ocurre con el tamaño de la explotación son varios los estudios que relacionan de forma positiva la adopción de la agricultura de conservación con el nivel de rentabilidad de la explotación (Gould et al., 1989; Saltiel et al., 1994; Calatrava-Leyva et al., 2007). Que la rentabilidad de la explotación afecte a las prácticas más dificultosas técnica y económicamente es en cierta medida lógico puesto que requiere del uso de maquinaria especializada que o bien supone un coste de amortización importante, si el agricultor la adquiere, o bien supone un coste fijo si subcontrata la labor. Cuanto más rentable es la explotación más fondo de maniobra existe para afrontar la adopción de PCS con un nivel de especialización elevado.

Las variables relativas a la gestión de la explotación también han resultado muy importantes. En este sentido queda patente como dedicarse a la agricultura a título principal o bien dedicar un porcentaje de tiempo elevado a la misma son factores que determinan la adopción de PCS. Dedicar tiempo a la gestión de la explotación supone tener una mayor probabilidad de acceder a información relacionada con el sector que condicionará la toma de decisiones posterior. En España, Calatrava-Leyva et al. (2007) encuentra dicho aspecto determinante para la adopción del laboreo de conservación en curvas de nivel.

La relación inversa que se produce entre la adopción de UA\_RD y el input de mano de obra familiar es en cierta medida coherente. La mayoría de las veces se trata de un trabajo no remunerado y sí mancomunado de modo que quizás la solución más sencilla y rentable sea la quema de los restos del desvareto. Por otra parte, si la explotación es familiar el grado de innovación tecnológica de la misma no será muy elevado predominando las técnicas

tradicionales de gestión. Relacionado con lo anterior la adopción de PCS del suelo es mayor cuando la gestión del olivar incluye la utilización de un método técnico de fertilización alejándose de la gestión tradicional del olivar donde la fertilización se realiza sin atender a ningún criterio técnico. Otros estudios han puesto de manifiesto como la adopción previa de innovaciones se encuentra relacionada positivamente con la adopción de PCS (Rahm y Huffman, 1984; Nielsen et al., 1989; Caswell et al., 2001; Calatrava-Leyva et al., 2007).

Por otra parte, el capital social también se erige como un factor determinante de la adopción de la agricultura de conservación. No obstante, se produce heterogeneidad en la naturaleza de las organizaciones que conforman el capital social y que explican la adopción de cada una de las PCS. En este sentido, mientras en la adopción de las prácticas UA\_RD y PI\_RP influye positivamente la pertenencia a una CR en la adopción de la práctica más compleja y costosa, como la CV\_D, influye la pertenencia a un consejo regulador de una DOP. Detrás de esta heterogeneidad puede estar tanto la dimensión de una DOP, que es mucho mayor que la de una CR, como la finalidad ya que se trata de una organización con una estructura donde priman las producciones de calidad respetuosas con el medioambiente. No obstante, independientemente de la dimensión de la estructura en la que se encuentre inserto el productor, el desarrollo del capital social permite a los productores, en primer lugar, tener acceso a la información y posteriormente compartir experiencias que mitiguen las reticencias iniciales a la innovación. La principal suele ser que normalmente, a corto plazo, los costes suelen exceder los beneficios a pesar del aumento de rentabilidad a largo plazo. En este sentido, posiblemente muchos de ellos por imitación adopten prácticas sostenibles que demandan cada vez más un grado de especialización elevado. Autores como Cramb (2005), Warriner y Moul (1992) o Swinton (2000) han puesto de manifiesto el importante impacto del desarrollo del capital social en la adopción de PCS.

## **6. Conclusiones**



Tal y como sugieren numerosos trabajos previos (Feder y Umali, 1993; Knowler y Bradshaw, 2007; Prager y Posthumus, 2010), la heterogeneidad de factores que explican el grado de adopción de PCS se puede atribuir, entre otros aspectos, a la diversidad de contextos culturales, especificidad de los sistemas agrarios, enfoques metodológicos, etcétera. En el caso del olivar en Andalucía, la adopción de PCS representa un elemento fundamental en la sostenibilidad del olivar, no sólo desde un punto de vista ambiental sino también socioeconómico. En el presente estudio se han analizado qué variables determinan la adopción de PCS encontrándose la existencia de heterogeneidad en los factores que determinan la adopción de cada técnica. Por tanto, queda patente la pertinencia y necesidad de realizar estudios individualizados debido a la dificultad de desarrollar actividades de *benefit transfer* entre distintas regiones o sistemas agrarios.

En relación con el nivel de adopción de la PCS con mayor impacto en el agroecosistema, cubiertas vegetales gestionadas mediante desbrozado, existe un amplio margen de mejora. De esta forma, las políticas deberían encaminarse a despejar las dudas que aún pueden albergar los productores en relación con la disminución de la rentabilidad del cultivo. En este sentido, como nos indican otros estudios (Parra et al., 2007; Calatrava y Franco-Martínez, 2011), la interacción y comunicación directa entre los agricultores es el principal detonante de la adopción de innovaciones tecnológicas en la agricultura. Por tanto, aquellas políticas agrarias encaminadas a fomentar la agricultura de conservación deberían tener en cuenta el papel fundamental que desempeña el capital social en el olivar andaluz. En este sentido, con una perspectiva de política pública, la canalización de la información y el fomento del capital humano, a través de la formación, se debería realizar utilizando las estructuras de capital social en la que se encuentran insertos los productores y través de las cuales se relacionan. Con esta estrategia se reduce el coste de implementación de las políticas y se favorece, además, el éxito de las mismas puesto que son los propios productores los que la conforman

y, por tanto, otorgan más credibilidad al intercambio de experiencias en la gestión del cultivo. Esta puede ser la razón, por la cual el impacto de agentes externos como las organizaciones profesionales agrarias, cuyas directrices suelen ser muchas veces *up-down*, no se han revelado como elementos predictores de la adopción.

Las implicaciones de los resultados anteriores son cuantiosas para el diseño de políticas agrarias que favorezcan la sostenibilidad agraria en el futuro. En este sentido, incentivando los programas de jóvenes agricultores, que facilitan el relevo generacional, de formación agraria continua, de mantenimiento de las rentas agrarias y de desarrollo del capital social se podría facilitar la transición hacia la futura PAC 2014-2020. Así, se podrían minorar las dificultades para el cumplimiento del “pago verde” y aumentar el éxito de los programas agroambientales de la Política de Desarrollo Rural. Por otra parte, la flexibilidad futura en la financiación (CE, 2011), que permitirá el trasvase de hasta un 10% de los fondos del Pilar I al II, podría ser un buen instrumento si existiesen problemas para dotar financieramente las futuras actuaciones relacionadas con el fortalecimiento del capital social y humano, permitiendo así una mayor adaptación de los fondos a las necesidades de las distintas regiones de la UE.

Finalmente, en futuras investigaciones sobre adopción de PCS se deben estudiar las actitudes y percepciones de los agricultores en relación con la conservación del suelo, para conocer su impacto en el potencial de adopción dimensionando políticas adecuadas. Conjuntamente, las actitudes y percepciones sobre la PAC pueden revelarnos la importancia que los estímulos enviados desde la UE en relación con la provisión de bienes no comerciales de la agricultura, para legitimar socialmente las ayudas, haya tenido en la adopción por parte del agricultor de prácticas no obligatorias.

### **Agradecimientos**

Esta investigación ha sido financiada por el FEDER y el FSE a través del Programa Operativo de Andalucía 2007–2013 (Proyecto P10-AGR-5892). Asimismo, ha sido

cofinanciada por el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria – IFAPA a través de un contrato post-doctoral de incorporación al sistema de I+D+i de Andalucía.

## **Referencias**

- Abadi-Ghadim, A.K., Pannell, D.J., 1999. A conceptual framework of adoption of an agricultural innovation. *Agricultural Economics* 21, 145-154.
- Alcón, F.J., Gómez, M., Fernández-Zamudio, M.Á., 2006. Modelización de la difusión de la tecnología de riego localizado en el Campo de Cartagena. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 210, 227-245.
- Bielders, C., Ramelot, C., Persoons, E., 2003. Farmer perception of runoff and erosion and extent of flooding in the silt-loam belt of the Belgian Walloon Region. *Environmental Science & Policy* 6, 85-93.
- Calatrava, J., Franco-Martínez, J.A., 2011. Diffusion of Soil Erosion Control Practices in the Olive Orchards of the Alto Genil Basin (Granada, Spain). *Estudios de Economía Aplicada* 29, 359-384.
- Calatrava-Leyva, J., Franco-Martínez, J.A., González-Roa, M.C., 2007. Analysis of the adoption of soil conservation practices in olive groves: the case of mountainous areas in southern Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research* 5, 249-258.
- CAyP (2009). Orden de 22 de junio de 2009, por la que se establecen los requisitos legales de gestión y las buenas condiciones agrarias y medioambientales. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, Sevilla. BOJA nº 130 de 7 de julio.
- Carmona, M.M., Gómez-García, J., Faura-Martínez, Ú., 2005. La difusión de la agricultura ecológica en España: Una propuesta de modelización matemática. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 205, 39-63.

- Caswell, M., Fuglie, K.O., Ingram, C., Jans, S., Kascak, C., 2001. Adoption of agricultural production practices: lessons learned from the US Department of Agriculture Area Studies Project, Agricultural Economics Reports. USDA, Economic Research Service.
- Chib, S., Greenberg, E., 1998. Analysis of multivariate probit models. *Biometrika* 85, 347-361.
- Colombo, S., Hanley, N., Calatrava Requena, J., 2005. Designing Policy for Reducing the Off farm Effects of Soil Erosion Using Choice Experiments. *Journal of Agricultural Economics* 56, 81-95.
- Cramb, R.A., 2005. Social capital and soil conservation: evidence from the Philippines\*. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 49, 211-226.
- CE, 2010. The CAP towards 2020: Meeting the food, natural resources and territorial challenges of the future. European Commission, Brussels. COM 672 final.
- CE, 2011. Proposal for a regulation of the european parliament and of the council on support for rural development by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD). European Commission, Brussels.
- Ervin, C.A., Ervin, D.E., 1982. Factors affecting the use of soil conservation practices: hypotheses, evidence, and policy implications. *Land Economics* 58, 277-292.
- Feder, G., Umali, D.L., 1993. The adoption of agricultural innovations: A review. *Technological Forecasting and Social Change* 43, 215-239.
- Franco-Martínez, J.A., Rodríguez-Entrena, M., 2009. Adopción y difusión de la agricultura ecológica en España. Factores de reconversión en el olivar andaluz. *Cuadernos de Economía* 32, 137-158.
- Fuglie, K.O., 1999. Conservation tillage and pesticide use in the Cornbelt. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 31, 133-147.

- Gómez, J.A., Giráldez, J.V., 2010. Erosión y degradación de suelos, in: Gómez, J.A. (Ed.), *Sostenibilidad de la Producción de Olivar en Andalucía*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, pp. 45-86.
- Gómez-Limón, J.A., Arriaza, M., 2011. Evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones de olivar en Andalucía. *Analistas Económicos de Andalucía*, Málaga.
- Gómez-Muñoz, 1988. Análisis del comportamiento innovador de los agricultores a través de sus curvas de difusión. *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 85-106.
- Gould, B.W., Saupe, W.E., Klemme, R.M., 1989. Conservation tillage: the role of farm and operator characteristics and the perception of soil erosion. *Land Economics* 65, 167-182.
- Greene, W., 2007. LIMDEP 9.0 reference guide. Plainview, NY: Econometric Software Inc.
- Kassie, M., Zikhali, P., Manjur, K., Edwards, S., 2009. Adoption of sustainable agriculture practices: Evidence from a semiarid region of Ethiopia, *Natural Resources Forum*. Wiley Online Library, pp. 189-198.
- Knowler, D., Bradshaw, B., 2007. Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research. *Food Policy* 32, 25-48.
- MAGRAMA, 2011. Anuario de Estadística – 2010. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- MAGRAMA, 2012. Inventario Nacional de Erosión de Suelos. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- Martínez-Paz, J.M., Dios-Palomares, R., Vicario-Modroño, V., 2003. Eficiencia versus innovaciones en explotaciones agrarias. *Estudios de Economía Aplicada* 21, 485-501.
- Miranowski, J., Shortle, J., 1986. Effects of risk perceptions and other characteristics of farmers and farm operations on the adoption of conservation tillage practices, *Staff General Research Papers*. Iowa State University, Iowa.

- Nielsen, E.G., Miranowski, J.A., Morehart, M.J., 1989. Investments in soil conservation and land improvements: factors explaining farmers' decisions, Agricultural Economic Report. USDA, Economic Research Service, Washington DC.
- Norris, P.E., Batie, S.S., 1987. Virginia farmers' soil conservation decisions: An application of Tobit analysis. *Southern Journal of Agricultural Economics* 19, 79-90.
- Parra-Lopez, C., De-Haro-Giménez, T., Calatrava-Requena, J., 2007. Diffusion and Adoption of Organic Farming in the Southern Spanish Olive Groves. *Journal of Sustainable Agriculture* 30, 105-151.
- Prager, K., Posthumus, H., 2010. Socio-economic factors influencing farmers' adoption of soil conservation practices in Europe, in: Napier, T. (Ed.), *Human dimensions of Soil and Water Conservation: A Global Perspective*. Nova Science Publishers, Inc, New York, pp. 203-223.
- Rahm, M.R., Huffman, W.E., 1984. The adoption of reduced tillage: the role of human capital and other variables. *American Journal of Agricultural Economics* 66, 405-413.
- Rodríguez-Entrena, M., Barreiro-Hurlé, J., Gómez-Limón, J.A., Espinosa-Goded, M., Castro-Rodríguez, J., 2012. Evaluating the demand for carbon sequestration in olive grove soils as a strategy toward mitigating climate change. *Journal of Environmental Management* 112, 368-376.
- Rogers, E.M., 2003. *Diffusion of Innovations*, Fifth ed. Simon & Shuster, Inc, New York.
- Salazar-Ordóñez, M., Rodríguez-Entrena, M., Sayadi, S., 2011. Agricultural Sustainability from a Societal View: An Analysis of Southern Spanish Citizens. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 1-18.
- Saltiel, J., Bauder, J.W., Palakovich, S., 1994. Adoption of Sustainable Agricultural Practices: Diffusion, Farm Structure, and Profitability. *Rural Sociology* 59, 333-349.

- Smit, B., Smithers, J., 1992. Adoption of soil conservation practices: an empirical analysis in Ontario, Canada. *Land Degradation & Development* 3, 1-14.
- Swinton, S.M., 2000. More social capital, less erosion: evidence from Peru's Altiplano. Department of Agricultural Economic, Michigan State University, East Lansing.
- Warriner, G.K., Moul, T.M., 1992. Kinship and personal communication network influences on the adoption of agriculture conservation technology. *Journal of Rural Studies* 8, 279-291.