

La sostenibilidad del olivar: producción convencional vs. ecológica en Los Pedroches

E. Cabrera*, R. Gallardo**,¹ y J.A. Gómez-Limón***

* Área de Economía y Sociología Agrarias, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA). Centro "Alameda del Obispo". Apdo. 3092, 14080 Córdoba

** Departamento de Economía Agraria, Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales. Ctra. Madrid-Cádiz km. 396, 14071 Córdoba

*** Departamento de Economía Agraria, Universidad de Córdoba. Facultad de Derecho y de Ciencias Económicas y Empresariales. c/ Puerta Nueva s/n, 14071 Córdoba

Resumen

Ante la nueva reforma de la Política Agraria Común en 2013, la sostenibilidad de la agricultura se ha convertido en uno de sus principales objetivos estratégicos. En este sentido, en el presente trabajo se lleva a cabo un análisis comparado de la sostenibilidad del olivar ecológico y del olivar convencional en una comarca andaluza (Los Pedroches), a fin de hallar las posibles diferencias en sus diferentes componentes (económica, sociocultural y ambiental). Esta comparación resulta de interés en la medida que sus resultados podrían justificar un tratamiento diferente desde la perspectiva del apoyo público que reciben.

Palabras clave: Multifuncionalidad, Sistemas de Producción de Olivar, Política Agraria, Andalucía.

Abstract

The sustainability of olive groves: Conventional vs. ecological production in Los Pedroches (Andalusia, Spain)

Agricultural sustainability has become in one of the main strategic objectives to be achieved with the next Common Agricultural Policy reform to be approved in 2013. Within this framework, this paper aims to perform a comparative analysis between conventional and ecological olive production in a county of Andalusia (Los Pedroches) in order to find the differences in their overall sustainability and its different components (i.e., economic, socio-cultural and environmental). This comparison is interesting because the results achieved could justify different public support for these two productive systems.

Key words: Multifunctionality, Olive Groves Production Systems, Agricultural Policy, Andalusia.

Introducción

El olivo es uno de los cultivos más tradicionales de Andalucía. Con más de 1,5 millones de hectáreas, éste es el cultivo que más superficie ocupa en esta Comunidad Autó-

noma, generando más de la cuarta parte de la renta de la rama agraria andaluza y ocupando una tercera parte de sus empleados agrarios (CAP, 2008 y 2012). La evolución del cultivo del olivar durante las dos últimas dé-

1. Autor para correspondencia: rosagallardo@uco.es

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.021>

cadass se ha caracterizado por su expansión (incremento de su superficie en más de un 20%) y su intensificación productiva. En este último sentido, cabe destacar (Gómez-Calero, 2009; Sánchez et al., 2011) los siguientes cambios: a) el incremento de la densidad de las plantaciones, b) la transformación del tradicional secano en sistemas de regadío (actualmente el 26,4% de la superficie del cultivo es de regadío), c) la reconversión varietal que ha sustituido un gran número de variedades autóctonas por otras más productivas y mejor adaptadas a la recolección mecanizada, y d) el incremento en el uso de agroquímicos (fertilizantes y pesticidas). Estas modificaciones dan lugar a un modelo de producción oleícola más intensivo y productivo denominado como "nueva olivicultura" (Guerrero, 2003; Barranco et al., 2008).

Todo este proceso de "modernización" del olivar ha mejorado sensiblemente la producción y rentabilidad del cultivo, pero ha traído apareados una serie de efectos ambientales negativos, entre los que destacan un incremento en la erosión del suelo, la sobreexplotación y contaminación de recursos hídricos y la pérdida de biodiversidad (Beaufoy y Pienkowski, 2000; Guzmán Álvarez, 2005; Gómez Calero, 2009; EC, 2010). Este deterioro ambiental supone un peligro para la producción olivarera en el largo plazo, lo que ha abierto un intenso debate académico y social en cuanto a la sostenibilidad del cultivo en la región (Gómez Calero, 2009; Gómez-Limón y Arriaza, 2011).

Paralelamente, en los últimos años también han ido ganando protagonismo otros tipos de olivicultura que difieren en gran medida del modelo general antes expuesto, como es el caso de la producción ecológica. Dentro de ésta, el olivar es el cultivo que más superficie ocupa en Andalucía con un total de 46.902 ha (MARM, 2010), lo que supone algo menos del 3% del olivar regional. Esta forma de producción constituye un planteamiento alternativo

de hacer agricultura, que persigue mantener la base de recursos naturales en la que ésta se basa, evitando el uso de productos de síntesis química y realizando labores de conservación del suelo y el agua (CAP, 2007). Este planteamiento hace que la olivicultura ecológica sea a priori más sostenible en el plano ambiental que la "nueva olivicultura", si bien sus niveles de rentabilidad son usualmente inferiores. Tal circunstancia explica la limitada extensión de este tipo de olivicultura y su localización en las zonas olivareras con menor potencial productivo (olivares de sierra).

Esta dualidad entre olivicultura convencional y ecológica debe analizarse dentro del marco de la multifuncionalidad de la agricultura (Viladomiu y Rosell, 2004; Arriaza et al., 2008). Efectivamente, conceptualizada la producción olivarera como una actividad que provee al conjunto de la sociedad de una serie de bienes "comerciales" (aceite de oliva) y "no comerciales" o públicos (viabilidad de zonas rurales, biodiversidad, paisaje, etc.), cualquier comparación entre ambos sistemas de producción debe plantearse como un ejercicio que determine en qué medida a través de tales sistemas se satisfacen las demandas sociales de tales bienes (Vera-Toscano et al., 2007; Parra-López et al., 2008; Salazar-Ordóñez et al., 2010).

Las diferentes reformas de la Política Agraria Común (PAC) han venido incorporando las cambiantes demandas sociales a la hora de definir los objetivos a perseguir por esta política sectorial (OECD, 2001 y 2003; Gallardo y Ceña, 2009; Cooper et al., 2009). Esta necesaria coherencia entre los objetivos planteados por la política y las demandas de la sociedad requiere, en todo caso, tanto de una correcta interpretación de las preferencias de la sociedad en relación a la agricultura (análisis de la demanda), como de un profundo conocimiento de las posibilidades técnicas de producción de los diferentes bienes y servicios generados por dicha actividad (aná-

lisis de la oferta). Ambos aspectos resultan claves en el momento actual, cuando se está gestando la próxima reforma de la PAC para su aplicación durante el periodo 2014-2020, donde este tipo de análisis resultan necesarios para la promoción y el apoyo de una agricultura sostenible, entendida ésta como la que satisface el conjunto de las necesidades humanas de manera continuada.

Los estudios de la demanda multifuncional en relación a la agricultura son relativamente abundantes (véase las revisiones de literatura de Hall *et al.*, 2004 y McVittie *et al.*, 2009). De manera más concreta, en relación a la sociedad andaluza cabe señalar los trabajos de Arriaza *et al.* (2008), Vera-Toscano *et al.* (2007), Salazar-Ordoñez *et al.* (2010) y Arriaza y Gómez-Limón (2011). Toda esta evidencia ha permitido a los decisores públicos ir modificando los objetivos de las políticas agrarias al objeto de que éstas ganen en legitimidad (Gallardo, 2011). En este sentido, de acuerdo con las nuevas demandas sociales hacia la agricultura, para la próxima reforma de la PAC ya se han marcado como objetivos estratégicos una producción alimentaria viable, una gestión sostenible de los recursos naturales y acción por el clima, y un desarrollo territorial equilibrado.

También han sido frecuentes en la literatura los estudios realizados desde una perspectiva de oferta, encaminados a analizar la capacidad de los diferentes sistemas agrarios de producir los bienes y servicios demandados por la sociedad, tanto privados como públicos. Para el caso concreto del olivar, cabe destacar en este sentido como antecedentes de este estudio los trabajos de Alonso y Guzmán (2006), quienes utilizan un total de 17 indicadores que cuantifican el desempeño ambiental, social y económico de la producción convencional y ecológica, o el de Parra-López *et al.* (2008), que mediante el uso de técnicas multicriterio y la opinión de un panel de expertos evalúan el desempeño de

ambos sistemas productivos en base a criterios de carácter económico, técnico, social y ambiental. Otros antecedentes relevantes en este sentido son los estudios de Alonso (2003) y Sánchez (2003). El presente trabajo se enmarca dentro de este último ámbito, teniendo por objetivo la realización de un análisis comparativo de la sostenibilidad del olivar convencional y ecológico sobre la base del dispar desempeño de sus funciones económicas, sociales y ambientales.

A pesar de tener un objetivo similar, esta investigación presenta novedades relevantes con respecto a trabajos anteriores, como son la definición del ámbito territorial y de la unidad de análisis. Así, la unidad básica considerada para la aplicación empírica realizada ha sido la *explotación olivarera*. Esta decisión está justificada en la medida que las explotaciones agrarias dedicadas al cultivo del olivo constituyen las unidades económicas de decisión y gestión, sobre las cuales pueden incidir directamente las políticas públicas orientadas a la "gobernanza" del sector. Por este mismo motivo las explotaciones agrarias han sido consideradas igualmente como unidades básicas para el análisis en multitud de trabajos anteriores en esta misma línea.

En cualquier caso, el estudio de la sostenibilidad de las explotaciones olivareras debe tener en cuenta la heterogeneidad de circunstancias agronómicas y ecológicas en que se desarrolla este cultivo. Efectivamente, no tiene sentido comparar el desempeño multifuncional (provisión de bienes y servicios públicos y privados) de una explotación de olivar de secano localizada en una zona de montaña con un olivar de regadío situado en una fértil vega. Resulta evidente que existe una serie de características estructurales de las explotaciones que son no discrecionales para el olivicultor (por ejemplo, la pendiente del terreno o la disponibilidad de agua para riego), y que condicionan decisivamente la capacidad de éstas para satisfacer las deman-

das sociales. Por este motivo la evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones debe enmarcarse dentro de una escala mayor, como es el *sistema agrario* (Niemeijer, 2002; Turnhout et al., 2007). En esta línea debe entenderse por sistema agrario aquella unidad geográfica con una base de recursos naturales uniforme (suelo, clima, etc.) que conforman un paisaje agrario homogéneo.

De manera concreta, el caso de estudio considerado son las explotaciones olivareras de la comarca de Los Pedroches, en el norte de Andalucía. Así, lo que se pretende analizar de forma empírica es cómo la decisión del olivicultor sobre la forma de gestión del olivar (producción convencional vs. ecológica) condiciona la sostenibilidad de su explotación *ceteris paribus*, es decir, a igualdad del resto de factores estructurales determinantes de la producción, tanto característicos de la explotación (tamaño, pendiente, edad de la plantación, etc.) como propios del olivicultor (sexo, edad, nivel educativo, etc.). Los resultados así obtenidos creemos resultan de interés a la hora de diseñar la política agraria, al objeto de que ésta disponga de incentivos para que los productores opten por el sistema de producción que mejor satisfaga las necesidades sociales, es decir, por el más sostenible.

Con el propósito de alcanzar el objetivo planteado, tras esta sección introductoria en el segundo apartado se presenta el caso de estudio, en el tercero se expone la metodología empleada y en el cuarto se comentan los principales resultados. El trabajo termina con un último apartado dedicado a las conclusiones derivadas del mismo al objeto de orientar la toma de decisiones políticas al respecto.

Caso de estudio

Como se ha señalado anteriormente, la zona elegida para realizar esta investigación ha sido la comarca agraria de Los Pedroches, al

norte de la Comunidad Autónoma andaluza (Figura 1). Ésta está constituida por 17 municipios, la mayoría de los cuales presentan una densidad de población por debajo de los 20 habitantes/km², cifra que se encuentra por debajo del umbral de lo que se considera adecuado para el sostenimiento de una zona.

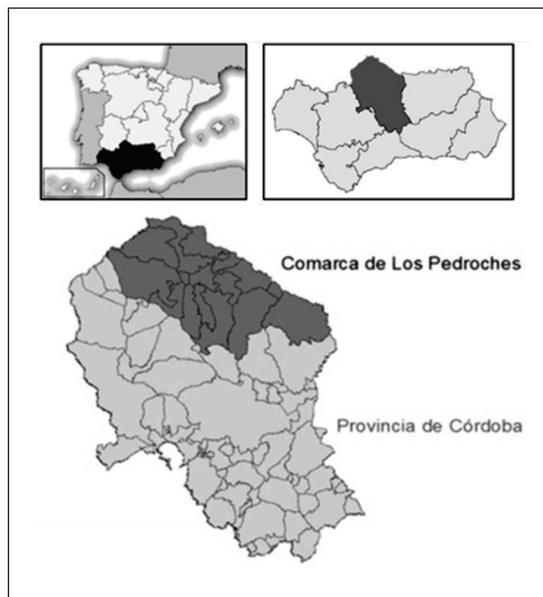


Figura 1. Localización de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Figure 1. Location of study area.

Source: Own elaboration.

La fisiografía característica de la zona es agreste y accidentada. En este entorno, se pueden encontrar territorios con pendientes muy variadas, destacando que un 30% de la superficie total de la comarca presenta pendientes por encima del 10%. Otras características de la zona son los suelos poco fértiles y los contrastes climáticos, con precipitaciones moderadas en otoño-invierno acompañadas de bajas temperaturas y marcadas sequías estivales. El paisaje más carac-

terístico de la comarca son las dehesas, que junto con el olivar ocupan el 75% de la superficie de la misma. Cabe destacar que estas dehesas se encuentran dentro de las Dehesas de Sierra Morena, declaradas Reserva de la Biosfera por la UNESCO en 2002, y que son una seña de identidad de Los Pedroches por la actividad ganadera que acogen.

La comarca cuenta con unas 25.000 ha de olivar, repartidas en 2.098 explotaciones (INE, 2011). Este olivar es en su mayoría centenario y se caracteriza por su baja rentabilidad debido a su bajo rendimiento productivo y los costes unitarios relativamente elevados. Por este motivo, la producción olivarera en la mayoría de los casos es una fuente complementaria de rentas de productores, dedicados a la ganadería o a otros sectores económicos fuera de la agricultura.

En 1995 algunos propietarios de explotaciones olivareras comenzaron la conversión del cultivo tradicional al olivar ecológico. Este cambio se ha realizado fácilmente desde el punto de vista técnico, ya que las limitaciones topográficas, especialmente la elevada pendiente, hacían que el olivar de la comarca estuviese poco intensificado (bajo consumo de factores productivos). Según datos de 2009, Los Pedroches cuenta con 11.862 ha de olivar en producción ecológica (47% del todo el olivar de la zona), que convierten a esta comarca en la mayor concentración de olivar ecológico de Andalucía, con el 30% del olivar ecológico andaluz.

Materiales y métodos

Materiales

La principal fuente de información a nivel de explotación para el análisis empírico ha sido una encuesta realizada *ad hoc* a olivareros de la zona de estudio. Para ello se elaboró un cuestionario con un total de 70 preguntas, a través de las cuales se recogió fundamental-

mente información relativa a las técnicas de cultivo desarrolladas en sus explotaciones. Esta información primaria, junto con otras fuentes secundarias, ha aportado los datos necesarios para la operatividad de la metodología planteada, permitiendo calcular para cada explotación de la muestra los correspondientes indicadores de sostenibilidad, tal y como se describen en el siguiente apartado. El cuestionario contenía asimismo un último bloque de preguntas destinadas a recoger información en relación a las características personales de los entrevistados (variables sociodemográficas del titular de las explotaciones) y de la propia explotación (variables estructurales de las explotaciones), tal y como se refleja en la Tabla 1.

Con el fin de reunir información de calidad y representativa de la olivicultura de la comarca, se seleccionó una muestra total de 100 explotaciones, distribuidas a partes iguales entre olivicultores convencionales y olivicultores acogidos a la agricultura ecológica. En ambos casos la extracción de la muestra fue aleatoria entre los socios de dos cooperativas olivareras de la zona. Las 50 entrevistas referentes al olivar ecológico fueron realizadas a socios de la "Cooperativa Olivarera de Los Pedroches", donde se elabora todo el aceite de oliva ecológico de la comarca. Las otras 50 encuestas, dedicadas al olivar convencional, fueron realizadas entre los socios de la "Cooperativa Olivarera Nuestra Señora de Luna". Esta cooperativa resulta complementaria a la anterior, pues está dedicada a la extracción de aceite de oliva procedente de agricultura convencional. La realización de estas entrevistas a los socios de ambas cooperativas tuvo lugar entre los meses de septiembre y noviembre de 2010.

La información suministrada a través de las entrevistas ha permitido, en primer lugar, realizar una caracterización socioestructural de los sistemas productivos de olivar en esta comarca, considerando para ello las variables recogidas en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables socioestructurales consideradas en el análisis.
 Table 1. Socio-structural variables considered for the analysis

Variabes sociales del olivicultor	<i>EDAD</i> : Edad del olivicultor (años)
	<i>SEXO</i> : Sexo del olivicultor (mujer = 0; hombre = 1)
	<i>NUMHIJOS</i> : Número de hijos
	<i>ESTSEC</i> : Tener estudios secundarios (no = 0; sí = 1).
	<i>FORMAGR</i> : Tener alguna formación agraria (no = 0; sí = 1)
Variabes estructurales de la explotación	<i>SUPOLIVT</i> : Superficie total de olivar (ha)
	<i>EDADPLANT</i> : Edad de la plantación (años)
	<i>DENSIDAD</i> : Densidad de plantación (árboles/ha)
	<i>PRODMED</i> : Producción media (kg/ha)
	<i>PENDIENT</i> : Pendiente del terreno (%)

Fuente: Elaboración propia.

Source: Own elaboration.

Del análisis de estas variables se obtienen en primer lugar unas características comunes al conjunto de los olivicultores de la zona. En relación a las explotaciones, éstas tienen una superficie media de olivar de unas 15 hectáreas, con una densidad de plantación en torno a los 140 olivos/ha. Se trata, por lo tanto, de explotaciones de pequeño y mediano tamaño y con una densidad de plantación poco intensificada. Por su parte, estos productores tienen una edad media de 50 años.

Para el resto de variables recogidas en la Tabla 1 se han encontrado diferencias significativas entre los dos sistemas de producción considerados. Así, estructuralmente, puede concluirse que las explotaciones acogidas a la producción ecológica resultan tener unas plantaciones de mayor edad (valor medio de

155 años frente a 124 de los olivares convencionales), de las cuales se obtiene una producción media un 40% menor que en un sistema convencional (1.539 kg de aceituna/ha de la producción ecológica frente a 2.581 kg de aceituna/ha de la convencional). Este último dato contrasta con los reportados en otros estudios similares. Así por ejemplo, Parra-López y Calatrava-Requena (2005) obtienen que la producción ecológica presenta una producción un 28% inferior a la convencional (con valores similares a los obtenidos en este estudio en relación a la primera, pero ligeramente inferiores para ésta última), mientras que Alonso y Guzmán (2006) reportan una diferencia de apenas el 13%, obteniendo producciones del olivar convencional mucho menores a las halladas en este estudio². Además, por lo general, las explotacio-

2. Una comparación realmente fiable de la productividad del olivar ecológico frente al convencional exigiría un trabajo de "laboratorio" donde se pudiese verificar la condición *ceteris paribus*, es decir, considerar iguales el resto de factores que condicionan la producción (i.e., calidad del suelo, de pendiente de terreno, clima, edad de la plantación, marco de plantación, variedad de olivar, profesionalidad del olivicultor, etc.). Desgraciadamente, este tipo

nes ecológicas se encuentran en terrenos de menor pendiente (media del 25% frente al 30% de la convencional).

Por otro lado, en cuanto a las variables socio-demográficas de los productores, cabe comentar que existen diferencias en relación a la variable sexo: las mujeres se dedican proporcionalmente más a la olivicultura ecológica (un 72,7% de las mujeres entrevistadas gestionan explotaciones de olivar ecológico) que los hombres. Llama la atención en este punto el elevado porcentaje de mujeres que en esta zona están a cargo de la gestión de explotaciones de olivar (Martínez Solimán y Sabaté, 2003; Sabaté, 2011). Si bien no se trata de una comarca de elevada producción olivarera, sí que ésta es una práctica arraigada en la cultura del territorio, donde tradicionalmente la mujer ha ejercido un papel activo.

Las diferencias detectadas en la caracterización socioestructural de las explotaciones ecológicas y convencionales hacen que un análisis comparativo de los indicadores de sostenibilidad considerados a través de pruebas estadísticas de comparación de medias o de proporciones no resulte adecuado, pues ante la existencia de diferencias significativas entre las características de las explotaciones de uno y otro tipo de olivar, cabría dudar de si tales diferencias se deben realmente al sistema de producción (ecológico vs. convencional) o a la existencia de otras variables subyacentes. Por este motivo, se han realizado las regresiones multivariantes que se comentarán en el siguiente apartado, al objeto de aislar adecuadamente el efecto diferencial del sistema productivo.

Metodología

Al objeto de evaluar cuantitativamente la sostenibilidad de las explotaciones olivareras analizadas se ha optado por emplear un método basado en el cálculo de indicadores desarrollado a través del marco teórico denominado SAFE (van Cauwenbergh *et al.*, 2007). Dicho marco propone evaluar la sostenibilidad de la actividad agraria mediante el empleo de una estructura jerárquica, tal y como se muestra en la Figura 2. Siguiendo este enfoque, Gómez-Limón y Arriaza (2011), Gómez-Limón y Riesgo (2012) y Gómez-Limón *et al.* (2012) han seleccionado un conjunto de indicadores específicos que resultan adecuados para un análisis integral de la sostenibilidad del olivar. Dicha selección de indicadores es la que se muestra en la Tabla 2. Estos indicadores, como medidores del desempeño multifuncional de las explotaciones de olivar, han sido los que se han considerado para el análisis comparativo planteado entre producción ecológica y convencional. Para más información sobre la forma concreta de calcular estos indicadores así como la información necesaria para ello, se remite al lector interesado al trabajo de Gómez-Limón y Arriaza (2011) y Gómez-Limón y Riesgo (2012).

Para el análisis de los indicadores de sostenibilidad así obtenidos se han utilizado modelos de regresión, en los que se han tomado los diferentes indicadores de sostenibilidad como variables dependientes, y las variables socioestructurales expuestas en la Tabla 1 como variables independientes o explicativas. Asimismo, se ha añadido una nueva variable

de comparación resulta imposible a partir de datos derivados del mundo real, donde los datos de rendimientos recogidos están condicionados ("contaminados") por el resto de factores. Esta circunstancia, además de los errores estadísticos derivados de la selección muestral, es la que realmente explica las diferencias de rendimientos reportados en nuestro estudio y los otros estudios reportados arriba. Como se comenta más adelante en el texto, la existencia de diversos factores condicionantes del rendimiento (y de los demás indicadores de sostenibilidad considerados) exige realizar análisis estadísticos adicionales para poder diferenciar la influencia real del factor "sistema de producción" (ecológico/convencional) de la procedente de otros factores igualmente influyentes.

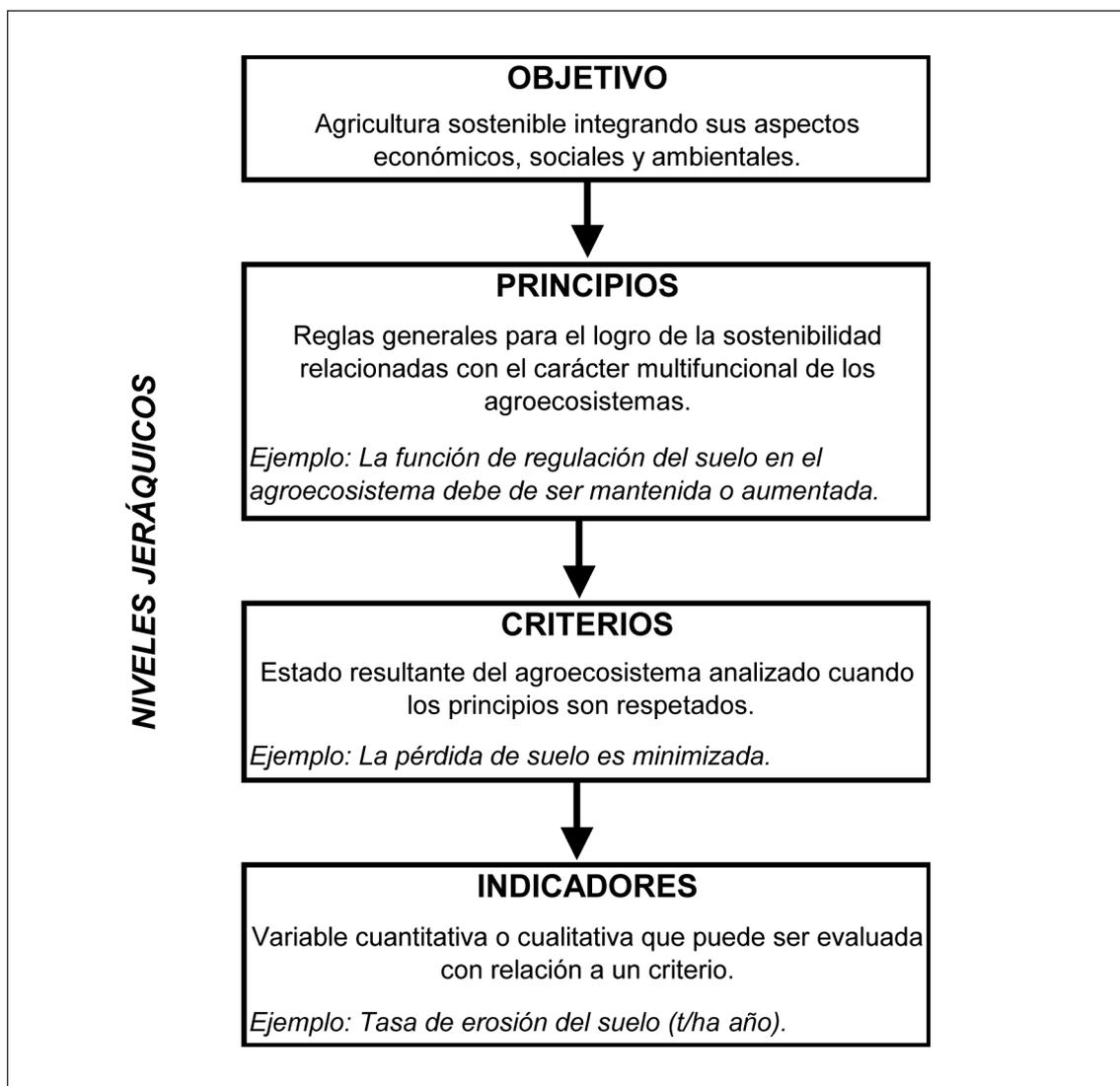


Figura 2. Estructura jerárquica del marco SAFE.

Fuente: van Cauwenbergh et al. (2007).

Figure 2. Hierarchical structure of SAFE framework.

Source: van Cauwenbergh et al. (2007).

explicativa denominada *ECOLOGICO*, que toma el valor 1 para las explotaciones acogidas a la producción ecológica y el valor 0 para aquellas que son convencionales. De esta forma, se han podido obtener modelos

para cada indicador en el que se puede observar si el carácter ecológico o convencional de las explotaciones influye en el nivel de sostenibilidad a igualdad del resto de condiciones (*ceteris paribus*).

Tabla 2. Indicadores de sostenibilidad
Table 2. Sustainability indicators

PRINCIPIO	CRITERIO	INDICADOR	
Función económica privada. Viabilidad de las explotaciones de olivar	Renta agraria de los olivicultores adecuada	Rentabilidad privada del olivicultor (RENTOLIV) [€/ha-año]	
	Renta agraria de los olivicultores estable	Variabilidad de la renta del olivicultor (VARRENT) [adimensional]	
	Capacidad de adaptación a los cambios asegurada	Índice de adaptación (INDADAP) [adimensional]	
Función económica pública. Suficiencia alimentaria y generación de riqueza	Valor de la producción maximizado	Valor de la producción (VALPROD) [€/ha-año]	
	Valor de la producción estable	Variabilidad de las ventas (VARVENTA) [adimensional]	
	Contribución a la economía regional maximizada	Contribución al Valor Añadido Agrario (CONVAB) [€/ha-año]	
	Dependencia de las subvenciones minimizada	Porcentaje de los ingresos procedente de subvenciones (PORCSUBV) [adimensional] acotado [0,1]	
Función social. Contribución al desarrollo rural	Empleo total generado maximizado	Empleo total (MOTOT) [UTA/ha-año]	
	Capacidad de remuneración del trabajo garantizada	Productividad aparente del factor trabajo (PRODMO) [€/UTA]	
	Relevo intergeneracional de la explotación asegurado	Riesgo de abandono de la actividad agraria (ABANDON) [%] acotado [0, 1]	
	Fijación de la población al medio rural adecuada	Porcentaje de mano de obra familiar y fija (MOFAMFI) [%] acotado [0,1]	
	Suministro de alimentos de calidad o tradicionales garantizado	^a Pertenencia a DOP (DENOMIN) [adimensional cualitativo: 0/1]	
		^b Porcentaje de la producción calificada como aceite virgen extra (ACEVIRG) [%] acotado [0,1]	
Función cultural. Conservación del patrimonio	Calidad visual del paisaje conservada o mejorada	Porcentaje de superficie dedicada a otros cultivos/ usos (OTROSCUL) [%] acotado [0, 1]	
	Elementos culturales y paisajísticos conservados	Cobertura del suelo (COBERT) [%] acotado [0, 1]	
		Índice de mantenimiento y puesta en valor del patrimonio olivarero (PATRIMON) [adimensional] acotado [0, 1]	

^a Indicador no analizado en este caso de estudio al no existir variabilidad entre explotaciones (toma el valor 0 para todas ellas al no pertenecer la co- marca de Los Pedroches a ninguna DO de aceite de oliva virgen).

^b Indicador no analizado en este caso de estudio al disponer de la información necesaria para su cálculo.

Fuente: Gómez-Limón y Arriaza (2011) y Gómez-Limón y Riesgo (2012).

Source: Gómez-Limón and Arriaza (2011) and Gómez-Limón and Riesgo (2012).

Tabla 2. Indicadores de sostenibilidad (continuación)
 Table 2. Sustainability indicators (continuation)

PRINCIPIO	CRITERIO	INDICADOR
Función de mantenimiento de la biodiversidad	Diversidad genética olivar garantizada	Número de variedades de olivar (NUMVAR) [variedades de olivar]
	Diversidad biológica mantenida o aumentada	Índice de diversidad biológica (INDIVERS) [adimensional] acotado [0,1] Riesgo de pesticidas (RIESPEST) [kg rata/ha.año]
	Diversidad de hábitats (ecosistemas) mantenida o aumentada	Porcentaje de superficie dedicada a otros cultivos/ usos (OTROSCUL) [%] acotado [0,1] Porcentaje de la explotación no cultivada (SUPNOCUL) [%] acotado [0,1]
Función de mantenimiento de los recursos naturales	Erosión del suelo minimizada	Cantidad de suelo erosionado (EROSION) [t/ha.año]
	Fertilidad del suelo mantenida o mejorada	Índice de materia orgánica en el suelo (MATORG) [adimensional] acotado [0,1]
	Calidad química del suelo y agua mantenida o mejorada	Balance de nitrógeno (BALNITRO) [kg N/ha.año] Uso de herbicidas residuales (HERBICID) [g equivalentes de glifosato/ha.año]
	Detracción de agua de los ecosistemas minimizada	Uso del agua de riego (USOAGUA) [m ³ /ha.año]
	Balance de energía optimizado	Balance energético (BALENERG) [kcal/ha.año]

∞ Indicador no analizado en este caso de estudio al no existir variabilidad entre explotaciones (toma el valor 0 para todas las explotaciones analizadas al ser todas ellas de secano).

Fuente: Gómez-Limón y Arriaza (2011) y Gómez-Limón y Riesgo (2012).

Source: Gómez-Limón and Arriaza (2011) and Gómez-Limón and Riesgo (2012).

De manera más concreta, cabe comentar que las regresiones de los indicadores con valores no acotados (*RENTOLIV*, *VARRENT*, *VALPROD*, *VARVENTA*, *CONAVAB*, *MOTOT*, *PRODMO*, *NUMVAR*, *RIESPEST*, *EROSION*, *BALNITRO*, *HERBICID*, *BALENERG*) se han realizado a través de modelos lineales estimados mediante el procedimiento de mínimos cuadrados ordinarios (OLS). Para el resto de indicadores (*INDADAP*, *PORCSUBV*, *ABANDON*, *MOFAMIL*, *OTROSCUL*, *COBERT*, *PATRIMON*, *INDIVERS*, *SUPNOCUL*, *MATORG*), que se caracterizan por tener valores acotados en el rango [0,1], se han empleado regresiones Tobit doblemente censuradas (Tobin, 1958), estimadas mediante el procedimiento de máxima verosimilitud (MLE). El uso de esta segunda técnica de regresión está justificado al objeto de evitar posibles sesgos de estimación que puede provocar el empleo del procedimiento OLS cuando la variable dependiente está acotada (Simar y Wilson, 2007).

Las regresiones realizadas se han implementado a través del método paso a paso (*step-wise*) "hacia atrás", con criterio de salida $p > 0,1$ y criterio de entrada $p < 0,05$. De esta manera se han obtenido modelos en los que sólo figuran las variables realmente explicativas de cada indicador, facilitando así su interpretación. Al mismo tiempo, se realizó el diagnóstico de multicolinealidad para verificar que no existe una excesiva correlación entre variables explicativas del modelo ($FIV < 10$).

Resultados

En la Tabla 3 se recogen los coeficientes no estandarizados de las variables explicativas que han resultado estadísticamente significativas en los modelos de regresión implementados para cada indicador. Asimismo, en cada caso se reporta el coeficiente de determinación R^2 o el pseudo- R^2 de McKelvey-Zavoinia (McKelvey y Zavoina, 1975), en función de que las re-

gresiones se hayan estimado mediante OLS o MLE, respectivamente, al objeto de poder cuantificar la bondad de ajuste en las regresiones (Veall y Zimmermann, 1996).

A continuación se comentan aquellos indicadores en los que interviene la variable *ECOLOGICO*, como los resultados más relevantes para el objetivo de este estudio.

Análisis de indicadores de sostenibilidad económica

La dimensión económica se ha estudiado según dos principios. Por un lado, una función económica privada, relacionada con la viabilidad de las propias explotaciones, y por otro lado, una función económica pública, por la que se asegure la suficiencia alimentaria y se genere riqueza para el conjunto de la sociedad. Para esta dimensión, cinco indicadores han dado resultados relevantes para los objetivos del trabajo.

Rentabilidad privada del olivicultor

Dentro de la función económica privada, la renta neta de los olivicultores (*RENTOLIV*) resulta de la diferencia entre los ingresos brutos (procedentes de la venta de la cosecha más la cuantía de las subvenciones) y los costes de producción (tratamientos, poda, recolección, etc.). Debido a la variabilidad de los ingresos de un año a otro (variaciones en rendimiento y precio del aceite/aceituna), se ha calculado este indicador como una media de las campañas 2000/2001 a 2010/2011. Con este propósito se ha considerado un precio medio para el aceite de oliva convencional de 2,33 €/kg, mientras que para el aceite ecológico se ha aplicado un diferencial del 21% sobre éste, resultando una media de 2,82 €/kg. La fuente de esta información han sido las propias cooperativas que han colaborado en esta investigación.

Tras la obtención del modelo de regresión, se observa cómo la producción media afecta

Tabla 3. Resultados de las regresiones multivariantes (coeficientes estadísticamente significativos)
 Table 3. Results of multivariate regressions (statistically significant coefficients)

VARIABLES DEPENDIENTES (INDICADORES)	VARIABLES EXPLICATIVAS											R ² pseudor-R ²	
	EDAD	SEXO	NUMHIJOS	ESTSEC	FORMAGR	SUPOLIVT	EDADPLANT	PRODMED	PENDIENT	ECOLOGICO			
Económicos													
RENTOLIV ^a						1,31		0,658	6,165	225,42	0,923 ^a		
VARRENT ^a					-0,009			-1,1·10 ⁻⁵			0,119 ^a		
INDADAP ^b	-0,006	0,041			0,067				-0,004	0,036	0,498 ^b		
VALPROD ^a								0,445		150,98	0,975 ^a		
VARVENTA ^a	-0,001		0,006		-0,014				3,976	171,60	0,071 ^a		
CONAVAB ^a								0,443			0,936 ^a		
PORCSUBV ^b								-3,9 10 ⁻⁵		0,060	0,379 ^b		
Socioculturales													
MOTOT ^a											0,184 ^a		
PRODMO ^a		4,911,9						34,306	227,04		0,916 ^a		
ABANDON ^b	-0,010				-0,191					0,209	0,180 ^b		
MOFAMIL ^b			0,052							-0,178	0,274 ^b		
OTROSCUL ^b			0,166								0,148 ^b		
COBERT ^b									0,022	-0,122	0,623 ^b		
PATRIMON ^b											0,178 ^b		
Ambientales													
NUMVAR ^a											0,100 ^a		
INDIVERS ^b	-0,001									0,090	0,228 ^b		
RIESPEST ^a					444,7			0,233	-17,84	-1,050,8	0,294 ^a		
SUPNOCUL ^b			0,158								0,145 ^b		
EROSION ^a									0,934	4,06	0,502 ^a		
MATORG ^b											0,261 ^b		
BALNITRO ^a					12,72				-0,931		0,218 ^a		
HERBICID ^a										-1,200,3	0,854 ^a		
BALENERG ^a								1,867	27,94		0,675 ^a		

^a Indicadores analizados mediante regresiones lineales estimadas mediante OLS; estimador de bondad del ajuste R².

^b Indicadores analizados mediante regresiones tobit doblemente censuradas estimadas mediante MLE; estimador de bondad del ajuste pseudor-R² de McKelvey-Zavoinia.

Fuente: Elaboración propia.

Source: Own elaboration.

significativamente en este indicador, de tal manera que por cada kg/ha-año que aumente la misma, la rentabilidad de la explotación de olivar lo hace en 0,658 €/ha-año, siendo el factor más influyente en el modelo. En segundo lugar, destaca el hecho de que practicar olivicultura ecológica (valor 1 de la variable explicativa) también supone un incremento de la rentabilidad privada, en un valor de 225,42 €/ha-año. Este hecho se justifica por los mayores precios percibidos por su producción y por el aporte de rentas adicionales que suponen los pagos agroambientales derivados de la producción ecológica (un pago anual medio de 280 €/ha). Ambos factores compensan con creces la diferencia negativa de rendimientos arriba indicada con respecto al sistema convencional. Los costes de producción son similares en ambos sistemas, diferenciándose principalmente en las técnicas de manejo del suelo, tal y como se comentarán más adelante.

Aunque en menor medida, la variable pendiente (*PENDIENT*) afecta igualmente de manera positiva a la rentabilidad de la explotación; por cada aumento de la pendiente en un 1%, la rentabilidad se incrementa en 5,27 €/ha-año. Este resultado cabría considerarlo como contraintuitivo, pues es bien sabido que mientras mayor es la pendiente, menor es la rentabilidad del olivar (Diputación Provincial de Jaén-Fundación Citoliva, 2007; AEMO, 2010). No obstante, esta aparente anomalía puede explicarse si se tiene en cuenta que la pendiente actúa sobre la rentabilidad de dos formas. La primera es afectando a la producción y los ingresos (a mayor pendiente, menor producción), factor que ya es recogido en el modelo de regresión mediante la inclusión de la variable explicativa *PRODMED*. La segunda es afectando a los costes, los cuales se reducen a medida que se incrementa la pendiente, tal y como evidencian estudios como el de AEMO (2010). Recogido el efecto sobre los ingresos a través de la variable explicativa

PRODMED, es este segundo efecto sobre los costes lo que realmente refleja el coeficiente de la variable *PENDIENT*; su signo positivo indica que a medida que se incrementa la pendiente se reducen los costes de producción.

Por último, cabe señalar la influencia de la edad de la plantación, de forma que por cada año de más de la plantación, la rentabilidad aumenta 1,69 €/ha-año.

En conjunto, esta regresión cuenta con un buen ajuste, con un valor de $R^2 = 0,923$, circunstancia que indica que la rentabilidad está prácticamente definida con estas cuatro variables que han resultado estadísticamente significativas.

Índice de adaptación

La viabilidad de una explotación no sólo depende de los beneficios que genere, sino de la capacidad que ésta tiene para responder y adaptarse a los cambios futuros. Para cuantificar dicha capacidad, este indicador se ha calculado sobre la base de los siguientes factores: la pendiente media del terreno (determinante de las alternativas tecnológicas de la producción) y la edad del agricultor y la formación agraria del mismo (determinantes de la aptitud y capacidad del productor para gestionar e innovar en su actividad productiva). Se tratará, por tanto, de un indicador adimensional, cuyos valores oscilan entre el valor 0 (nulo nivel de adaptación) y 1 (óptimo nivel de adaptación).

El modelo de regresión obtenido presenta seis variables estructurales que condicionan el valor de este indicador. Por orden de importancia, cabe comenzar comentando que a medida que aumenta la edad del olivicultor disminuye su capacidad de adaptación, puesto que por cada año de más de éste, el valor de *INDADAP* disminuye en 0,006 puntos. De igual manera, una mayor pendiente del terreno dificulta la viabilidad futura de la explotación, recortándose el valor de este índice en 0,004

por cada aumento unitario de la pendiente. Por otro lado, poseer algún tipo de formación agraria (cursos, formación profesional, universitaria, etc.) lo incrementa en 0,067.

Todas estas variables están incluidas en la definición del indicador, por lo que era de esperar resultados significativos en la regresión. En cualquier caso, el modelo nos devuelve otros factores que presentan igualmente significación estadística. Así, el hecho de acogerse a la producción ecológica tiene una aportación positiva a la sostenibilidad económica de la explotación en este sentido, incrementando el valor del índice de adaptación en 0,036 puntos. Esta relación cabe explicarla porque las explotaciones ecológicas requieren de un menor nivel de complejidad técnica en lo que a infraestructuras se refiere, por lo que pueden resultar más manejables en un escenario cambiante. Finalmente, cabe comentar que los otros factores que han resultado significativos han sido la edad de la plantación (con coeficiente positivo, del que se deriva que a mayor edad existe una mayor capacidad para responder a los cambios, pues la necesidad de renovación de la misma es más urgente) y sexo, evidenciando que las mujeres otorgan a las explotaciones que gestionan una mayor capacidad de adaptación (a igualdad de todo lo demás, si el gestor es hombre el índice disminuye en 0,041 puntos).

En este caso la regresión presenta un valor del pseudo- $R^2 = 0,498$, lo que indica que sólo la mitad (49,8%) de la variabilidad del indicador *INDADAP* está determinada por las variables explicativas que han resultado estadísticamente significativas. De este dato cabe deducir que existen otras variables que no han sido incluidas en el modelo que tienen igualmente capacidad de explicar el valor que toma la variable dependiente analizada. Sin embargo, esta circunstancia (bajo coeficiente de determinación y existencia de otras variables explicativas no analizadas) no va

en detrimento de las afirmaciones arriba indicadas respecto a la existencia de relaciones estadísticamente significativas entre las variables socioestructurales consideradas y la variable dependiente (indicador de sostenibilidad *INDADAP* en este caso).

Valor de la producción

Este indicador se incluye dentro de la función económica pública, midiendo la contribución de las explotaciones a la suficiencia alimentaria y a la generación de riqueza en el medio rural donde se localiza esta actividad. Su cálculo se basa simplemente en el valor de las ventas de aceite, por lo que, al igual que en el caso de la rentabilidad, se ha realizado una media de las últimas campañas, considerándose los precios ya citados y un rendimiento en aceite del 20%.

El modelo obtenido presenta un ajuste muy elevado ($R^2 = 0,992$), por lo que este indicador queda prácticamente descrito a través de sólo dos variables: la producción media y el carácter ecológico de la explotación. Resulta obvio que el valor de la producción dependa en primer lugar de la cantidad que se produzca, puesto que, *ceteris paribus*, una mayor cantidad de aceite producida supone un mayor incremento de la riqueza. Concretamente, por cada kg/ha de aceite, el valor aumenta en 0,45 €/ha. Respecto al factor ecológico, puede afirmarse que estar acogido a la producción ecológica supone un aumento del valor de la producción de casi 151 €/ha, a igualdad de todo lo demás. La razón de ello es la misma que ya se explicó en el caso de la rentabilidad, puesto que los precios del aceite ecológico son considerablemente superiores a los del aceite convencional.

Contribución al Valor Añadido Agrario

Como en el caso anterior, con este indicador se trata de medir el aporte que las explotaciones de olivar realizan al conjunto de la riqueza de

la Comunidad Autónoma. Su cálculo se basa en hallar el Valor Añadido Bruto (VAB) a nivel micro, resultante de la diferencia entre las ventas y los costes intermedios imputables al cultivo del olivo, todo esto cuantificado como media del período 2000/2001 a 2010/2011.

Resulta evidente que la generación de riqueza en el medio rural depende fundamentalmente de la producción (*PRODMED*). Así lo ponen de manifiesto los resultados del modelo; por cada kg/ha que aumente la producción media, la generación de riqueza aumenta igualmente en 0,44 €/ha-año. La segunda variable en importancia es el carácter ecológico de la explotación. El modelo muestra que aquellas explotaciones que practican la olivicultura ecológica suponen una mayor contribución a la riqueza regional que la convencional, concretamente de 171,60 €/ha-año. La razón de esto ya se ha manifestado en casos anteriores pues, a igualdad de todo lo demás, la producción de aceite procedente de este sistema de cultivo tiene un valor económico superior.

Por último, también ha resultado significativa de manera positiva la pendiente del terreno, incrementándose el valor añadido en 3,54 €/ha-año por cada 1% que aumente la pendiente. Como se aclaró con anterioridad en relación al indicador *RENTOLIV*, este resultado contraintuitivo cabe explicarlo por el cumplimiento del *ceteris paribus* propio de las técnicas de regresión.

Con estos tres factores, el modelo de regresión está definido en un 93,6%, según el valor de R^2 obtenido.

Porcentaje de los ingresos procedente de subvenciones

Teniendo en cuenta los importes procedentes del pago único por explotación y los programas agroambientales, este indicador se ha definido como la relación entre dichas subvenciones y los ingresos totales del olivicultor.

Por lo tanto, mayores valores de este indicador implican una menor sostenibilidad económica, puesto que el caso ideal es que las explotaciones sean viables sin necesidad de intervención pública.

El modelo obtenido revela que estar acogido a la producción ecológica incrementa el porcentaje de ingresos procedente de subvenciones en 6 puntos porcentuales. Este resultado indica que, según este criterio, y teniendo en cuenta la condición *ceteris paribus*, este sistema de producción resulta menos sostenible que el convencional, al depender sus ingresos en mayor medida del apoyo público. Este hecho está en buena medida justificado por el pago procedente de los programas agroambientales, que sólo lo reciben los productores de olivar ecológico.

Por otro lado, también resulta significativa la variable *PRODMED*, estableciendo que la sostenibilidad desde esta perspectiva (menor dependencia de las subvenciones) se incrementa a medida que aumenta la producción media de la explotación (mayor nivel de ingresos procedentes de las ventas). No obstante, puesto que el valor de pseudo- R^2 es de 0,379, se deduce que existen otras variables igualmente explicativas de este indicador, pero que no son consideradas en este trabajo.

Análisis de indicadores de sostenibilidad sociocultural

En la dimensión sociocultural se han considerado igualmente dos principios: una función social y otra función cultural. La primera hace referencia al papel que las explotaciones de olivar tienen en el desarrollo de las zonas rurales, mientras que la función cultural engloba la conservación del patrimonio rural. En esta dimensión, sólo tres indicadores han resultado significativos en cuanto a la incidencia real del sistema de producción elegido por el productor.

Riesgo de abandono de la actividad agraria

El abandono de la actividad agraria supone un impacto negativo sobre el desarrollo rural de los territorios donde ésta se localiza, y asegurar el relevo generacional en el sector del olivar puede resultar un importante problema, sobre todo en zonas marginales (Sánchez Jiménez, 2002). La forma de hallar este indicador de sostenibilidad social ha consistido únicamente en preguntar directamente a los olivicultores entrevistados si creían que su explotación continuaría en producción tras su jubilación, tomando el valor 0 cuando la continuidad de la actividad esté asegurada y valor 1 cuando exista riesgo claro de abandono.

El modelo de regresión refleja que el carácter ecológico de una explotación es el factor que en mayor medida afecta al riesgo de abandono. Más concretamente, y a igualdad de todo lo demás, una explotación ecológica incrementa en 0,209 el riesgo de abandono de la actividad. Hay que tener en cuenta que este indicador se ha calculado en base a la apreciación de los olivicultores, pudiéndose explicar porque, según su punto de vista, la producción de aceituna ecológica es menor a la convencional y tienen una mayor necesidad de apoyo público, subvenciones que en tiempos de inestabilidad económica como en la actualidad pueden verse recortadas, generando más incertidumbre entre estos agricultores. Por el contrario, la edad de la plantación y del olivicultor, así como tener formación agraria, son factores que disminuyen este riesgo de abandono, reduciendo el valor del índice *ABANDON* en 0,002, 0,001 y 0,191 puntos, respectivamente. No obstante, debe indicarse que el modelo para este indicador tiene un poder explicativo bajo (pseudor- $R^2 = 0,180$), de lo que se deriva la existencia de otras variables diferentes a las analizadas como realmente determinantes de la variabilidad de este indicador.

Porcentaje de mano de obra familiar y fija

La elevada estacionalidad de la mano de obra en el cultivo del olivo, cuyas necesidades se concentran de manera especial durante la época de recolección, es un factor que dificulta la fijación de población en las áreas rurales, suponiendo un hándicap para el desarrollo rural de las zonas donde está implantado. Por el contrario, el uso de mano de obra familiar y fija supone un importante elemento de cohesión social, en la medida que contribuye de manera activa a la fijación de estos trabajadores al territorio. Así, el porcentaje de la mano familiar y/o fija empleada en las explotaciones sobre el total de la mano de obra (*MOFAMIL*) constituye un indicador de interés para cuantificar el desempeño social de las mismas.

Tres variables explicativas están incluidas en el modelo de regresión implementado para analizar este indicador. Por un lado, el número de hijos incrementa el valor del indicador en 0,052 puntos, puesto que se dispone de más mano de obra familiar. Por el contrario, a medida que se incrementa la superficie de cultivo, el uso la mano de obra familiar o fija disminuye a favor de la eventual (el indicador *MOFAMIL* disminuye 0,006 por cada hectárea de incremento).

Finalmente cabe comentar que la variable *ECOLOGICO* también resulta explicativa en el modelo de regresión de este indicador. El signo negativo del coeficiente correspondiente indica que este sistema resulta menos sostenible desde esta perspectiva, en la medida que emplea de media 17,8 puntos porcentuales menos de mano de obra familiar o fija. En cualquier caso, el bajo ajuste del modelo obtenido (pseudor- $R^2 = 0,180$) deja abierto estos resultados para futuras investigaciones, que profundicen en la explicación a este indicador.

Cobertura del suelo

Como función cultural, la presencia de cobertura vegetal en el suelo a lo largo de las calles de la plantación supone una mejor valoración de la calidad visual y paisajística del medio (Arriaza et al., 2004). Por ello, este indicador trata de medir los días al año que el suelo se encuentra cubierto por vegetación, generalmente espontánea. Se trata de un indicador adimensional, que toma valores entre 0, cuando el suelo se mantiene desnudo todo el año, y 1 para el caso de que la cobertura vegetal se mantenga todo el año. Puesto que en la práctica puede realizarse más de una técnica de control de malas hierbas, a efectos de cálculo se ha considerado aquélla que predomine en cada explotación.

El modelo de regresión obtenido muestra que el hecho de ser ecológico, a igualdad del resto de variables explicativas, reduce en 0,122 puntos el grado de cobertura del suelo. Este resultado contrasta con resultados de otros trabajos anteriores. Por ejemplo, Álvarez et al. (2007), Milgroom et al. (2007) o Gómez Calero et al. (2009) realizan estudios sobre la influencia en la conservación del suelo de los sistemas de producción de olivar convencional y ecológico en la provincia de Córdoba, y sus resultados muestran una mayor protección del suelo y un menor riesgo de erosión en la producción ecológica. La clave para entender la divergencia de estos resultados en relación a los ahora presentados reside en que los estudios antes mencionados consideran que en el sistema de producción convencional se utilizan técnicas de laboreo como técnica preferente de manejo del suelo.

Si bien esta forma de controlar las malas hierbas es normal en olivares de campiña (Gómez-Limón y Arriaza, 2011), ésta no es la situación con las que nos encontramos en la comarca de Los Pedroches en la actualidad.

En este sentido debe señalarse que en ambos sistemas de producción el mantenimiento de cubierta vegetal durante el otoño-invierno es una práctica habitual. Recordamos que se trata de olivares con pendientes superiores al 10%, a los cuales la condicionalidad obliga a un mantenimiento de dicha cubierta. En ambos sistemas la siega de las cubiertas se realiza cuando éstas comienzan a competir con el cultivo por el agua disponible en el suelo, normalmente durante el mes de marzo. La diferencia entre ambos sistemas de producción radica en la técnica de siega. En la producción convencional el 100% de los entrevistados realiza un manejo de la vegetación a través de herbicidas de post-emergencia, pudiéndose complementar con el uso de desbrozadora. En la producción ecológica, ante la imposibilidad de usar fitosanitarios, se realiza una siega mecánica, bien sea a través de cultivador (46%) o bien empleando una desbrozadora (22%). En el 32% restante de los casos los olivicultores ecológicos realizan la siega a diente como técnica principal³.

A efectos de cálculo del indicador *COBERT*, sólo el uso de cultivador reduce el número de días al año en los que el suelo presenta cobertura, puesto que se ha considerado que tanto el uso de herbicidas, como la desbrozadora y la siega a diente, mantienen el suelo con cobertura todo el año. No obstante, el 46% de los casos en los que se recurre al la-

3. La combinación de olivicultura y ganadería (especialmente ganado ovino) solía ser muy frecuente en esta comarca, tal y como señalan Alonso (2003) y Guzmán y Alonso (2008). No obstante, el uso de este método de siega está en retroceso, condicionado fundamentalmente por la reducción de la cabaña de ovino que ha sufrido la comarca durante la última década. Así, hoy en día la mayoría de los olivicultores no disponen de la carga ganadera necesaria para asegurar un buen control de la vegetación, circunstancia que les obliga a emplear otras técnicas de siega.

boreo del suelo en explotaciones ecológicas hacen que respecto a este indicador éstas resulten menos sostenibles que las explotaciones convencionales. Estas diferencias ponen en evidencia que para la zona de estudio, según lo declarado por los propios productores, el suelo del olivar convencional permanece más tiempo cubierto por la vegetación arvense que el del olivar ecológico. Este hecho explica los resultados obtenidos, según los cuales el olivar ecológico presenta un peor desempeño de la función de cobertura del suelo⁴.

Por otra parte, dentro del mismo modelo de regresión implementado para explicar el indicador *COBERT*, cabe señalar igualmente que el aumento de un 1% de pendiente supone un incremento de 0,022 puntos del grado de cobertura. Este resultado debe interpretarse porque a medida que las pendientes son más elevadas, el pase de maquinaria de labor resulta más complicado y se suele optar por otras alternativas de manejo del suelo. La producción media es la última variable explicativa incluida en el modelo, con coeficiente negativo, indicando que a medida que el olivar es más productivo es más frecuente el uso del cultivador como forma de manejo del suelo.

Para el resto de indicadores pertenecientes a esta dimensión, el carácter ecológico no resulta ser un factor determinante, por lo que no procede hacer comentario alguno al respecto.

Finalmente cabe aclarar que los indicadores que conciernen al suministro de alimentos tradicionales de calidad (*DENOMIN* y *ACE-VIRG*) se han obviado en esta investigación.

En primer lugar, en la comarca analizada no existe ninguna figura de protección de la calidad relacionada con el aceite de oliva y, en segundo lugar, a partir de la información proporcionada por el olivicultor es imposible determinar con certeza el porcentaje de la producción de aceitunas que se dedica a la producción de aceite de oliva virgen extra.

Análisis de indicadores de sostenibilidad ambiental

También para esta dimensión de la sostenibilidad se han considerado dos principios para su análisis: el mantenimiento de la biodiversidad (tanto de especies como de hábitats) y el mantenimiento de los recursos naturales y mitigación del cambio climático. Dentro de esta dimensión se han obtenido cuatro indicadores que son afectados por el sistema de producción, dos para cada principio, tal y como a continuación se comenta.

Índice de diversidad biológica

En cuanto a la función mantenimiento de la biodiversidad, resulta complejo y fuera de los límites de este estudio cuantificar la riqueza biológica que el olivar acoge, tal y como se ha abordado en estudios anteriores (véase Duarte *et al.*, 2009 para una completa revisión). Alternativamente, este indicador se ha definido a fin de alcanzar una aproximación de este atributo de la sostenibilidad, basándonos en variables fácilmente observables por el agricultor. Así, éste puede definirse como resultado de la suma debidamente pon-

4. Como oportunamente ha señalado uno de los revisores del trabajo, la práctica habitual en el olivar convencional de dejar la cubierta seca en las calles del olivar durante el verano, si bien permite cubrir el suelo y protegerlo de factores erosivos (mejor desempeño de los indicadores *COBERT* y *EROSION*), acarrea un grave peligro de incendio (Guzmán y Foraster, 2010), lo cual habría que juzgar en detrimento del desempeño sostenible de este sistema de producción. Sin embargo, este potencial indicador (riesgo de incendio) no ha sido considerado en este trabajo. Esta circunstancia apunta a la necesidad de que en futuras investigaciones se amplíe el número de indicadores de sostenibilidad a analizar.

derada de la presencia de cubiertas vegetales, el empleo de la siega a diente por ganado, el apilado de las varetas tras la poda y el mantenimiento de aceitunas en los olivos tras la cosecha (los detalles de cálculo pueden encontrarse en Gómez-Limón y Arriaza, 2011). El indicador así resultante es adimensional, tomando como máximo valor 1 cuando la biodiversidad es optimizada.

En este caso, el hecho de que la explotación esté acogida a la producción ecológica, *ceteris paribus*, resulta prácticamente como la única variable explicativa significativa del modelo. Así, cabe afirmar que un olivar ecológico incrementa el índice de diversidad biológica (*INDIVERS*) en 0,090 puntos, lo que lo hace más sostenible desde esta perspectiva. La razón principal, que diferencia a ambos sistemas, es el tratamiento más ecológico de los restos de poda y el empleo de ganado para la siega de la vegetación de las calles en una tercera parte de las explotaciones de este sistema productivo. Por otro lado, la edad del olivicultor también influye sobre el valor de este índice, en este caso con coeficiente negativo (a mayor edad del productor, la gestión de la explotación de olivar fomenta menos su biodiversidad).

Finalmente cabe señalar que el ajuste del modelo ofrece un valor bajo (pseudo- $R^2 = 0,228$), por lo que la determinación del valor de este indicador en base a las variables explicativas consideradas resulta incompleta, volviendo a dejar campo para futuras investigaciones.

Riesgo de pesticidas

Además de lo descrito anteriormente, el mantenimiento de la biodiversidad dependerá del nivel de uso de los distintos productos fitosanitarios que se emplean en las explotaciones de olivar, así como del poder biocida de los mismos. El fundamento de este indicador es el cálculo de esta capacidad biocida potencial de

los pesticidas empleados medida en kg de organismos vivos (rata más concretamente) que potencialmente pueden ser eliminados (EEA, 2005), siendo el valor mínimo 0 el caso más favorable al indicar un riesgo nulo.

Al igual que en el caso anterior, el modelo de regresión de este indicador muestra que el sistema ecológico hace que las explotaciones resulten ser más sostenibles, puesto que practicar este tipo de olivicultura disminuye el riesgo en 1.060 kg rata/ha-año, a igualdad del resto de factores. Más concretamente, en la olivicultura ecológica no está permitido el uso de ningún herbicida, por lo que el control de las malas hierbas se realiza de forma mecánica o a diente, y tampoco está autorizado ningún insecticida de síntesis, por lo que la lucha contra la mosca o la polilla del olivo se realiza recurriendo a botellas trampa y otros medios similares (Alonso y Guzmán, 2006; Guzmán y Foraster, 2010). Así, los olivicultores ecológicos entrevistados únicamente realizaban un tratamiento, a base de fungicidas para la lucha contra el repilo (empleando oxiclورو de cobre, frecuentemente). Por el contrario, en las explotaciones convencionales se suelen realizar tratamientos herbicidas con glifosato e insecticidas con dimetoato. El primero es un herbicida de contacto de amplio espectro, que elimina prácticamente cualquier especie vegetal, mientras que el segundo afecta muy negativamente a un amplio espectro de invertebrados, algunos de los cuales resultan beneficiosos para el cultivo (Cirio, 1997) o sirven de alimento a especies de avifauna.

Otras variables han resultado igualmente significativas en este modelo de regresión. La producción media y la formación agraria del olivicultor presentan coeficiente de signo positivo, implicando un mayor riesgo por pesticidas conforme ambas variables explicativas se incrementa. Por el contrario, la pendiente de las explotaciones muestra una relación significativa de carácter inverso.

El nivel de significación estadística del modelo resultante es relativamente bajo ($R^2 = 0,294$), requiriéndose futuras investigaciones para determinar qué otros factores influyen sobre este indicador.

Cantidad de suelo erosionado

Llegando ya a la última función, respecto al mantenimiento de los recursos naturales, uno de los elementos más importantes es la conservación del suelo, puesto que representa uno de los problemas ambientales más graves de Andalucía. Esto es debido a las condiciones naturales de clima y suelo, pero se ven agravadas significativamente por la realización de prácticas agrarias inadecuadas, que aceleran la pérdida de las capas más superficiales y fértiles del suelo.

La cuantificación de la cantidad de suelo erosionado resulta pues un indicador adecuado para medir el desempeño sostenible de las explotaciones agrarias en relación a la conservación del suelo. Este cálculo puede realizarse a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Actualizada (*Revised Universal Soil Loss Equation, RUSLE*), que considera la erosividad de la lluvia, la erodibilidad del suelo, la topografía del terreno, el tipo de cultivo y el manejo del suelo, y las medidas de conservación implementadas para la conservación del suelo como principales determinantes del fenómeno de la erosión. Para más detalles sobre el cálculo de este indicador, remitimos al lector al manual de Renard et al. (1997) y Gómez Calero y Giráldez (2009).

Como es lógico pensar, el modelo de regresión obtenido recoge la pendiente como principal variable explicativa del indicador *EROSION*. Por cada unidad porcentual de pendiente, la cantidad de suelo erosionada se incrementa, *ceteris paribus*, en casi 1 t/ha-año.

El otro factor explicativo que resulta significativo en el modelo es el sistema producción (*ECOLOGICO*). Así, el hecho de que la explo-

tación sea ecológica hace que la erosión aumente en más de 4 t/ha-año con respecto a las explotaciones convencionales. Esto puede resultar igualmente contraintuitivo y requiere asimismo una explicación. La justificación de este resultado está relacionada con lo descrito para el caso del indicador "cobertura del suelo", y que se refería a las técnicas empleadas para el control de la vegetación arvense. A pesar de que en ambos sistemas de producción se mantienen cubiertas vegetales durante el invierno, ambos difieren en las técnicas de siega. En la totalidad de explotaciones de producción convencional ésta se realiza a través de herbicidas de post-emergencia, tratamiento que se aplica únicamente alrededor de los ruedos, dejando las calles permanentemente con cubiertas. Por su parte, casi la mitad de las explotaciones de producción ecológica emplea el laboreo (uso de cultivador) como medio para combatir esta plaga, tratamiento que se realiza tanto en los ruedos como en las calles de la plantación. De nuevo, para la valoración de este aspecto ambiental, el uso de maquinaria de labranza (técnica más frecuente en producción ecológica) resulta perjudicial, en la medida que deja al suelo más desprotegido contra la erosión frente a los factores erosivos (principalmente la lluvia). Este hecho explica los resultados obtenidos, según los cuales el olivar ecológico presenta un peor desempeño de la función de conservación del suelo frente a la erosión.

Con ambas variables explicativas el modelo de regresión presenta un ajuste de $R^2 = 0,502$.

Uso de herbicidas residuales

En las últimas décadas, ha proliferado la aplicación de herbicidas en el olivar para el control de las malas hierbas, pero su uso más o menos inadecuado acarrea problemas importantes de contaminación. Principalmente, los procesos de percolación hacia aguas subterráneas y el arrastre hacia aguas superfi-

ciales dan lugar a la presencia de materia activa contaminante en masas de agua que pueden estar dedicadas al consumo, creándose fuentes de contaminación difusa (Hermosín et al., 2009). Este indicador recoge la capacidad de contaminación potencial de los herbicidas empleados en las explotaciones, siendo el valor 0 el más deseable por indicar un uso nulo de estos productos (véase igualmente Gómez-Limón y Arriaza, 2011 para detalle sobre su forma operativa de cálculo).

El modelo de regresión resultante revela que el sistema de producción es el único determinante significativo para explicar el valor de este indicador de sostenibilidad, evidenciando que si la explotación es ecológica, el uso de herbicidas se reduce en 1.200 g equivalentes de glifosato/ha-año, siendo por tanto más sostenibles desde esta perspectiva. Este resultado es fácilmente comprensible si se tiene en cuenta que la producción ecológica no permite el uso de herbicidas y que, por tanto, las explotaciones acogidas a este sistema de producción presentan un valor nulo de este indicador, todo lo contrario que las explotaciones convencionales, donde el uso de tratamiento herbicidas es muy frecuente. Así, el valor de $R^2 = 0,854$ denota que el modelo resultante queda bien definido con esta sola variable.

Con respecto al resto de indicadores de esta dimensión, señalamos que se ha obviado el cálculo del uso de agua (*USOAGUA* en la Tabla 2), al tratarse de explotaciones de secano. Por otro lado, los indicadores restantes no han obtenido un buen ajuste ni diferencias significativas entre sistemas de producción.

Conclusiones

El análisis empírico realizado ofrece resultados en torno a la dualidad entre olivicultura convencional y ecológica en la comarca de

Los Pedroches, considerando de manera integral su diferente contribución a las múltiples funciones que realiza la agricultura. Se observa un comportamiento dispar en los ámbitos económico, social y ambiental. Así, la metodología utilizada ha permitido obtener resultados de interés para el actual debate académico y social en cuanto a la sostenibilidad del cultivo en la principal región productora de aceite de oliva.

Puede concluirse que los sistemas de olivar ecológico y convencional en el territorio en el que se ha realizado el estudio presentan diferencias en lo que a la sostenibilidad se refiere, que corresponden a un desempeño desigual de las funciones económica, social y ambiental. Las diferencias pueden observarse en doce de los indicadores de sostenibilidad considerados en el análisis. De estos indicadores, el sistema ecológico resulta más sostenible en siete de ellos (la mayoría de indicadores económicos y ambientales), mientras que cinco favorecen al sistema de producción convencional (los relativos a la dimensión sociocultural, la dependencia del apoyo público y la erosión del suelo). Por tanto, los resultados reflejan una respuesta distinta de ambos sistemas productivos a las principales demandas sociales, circunstancia a tener en cuenta de cara a la próxima Reforma de la PAC, actualmente en fase de negociación pero que debe estar aprobada para el periodo 2014-2020. Esta propuesta de Reforma pretende acelerar el proceso de integración de los requisitos medioambientales, introduciendo por primera vez un fuerte componente ecológico en el primer pilar de la PAC, para garantizar "que todos los agricultores de la UE que reciben una ayuda van más allá de los requisitos de la condicionalidad y aportan beneficios medioambientales y climáticos como parte de sus actividades cotidianas" (Comisión Europea, 2011), siguiendo el principio de "dinero público a cambio de bienes públicos".

La propuesta de Reforma de la PAC pretende avanzar igualmente en la visualización de la

funcionalidad del apoyo hacia la agricultura, introduciendo así la posibilidad de un apoyo público asimétrico en función de la diferente contribución a las exigencias sociales hacia el sector. Los resultados obtenidos justificarían la citada asimetría, debido a la dispar respuesta de los sistemas productivos analizados para satisfacer diferentes demandas sociales. Así, un apoyo diferencial a la olivicultura convencional y ecológica permitiría avanzar en la mejora de la legitimidad, la eficacia y la eficiencia de la política agraria. En este sentido, este estudio puede resultar de utilidad para el diseño de una política pública que responda mejor a las exigencias de la sociedad y que diferencie el nivel de apoyo en función de una respuesta diferente a las mismas. En cualquier caso, debe señalarse la necesidad de completar este tipo de estudios con un análisis de la demanda social de bienes y servicios provenientes de la olivicultura, (véase como ejemplo los trabajos de Salazar-Ordóñez *et al.*, 2010, o Arriaza y Gómez-Limón, 2011), al objeto de poder cuantificar adecuadamente el nivel de apoyo público que merecen uno y otro sistema de producción.

Para terminar conviene señalar ciertas limitaciones del trabajo desarrollado, y que requieren de futuras investigaciones para ser solventadas. En primer lugar debe comentarse que los resultados reportados en este artículo no pueden extrapolarse a otras zonas olivareras, ya que tales resultados están condicionados por los factores naturales (suelo, clima) y humanos (gestión agraria) propios de la comarca olivarera analizada, y que difícilmente pueden asemejarse a los de otras zonas. Por ello, sería de interés realizar análisis comparativos del comportamiento sostenible de los sistemas de olivar ecológico y convencional en otros ámbitos territoriales, al objeto de verificar o refutar las conclusiones obtenidas de este estudio a nivel general.

Asimismo debe apuntarse que los resultados alcanzados son tributarios de la metodología seguida, que si bien puede considerarse adecuada por su visión integradora del análisis de la sostenibilidad, presenta algunas dificultades para su implementación práctica. Entre éstas cabe destacar las relacionadas con el cálculo de los indicadores y la disponibilidad de datos de calidad. En este sentido, el estudio aquí realizado debe considerarse con un primer paso en la línea de valoración integral de la sostenibilidad del olivar, realizado bajo la premisa de la obtención de valores aproximados de indicadores de sostenibilidad de una forma rápida y económica. No obstante, la correcta calibración del método exigirá nuevas investigaciones que cuenten con información adicional (datos de campo, información obtenida a través de teledetección, etc.) que permita validar información obtenida en las entrevistas y el cálculo de otros indicadores de sostenibilidad más precisos. Sólo de esta manera, empleando una base informativa más completa y precisa y su análisis desde una perspectiva multidisciplinar podrán obtenerse conclusiones definitivas al respecto.

Agradecimientos

Los autores agradecen sinceramente las sugerencias y comentarios de los revisores anónimos, en la medida que han permitido una mejora sustancial en la calidad científica del artículo. Esta investigación ha sido cofinanciada por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del proyecto AGRIGOBERSOS (AGL2010-17560-C02-01), así como la Consejería de Empresa, Universidad y Ciencia de la Junta de Andalucía y el Fondo Social Europeo (FSE) a través del proyecto P10-AGR-5892.

Bibliografía

- AEMO, Asociación Española de Municipios del Olivo, 2010. Aproximación a los costes del cultivo del olivo. Cuaderno de conclusiones del seminario AEMO. AEMO, Córdoba.
- Alonso AM, 2003. Análisis de la sostenibilidad agraria: el caso del olivar en la comarca de Los Pedroches (Córdoba). Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.
- Alonso M, Guzmán G, 2006. Evaluación comparada de la sostenibilidad agraria en el olivar ecológico y convencional. *Agroecología* 1: 63-73.
- Álvarez S, Soriano MA, Landa BB, Gómez JA, 2007. Soil properties in organic olive groves compared with that in natural areas in a mountainous landscape in southern Spain. *Soil Use and Management* 23: 404-416.
- Arriaza M, Cañas Ortega JF, Cañas Madueño JA, Ruiz P, 2004. Assessing the visual quality of rural landscapes. *Landscape and Urban Planning* 69(1): 115-125.
- Arriaza M, Gómez-Limón JA, 2011. Valoración social del carácter multifuncional de la agricultura andaluza. *Información Técnica Económica Agraria* 107(2): 102-125.
- Arriaza M, Gómez-Limón JA, Kallas Z, Nekhay O, 2008. Demand for non-commodity outputs from mountain olive groves. *Agricultural Economics Review* 9(1): 5-23.
- Barranco D, Fernández-Escobar R, Rallo L, 2008. El cultivo del olivo. Mundi-Prensa y Junta de Andalucía, Madrid.
- Beaufoy G, Pienkowski M, 2000. The environmental impact of olive oil production in the European Union: practical options for improving the environmental impact. *European Forum on Nature Conservation and Pastoralism*. European Commission, Brussels.
- CAP, Consejería de Agricultura y Pesca, 2007. II Plan Andaluz de Agricultura Ecológica (2007-2013). Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía, Sevilla.
- CAP, Consejería de Agricultura y Pesca, 2008. El sector del aceite de oliva y la aceituna de mesa en Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía, Sevilla.
- CAP, Consejería de Agricultura y Pesca, 2012. Estimación de macromagnitudes agrarias Andalucía 2011. Actualizado Marzo 2012. Junta de Andalucía, Sevilla.
- Cirio U, 1997. Agrichemicals and environmental impact in olive farming. *Olivae* 65: 32-39.
- Cooper T, Hart K, Baldock D, 2009. The provision of public goods through agriculture in the European Union. Institute for European Environmental Policy, London.
- Diputación Provincial de Jaén-Fundación Citoliva, 2007. Costes de producción en el olivar jienense. Diputación Provincial de Jaén, Jaén.
- Duarte J, Campos M, Guzmán Álvarez JR, Beaufoy G, Farfan MA, Cotes B, Benítez E, Vargas JM, Muñoz-Cobo, J, 2009. Olivar y biodiversidad. En Gómez Calero JA (ed.), *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*. Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía, Sevilla: 109-150.
- EC, European Commission, 2010. LIFE among the olives: Good practice in improving environmental performance in the olive oil sector. Office for Official Publications of the European Union, Luxembourg.
- EEA, European Environment Agency, 2005. Agriculture and environment in EU-15 - the IRENA indicator report. Report No 6/2005. European Environment Agency, Copenhagen.
- Gallardo R, 2011. Los elementos de una PAC necesaria post 2013. En Fundación de Estudios Rurales (ed.), *La agricultura familiar 2011*. Fundación de Estudios Rurales, Madrid: 150-156.
- Gallardo R, Ceña F, 2009. La multifuncionalidad de la agricultura y la política agraria común. En Sayadi S, Parra C (eds.), *Multifuncionalidad Agraria, Desarrollo Rural y Políticas Públicas: Nuevos Desafíos para la Agricultura*. Junta de Andalucía, Sevilla: 63-78.
- Gómez Calero JA (ed.), 2009. *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*. Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía, Sevilla.
- Gómez Calero JA, Álvarez S, Soriano MA, 2009. Development of a soil degradation assessment tool for organic olive groves in southern Spain. *Catena* 79: 9-17.

- Gómez Calero JA, Giráldez JV, 2009. Erosión y degradación de suelos. En: Gómez Calero JA (ed.), *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*. Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía, Sevilla: 45-86.
- Gómez-Limón JA, Arriaza M, 2011. Evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones de olivar en Andalucía. *Analistas Económicos de Andalucía*, Málaga.
- Gómez-Limón JA, Riesgo L, 2012. Sustainability assessment of olive groves in Andalusia: A methodological proposal. *New Medit. Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment* 11(2): 39-49.
- Gómez-Limón JA, Picazo-Tadeo AJ, Reig-Martínez E, 2012. Eco-efficiency assessment of olive farms in Andalusia. *Land Use Policy* 29(2): 395-406.
- Guerrero A, 2003. *Nueva olivicultura*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Guzmán GI, Alonso AM, 2008. A comparison of energy use in conventional and organic olive oil production in Spain. *Agricultural Systems* 98: 167-176.
- Guzmán GI, Foraster L, 2010. Buenas prácticas en producción ecológica. *Cultivo del olivar*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Guzmán Álvarez JR, 2005. *Territorio y medio ambiente en el olivar andaluz*. Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía, Sevilla.
- Hall C, McVittie A, Moran D, 2004. What does public want from agriculture and the countryside? A review of evidence and methods. *Journal of Rural Studies* 20(2): 211-225.
- Hermosín MC, Rodríguez-Lizana A, Cornejo J, Ordóñez-Fernández R, 2009. Efecto del uso de agroquímicos en olivar sobre la calidad de las aguas. En Gómez Calero JA (ed.), *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*. Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía, Sevilla: 87-108.
- INE, Instituto Nacional de Estadística, 2011. *Censo Agrario 2009*. INE, Madrid.
- MARM, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010. *Agricultura Ecológica. Estadísticas 2010*. MARM, Madrid.
- Martínez Solimán M, Sabaté A, 2003. Mujeres, medio ambiente y desarrollo rural. En Martínez Garrido E, López Estébanez N, Sáez Pombo E (eds.), *Mujeres y Desarrollo Rural: Seminario Internacional* (2002, Ronda). Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla: 135-150.
- McKelvey R, Zavoina W, 1975. A statistical model for the analysis of ordinal level dependent variables. *Journal of Mathematical Sociology* 4: 103-120.
- McVittie A, Moran D, Thomson S, 2009. A Review of Literature on the Value of Public Goods from Agriculture and the Production Impacts of the Single Farm Payment Scheme. *Scottish Agricultural College*, Edinburgh.
- Milgroom J, Soriano AM, Garrido JM, Gómez JA, Fereres E, 2007. The influence of a shift from conventional to organic olive farming on soil management and erosion risk in southern Spain. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22(1): 1-10.
- Niemeijer D, 2002. Developing indicators for environmental policy: data-driven and theory-driven approaches examined by example. *Environmental Science and Policy* 5(1): 91-103.
- OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development, 2001. *Multifunctionality: Towards an analytical framework*. OCDE Publications, Paris.
- OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development, 2003. *Multifunctionality: The policy implications*. OCDE Publications, Paris.
- Parra-López C, Calatrava-Requena J, 2005. Factors related to the adoption of organic farming in Spanish olive orchards. *Spanish Journal of Agricultural Research* 3(1): 5-16.
- Parra-López C, Calatrava-Requena J, De Haro-Giménez T, 2008. A systemic comparative assessment of the multifunctional performance of alternative olive systems in Spain within an AHP-extended framework. *Ecological Economics* 64(4): 820-834.
- Renard KG, Foster GR, Wessies GA, McCool DK, Yoder DC, 1997. *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised*

- universal soil loss equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, Washington D.C.
- Renard KG, Foster GR, Weesies GA, Mccool DK, Yoder DC, 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, Washington D.C.
- Salazar-Ordóñez M, Sayadi S, Vázquez Cueto MJ, 2010. Análisis de las opiniones y de-mandas de la sociedad andaluza hacia la agricultura y la política agraria común: calidad alimentaria, medio ambiente y desarrollo rural. Analistas Económicos de Andalucía, Málaga.
- Sánchez JL, 2003. Evaluación de sustentabilidad de sistemas de manejo de olivares ecológicos y convencionales en Los Pedroches. Asociación Comité Andaluz de Agricultura Ecológica, Sevilla.
- Sánchez Jiménez S, 2002. El cultivo del olivar desde una perspectiva de gestión. Universidad de Jaén, Jaén.
- Sánchez JD, Gallego VJ, Araque E, 2011. El olivar andaluz y sus transformaciones recientes. Estudios Geográficos 270: 203-229.
- Sabaté A, 2011. Mujeres innovadoras en el desarrollo rural. Desarrollo Rural y Sostenible 8: 6-7.
- Simar L, Wilson P, 2007. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. Journal of Econometrics 136(11): 31-64.
- Tobin J, 1958. Estimation of relationships for limited dependent variables. Econometrica 26(1): 24-36.
- Turnhout E, Hisschemoller M, Eijsackers H, 2007. Ecological indicators: between the two fires of science and policy. Ecological Indicators 7(2): 215-228.
- Van Cauwenbergh N, Biala K, Biielders C et al., 2007. SAFE - a hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 120(2-4): 222-242.
- Veall MR, Zimmermann KF, 1996. Pseudo-R2 measures for some common limited dependent variable models. Journal of Economic Surveys 10: 241-259.
- Vera-Toscano E, Gómez-Limón JA, Moyano E, Garrido F, 2007. Individuals' opinion on agricultural multifunctionality. Spanish Journal of Agricultural Research 5(3): 271-284.
- Viladomiu L, Rosell J, 2004. Olive oil production and the rural economy of Spain. En Brouwer F (ed.), Sustaining agriculture and the rural environment, governance, policy and multifunctionality. Edward Elgar Publishing, Cheltenham.

(Aceptado para publicación el 18 de marzo de 2013)