

EVALUACIÓN COMPARADA DE LA SOSTENIBILIDAD AGRARIA EN EL OLIVAR ECOLÓGICO Y CONVENCIONAL

Antonio M Alonso, Gloria I Guzmán

*Centro de Investigación y Formación de Agricultura Ecológica y Desarrollo Rural. Apdo. 113, 18320, Santa Fe (Granada);
Tlfo: 958-513195; Fax: 958-513196. E-mail: alonso@cifaed.es*

Resumen

El objetivo del presente trabajo es evaluar la sostenibilidad agraria desde una perspectiva agroecológica, teniendo en cuenta aspectos económicos, sociales y ambientales. Para ello, evaluamos comparativamente la producción de aceite de oliva ecológica y convencional en la comarca de Los Pedroches (Córdoba, España), empleando la metodología del MESMIS.

Se han utilizado 17 indicadores de sostenibilidad, obteniéndose en 13 de ellos valores mayores en el olivar ecológico. Esta evaluación muestra que las diferentes labores realizadas y tecnologías aplicadas en el cultivo ecológico y convencional del olivar, hacen que el primero presente un nivel más alto de sostenibilidad global. Así, el cultivo ecológico del olivar y la venta de aceite ecológica puede ser un estímulo para incrementar los beneficios económicos de los olivicultores, a la vez que se preservan los recursos naturales.

Los resultados obtenidos permiten poner de manifiesto algunos aspectos relevantes a la hora de diseñar políticas de desarrollo rural relacionadas con este sector; especialmente en aquellas zonas con una importante presencia de este cultivo.

Palabras clave: Agroecología, Agricultura Ecológica, Sustentabilidad, Pedroches, Córdoba

Summary

Compared evaluation of the agrarian sustainability in the ecological and conventional olive grove

The objective of this study is to assess agrarian sustainability from an agro-ecological perspective, taking into account economic, social and environmental aspects. For this, we comparatively evaluate organic and conventional olive oil production in the Los Pedroches region (Córdoba, Spain), using the MESMIS methodology.

We are used 17 sustainability indicators; 13 of them have highest values in organic management. The final data show that techniques and technologies used in organic management are better than conventional one, from a global sustainable approach. As a consequence, the organic management of the olive groves and the sale of organic olive oil can be a stimulus to farmers to increase their profits and to preserve the natural resources.

The results obtained permit to shed light on certain elements necessary to the design of rural development policies linked to this sector; especially in those areas with a high importance in this crop.

Keywords: Agroecology, Organic Agriculture, Sustainability, Pedroches, Córdoba

Introducción

Hacer operativo el concepto de sostenibilidad no es una tarea sencilla, cuyo grado de complicación aumenta en la medida que se trata de evaluar sistemas complejos, como los agrarios, donde las cuestiones económicas, sociales y ambientales se solapan en un conjunto de relaciones sinérgicas y antagónicas. Sin

embargo, es una tarea necesaria ante los nuevos retos que tiene enfrente la agricultura (generación de renta, mantenimiento de la población en el medio rural, preservación de los recursos naturales...), y que requieren, a su vez, la aplicación de nuevos enfoques analíticos. Por ello, contribuir a este proceso de evaluación constituye el objetivo general de este trabajo, tomando como estudio de caso el cultivo del olivar de

Tabla 1. Atributos, criterios de diagnóstico e indicadores de sostenibilidad.

Atributos	Criterios de diagnóstico	Indicadores	Medidas
A) Productividad	-Física -Beneficio económico -Eficiencia energética	Rendimiento Beneficio Relación energía saliente/energía fósil entrante	kg aceituna/ha €/ha kcal/ha
B) Estabilidad y Resiliencia	-Estabilidad productiva -Balance de materia orgánica -Balance de nutrientes -Estabilidad económica -Biodiversidad vegetal -Biodiversidad animal	Evolución del rendimiento Mantenimiento de fertilidad Relación entrada/salida de macronutrientes Sensibilidad a los precios Sensibilidad de los ingresos Sensibilidad de los beneficios Abundancia de especies Presencia de insectos auxiliares	kg aceituna/ha kg/ha kg N-P-K/ha €/ha €/ha €/ha Número Número
C) Equidad	-Generación de empleo -Distribución de riqueza -Energética -Externalidades generadas	Demanda de trabajo Precio percibido por productores Uso de energía fósil Relación de uso de energía renovable/total Calentamiento global/Efecto invernadero Ecotoxicidad Acuática Ecotoxicidad Terrestre Toxicidad Humana Potencial de Acidificación Potencial de Eutrofización Pérdida de suelo Contaminación Fotoquímica (NOx)	Jornales/ha €/kg aceituna kcal/ha kcal/ha kg/ha m ³ /ha kg/ha kg/ha kg/ha kg/ha kg/ha Kg/ha kg/ha
D) Autonomía	-Físico-económica -Dependencia de subsidios -Energética	Dependencia de insumos externos Importancia de los ingresos públicos Control de la energía utilizada	€/ha €/ha kcal/ha
E) Adaptabilidad cultural	-Capacidad de innovación	Aplicación y generación de conocimientos	Número

secano en el seno de la cooperativa Oliverera de Los Pedroches (OLIFE), situada en la comarca¹ agraria del mismo nombre en la provincia de Córdoba, bajo dos formas de producción: convencional, que no está regulada por normativas específicas, y ecológica, que se regula en la Unión Europea mediante el Reglamento (CEE) 2092/91 del Consejo.

En el siguiente apartado se explica la metodología seguida para la consecución de los objetivos marcados. A continuación se describen de forma sucinta las principales características del estudio de caso. Seguidamente se analizan los resultados obtenidos, para terminar con una serie de conclusiones y propuestas en el último apartado.

Metodología

En los últimos años, fruto del interés creciente que suscita el tema de la sostenibilidad ligado a los procesos de producción entre los responsables políticos, investigadores e incluso empresas certificadoras de productos de calidad, se han desarrollado algunas metodologías dirigidas a su evaluación: la desarrollada

por la Unión Europea, el Metabolismo Social, el Análisis del Ciclo de Vida, el Análisis de la Emergía, el Análisis Coste-Beneficio, la Huella Ecológica y el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad-MESMIS². Todas ellas permiten analizar la sostenibilidad agraria desde una perspectiva económica, social y/o ecológica. En la presente investigación se ha utilizado el MESMIS (Maseira et al. 1999) modificado, estableciendo cinco etapas metodológicas: determinación del objeto de la evaluación, selección de indicadores, medición de los indicadores, presentación e integración de los resultados y conclusiones. Todas ellas se explican brevemente a continuación excepto las conclusiones, que se corresponden con el último epígrafe.

Determinación del objeto de la evaluación

Consiste en la caracterización del contexto del análisis y los sistemas de cultivo que se han de evaluar (ver epígrafe del estudio de caso), lo que sirve de base para la siguiente etapa metodológica. En nuestro caso se trata del cultivo ecológico y convencional del olivar de

1 Unidad administrativa formada por varios municipios.

2 Una revisión analítica de estas metodologías puede consultarse en Alonso (2003).

secano en la comarca de Los Pedroches (Córdoba), tomando como referencia a agricultores pertenecientes a la cooperativa OLIPE.

Selección de indicadores

La sostenibilidad de los agroecosistemas puede caracterizarse por un conjunto de propiedades dinámicas o atributos que describen su conducta esencial y pueden usarse como criterio en el diseño, ejecución y/o evaluación de un proyecto de desarrollo agrario. Estos atributos son la productividad, la estabilidad, la resiliencia, la equidad, la autonomía y la adaptabilidad cultural (Conway 1987, Reinjntjes *et al.* 1992). En función de éstos (explicados más adelante) se determinan los criterios de diagnóstico de los que se derivan los indicadores para llevar a cabo la evaluación (Tabla 1).

Medición de los indicadores

Una vez determinados los indicadores es necesario establecer los instrumentos metodológicos y/o de cálculo para su obtención, los cuales varían en función del nivel de análisis de referencia; así, como se muestra en cada uno de ellos, hay indicadores que se refieren a una muestra del sistema productivo a analizar, a los datos globales aportados por la cooperativa, a explotaciones seleccionadas e incluso a otros trabajos de investigación.

Los indicadores finales resultantes en cada sistema productivo tienen un carácter relativo que se ajusta a una escala de cero a cien. Como norma general se pueden presentar dos circunstancias básicas en función de que existan o no valores de referencia en los criterios de diagnóstico: si aquellos no existen, al mayor de los valores resultantes en cada sistema se le asigna el valor 100 y el menor se obtiene como porcentaje del valor absoluto de éste; si, por el contrario, existe un valor de referencia se toman los porcentajes relativos al mismo en cada sistema. Veamos a continuación la descripción de los criterios de diagnóstico y los métodos de cálculo de los indicadores.

A) *Productividad*. Se define como el producto obtenido por unidad de recurso empleado. En este caso se van a calcular indicadores relativos a la productividad física, el beneficio económico y la eficiencia energética.

A.1) *Productividad física*. Medida en kilogramos de aceituna por hectárea, se obtiene a partir de las entregas de los socios entrevistados (ver siguiente apartado) de las campañas 1998/99 a 2001/02, calculando la media en cada sistema de manejo. Al mayor promedio resultante se le asigna el valor 100, siendo el del otro el porcentaje sobre el valor del primero.

A.2) *Beneficio económico*. Medido en euros por hectárea se obtiene a partir de la diferencia entre los ingresos y los costes de producción. Para la obtención de la información económica se ha utilizado la entre-

vista directa semiestructurada (García *et al.* 1992). Con la colaboración de la cooperativa OLIPE, se ha logrado entrevistar a 23 agricultores³ ecológicos (100% de las explotaciones con al menos tres años antigüedad⁴), y a 28 agricultores convencionales cercanos⁵. El indicador final se ha calculado mediante el mismo procedimiento del anterior.

A.3) *Eficiencia energética*. El análisis energético relaciona la producción bruta o neta del sistema con el conjunto de entradas energéticas necesarias para conseguir dicha producción (Martínez 1991, Alonso & Guzmán 2004b). En este sentido, es especialmente relevante el análisis de la "eficiencia de la energía no renovable o fósil", es decir, la relación entre las salidas totales (aceituna y restos de poda) y la energía no renovable utilizada. El cálculo parte de las labores obtenidas en las entrevistas realizadas, transformándose en energía los elementos que intervienen en la producción, así como los productos resultantes. El cálculo del indicador final sigue las pautas de los anteriores.

B) *Estabilidad y resiliencia*. La estabilidad se refiere a la capacidad de un agroecosistema para mantenerse de manera estable en equilibrio dinámico a través del tiempo (Conway 1987), salvando pequeñas fuerzas perturbadoras que surgen de las normales fluctuaciones o ciclos del medio ambiente circundante. Este atributo se asocia con la idea de un sistema que es capaz de combatir los rendimientos decrecientes sin necesidad de añadir cantidades crecientes de energía y nutrientes, sino más bien modificando el manejo de sus recursos: orden de las rotaciones, abonados en verde, integración de la agricultura y ganadería, etc. La resiliencia se define como la habilidad de un agroecosistema para mantener la productividad cuando está sujeta a una mayor fuerza de perturbación, que puede ser un estrés frecuente, acumulativo y predecible (salinización, erosión, acumulación de sustancias tóxicas en el suelo...), o una circunstancia impredecible (una inundación, el incremento repentino de los precios del petróleo, etc.). La reducción de la dependencia de insumos externos, la utilización racional del agua y los productos químicos, etc., pueden contribuir a incrementar esta habilidad. La estabilidad y la resiliencia están, por tanto, muy relacionadas, por lo que se evaluarán de

3 Corresponden a 25 explotaciones, ya que hay dos agricultores que manejan también la de un familiar.

4 Se considera la hipótesis de que durante ese periodo de conversión estos olivareros han adquirido conocimientos y, en consecuencia, han ajustado con una cierta estabilidad las técnicas de cultivo ecológico (dosis de abonado, control de plagas y enfermedades...), de manera equiparable a la estabilidad de las técnicas convencionales.

5 Explotaciones colindantes o cercanas a las ecológicas, con el fin de reducir al mínimo el número de factores ajenos al tipo de manejo (tipo de suelo, pendiente, tenencia de riego...) que pudieran desvirtuar los aspectos comparativos.

manera conjunta integrando aspectos físico-productivos, económicos y ambientales.

B.1) Estabilidad productiva. Se ha medido la variación de los rendimientos obtenidos por los olivaderos entrevistados durante cuatro campañas (1998/99 a 2001/2), calculando el coeficiente de variación como expresión de porcentaje de variabilidad. Dado que el coeficiente de variación mide la dispersión media, y la escala establecida en el presente trabajo va desde 100 (más positivo) hasta cero (más negativo), se utilizará la resta entre 100 y el valor obtenido en el indicador final.

B.2) Balance de materia orgánica. La ausencia de materia orgánica en el suelo es un indicador de falta de poder tampón edáfico (Gliessman 1998), de manera que para mantener unos rendimientos productivos es necesario aportar dosis altas de fertilizantes. El porcentaje de materia orgánica se ha determinado a nivel de explotación, en tres pares de fincas (una ecológica y otra convencional) situadas en tres zonas diferentes: Los Pañero, Los Tirado y Chivatiles. A partir del análisis de la materia orgánica oxidable en los primeros 30 cm, se ha realizado un promedio de los resultados de los suelos ecológicos y convencionales. Tomando como referencia el valor medio normal en cada tipo de suelo, se ha calculado el porcentaje que representan los promedios obtenidos con respecto a ese valor máximo.

B.3) Balance de nutrientes. Al igual que en el anterior, si no se produce una reposición de nutrientes, el stock edáfico de los mismos disminuirá progresivamente, limitando su capacidad productiva. El balance de nutrientes (entradas menos salidas) se realiza en todas las explotaciones entrevistadas en base a los macro nutrientes esenciales: nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O). Si la aportación de nutrientes supera a la salida de los mismos, el indicador toma el valor 100. Si, por el contrario, el valor resultante es negativo, el cálculo del indicador se realiza restándole a 100 el porcentaje de ese valor resultante (en términos absolutos) con respecto a la cantidad de ese nutriente que sale del sistema. Con los tres valores porcentuales resultantes en cada sistema de cultivo se calcula una media final.

B.4) Estabilidad económica. Se refiere al mantenimiento de un nivel de renta a lo largo del tiempo. Establecer un indicador de diagnóstico que recoja esta circunstancia no es una tarea sencilla, al depender de numerosos factores internos y externos a la explotación. Como una aproximación, en este trabajo se han elegido tres indicadores relacionados entre sí: la estabilidad de precios percibidos por los agricultores, la estabilidad de ingresos y la estabilidad de los beneficios hipotéticos resultantes. Todos ellos se calculan para siete campañas (1995/6 a 2001/2), determinando su coeficiente de variación, adaptándolo a la escala utilizada (ver estabilidad productiva) y elaborando un indicador final como promedio de los mismos.

B.5) Biodiversidad vegetal. La diversidad del ecosistema viene a ser el resultado de las formas en que están organizados e interactuando los diferentes componentes vivos e inertes del sistema. Así, en los sistemas con baja diversidad, las perturbaciones pueden causar cambios permanentes en sus funciones, dando como resultado pérdidas de recursos del ecosistema (Gliessman 1998, Altieri 1987). En este caso, el indicador elegido es la diversidad de flora arvense (especies) presente en las fincas señaladas en el indicador de balance de materia orgánica, calculando un promedio en cada sistema de producción. Además, se ha evaluado el índice de cobertura, dato que se utiliza en el cálculo de la erosión (ver externalidades más adelante).

B.6) Biodiversidad animal. Teniendo en cuentas las consideraciones anteriores, se ha incluido la presencia de enemigos naturales (parasitoides) de la mosca (*Bactrocera oleae*) y de la polilla (*Prays oleae*) del olivo, como indicador de la biodiversidad animal y, en consecuencia, de la estabilidad de los agrosistemas. Para ello se han tomado datos de la investigación (tesis doctoral) realizada por Julio Sánchez Escudero, una de cuyas partes ha consistido en determinar el número de especies de cada familia y el de individuos en cada fecha de muestreo en las mismas fincas del indicador anterior (Sánchez 2004). A partir de estos datos, se ha calculado el porcentaje del número de individuos colectados en las fincas ecológicas y convencionales respecto al valor máximo (potencial) encontrado en una de ellas.

C) *Equidad*. Hace referencia en sentido amplio a que esté asegurado el acceso al poder, es decir, a la capacidad para tomar decisiones tanto productivas (manejo de los recursos) como comerciales, de tal forma que las necesidades básicas de todos los miembros de la organización social se hallen cubiertas. Aquellas situaciones o cambios que supongan un incremento de la desigualdad en la organización social y, por ende, una disminución de la capacidad de reproducción social, pueden ser consideradas como generadoras de una mayor insostenibilidad. A ello debe añadirse dos dimensiones más de la equidad: la "inter" y la "intra" generacional. La primera implica una asignación lo más equitativa posible de los recursos y de la calidad del agroecosistema entre generaciones sucesivas. La segunda se refiere a la relación de intercambio igualitaria en una misma generación; por ejemplo, entre los sistemas agrarios y el resto de la sociedad. Es obvio que la forzada transferencia de renta en beneficio de las ciudades ha llevado consigo un sobreesfuerzo productivo de los agroecosistemas, lo que, a su vez, está provocando efectos negativos sobre los recursos naturales y el ser humano, con incidencia actual, pero también futura. Para cubrir estos aspectos de la sostenibilidad en su atributo de equidad, los indicadores utilizados son la generación de empleo, la distribución de la riqueza, la equidad energética y las externalidades generadas.

C.1) Generación de empleo. Éste lleva consigo el reparto de los ingresos que una unidad de producción contribuye a generar. La valoración de este indicador se mide en función del número de jornales por hectárea que genera el cultivo ecológico y convencional del olivar; la cantidad mayor resultante adquiere el valor 100, calculándose la otra como porcentaje de la misma.

C.2) Distribución de la riqueza. Se utiliza como indicador de este criterio de equidad el precio del aceite ecológico y convencional percibido por los olivares como porcentaje del precio al que la cooperativa ha vendido esos aceites. La base de cálculo son los datos aportados por la cooperativa OLIPE de 5 campañas (1996/7 hasta 2000/1).

C.3) Equidad energética. La utilización de energía no renovable, principalmente la derivada del petróleo, supone el uso de un bien escaso que tiene efectos sobre las generaciones presentes y futuras, al ocasionar incremento de los precios de los productos manufacturados, impedir el acceso a su utilización a buena parte de la humanidad presente y futura, etc. Por ello, un indicador del grado de equidad energética comparada está configurado por la cantidad total de energía no renovable utilizada. El mayor valor resultante tiene el valor nulo (menor equidad) en la escala considerada, mientras que el del otro tipo de manejo es el porcentaje de la diferencia respecto al mayor. Sin embargo, este indicador es excesivamente restrictivo, siendo también preciso valorar los esfuerzos que un determinado sistema agrario de producción realiza para disminuir el uso de energías fósiles. De ahí que se haya incluido un segundo indicador, como es la energía renovable invertida respecto de la entrada total. A través del promedio de ambos indicadores se obtiene la medida final de la equidad energética.

C.4) Externalidades. La generación de efectos negativos sobre los recursos naturales y el ser humano tiene implicaciones tanto intra como intergeneracionales, mostrándose como una de las principales características que recientemente es tenida en cuenta para la valoración de la sostenibilidad. Para el cálculo de las externalidades negativas provocadas por el manejo ecológico y convencional del olivar se utiliza el cuerpo teórico y metodológico que provee el Análisis del Ciclo de Vida (Audsley *et al.* 1997, Weidema & Meeusen 2000). Dentro de éste, se han elegido como indicadores la pérdida de suelo, el calentamiento global/efecto invernadero, la toxicidad terrestre, acuática y humana, el potencial de acidificación y eutrofización, y la formación de foto-oxidantes. Para la obtención de todos estos indicadores se ha contado con la ayuda de un programa informático desarrollado en el seno del programa europeo Life-Medioambiente denominado "Óleo-life" (LIFE99/ENV/E/00035). Los datos introducidos a este programa son las cifras y características medias de los sistemas de manejo ecológico y convencional

obtenidas en las entrevistas. Dada la ausencia de información respecto a valores de tolerabilidad de referencia, se ha considerado al menor valor como causante de un impacto negativo más pequeño, por lo que al sistema de manejo que lo obtenga en cada categoría se le asigna el valor máximo (100) dentro de la escala establecida; en consecuencia, el indicador relativo del sistema que provoque un mayor impacto se obtiene calculando el porcentaje que representa el menor valor sobre el mayor. El indicador global de equidad de cada sistema se ha establecido como promedio de los impactos parciales.

D) *Autonomía*. La autonomía de un sistema de producción está estrechamente relacionada con la capacidad interna para suministrar los flujos necesarios para la producción, de manera que aquella descendería en la medida en que se incrementa la necesidad de recursos externos. En este sentido, se va a analizar la autonomía físico-económica, la dependencia de subsidios y la autonomía energética, tomando como nivel de referencia local la comarca agraria.

D.1) Autonomía físico-económica. Este grado de autonomía se mide en términos económicos teniendo en cuenta la procedencia de los materiales y servicios utilizados en el proceso de producción. Así, este indicador se calcula como porcentaje de los costes que provienen del interior de la comarca en ambos sistemas de cultivo (media de las explotaciones entrevistadas).

D.2) Dependencia de subsidios. La medida de la importancia relativa de los ingresos adicionales que suponen los subsidios permite analizar el grado de autonomía económica que presentan los sistemas de producción agraria. La determinación de este indicador parte del cálculo de un nuevo margen económico eliminando los ingresos por subsidios. En este caso se tiene, por un lado, un nuevo margen económico en el olivar convencional como consecuencia de eliminar la subvención a la producción y, por otro, tres nuevos márgenes económicos en el ecológico: los resultantes de eliminar la subvención a la producción, a la agricultura ecológica y a ambas. El segundo paso consiste en calcular el porcentaje que representan estos nuevos márgenes con respecto al margen inicial en cada sistema, siendo el del cultivo ecológico el promedio de los tres resultantes. La obtención de márgenes negativos denota un grado de autonomía nula respecto a los subsidios.

D.3) Autonomía energética. Este indicador valora la integración de los flujos de energía entre los distintos componentes del agroecosistema y con el exterior. Se considera que lo que aporta la comarca (mano de obra, estiércol...), transformado en unidades energéticas, hace que el olivar se desarrolle con un menor grado de dependencia externa. El indicador final es el porcentaje de la energía procedente de la comarca respecto a la total.

E) *Adaptabilidad cultural*. Se refiere al conjunto de características que deben cumplir las tecnologías para ser incorporadas a un sistema de producción determinado, sin que ello suponga una limitación a la capacidad de control y decisión sobre el manejo del mismo. La adaptabilidad en este contexto es sinónimo de flexibilidad para amoldarse a nuevas condiciones del entorno económico y biofísico, por medio de procesos de innovación y aprendizaje (Mäser *et al.* 1999), e incluso de recuperación de técnicas y/o tecnologías tradicionales, así como del conocimiento asociado a las mismas.

En este criterio, por tanto, se van a analizar, dentro del rango de opciones técnica y económicamente disponibles en el cultivo ecológico y convencional del olivar, aquellas tecnologías caracterizadas por su reproducibilidad total o parcial por parte de los olivereros. Así, se procede a contabilizar el porcentaje de empleo/adopción de tales tecnologías (siembra de abonos verdes entre calles, pastoreo y adaptación de trampas para el control de la mosca del olivo) en ambos sistemas.

Presentación e integración de los resultados

Esta etapa comprende el análisis y la integración de los resultados obtenidos para cada criterio de diagnóstico. Existen varios procedimientos de análisis multicriterio que permiten la integración de resultados, como el modelo lexicográfico, la teoría de utilidad multiatributo, los métodos de superación, los enfoques del punto ideal o los modelos de niveles de aspiración (Munda 2003, Rehman & Romero 1993). En todos ellos se plantea el mismo inconveniente final: cómo relativizar comparativamente la medida de la sostenibilidad en función de un único indicador integrador; y no es una cuestión resuelta de forma definitiva por una serie de causas, a saber: la ausencia de valores de referencia (tolerancia) en algunos indicadores, su carácter compensatorio (consideración de insostenibilidad si alguno de los indicadores presenta un valor nulo), o el establecimiento de jerarquías (ponderación) en los mismos, son los más relevantes. Teniéndolos en cuenta, como se referirá en el texto, se ha optado por una técnica mixta de integración de resultados, el gráfico AMEBA sin ponderación (Mäser *et al.* 1999). El procedimiento consiste en dibujar un gráfico radial, cuyos ejes estarían constituidos por los indicadores escogidos en la evaluación y donde se señalarían los valores obtenidos. La comparación de las áreas máximas de cada sistema determina la sostenibilidad global relativa entre ellos.

Estudio de caso. El olivar ecológico y convencional de la comarca agraria de Los Pedroches (Córdoba)

La comarca de Los Pedroches está situada al norte de la provincia de Córdoba (España), en Sierra Morena, en la confluencia de las Comunidades Autónomas

de Castilla-La Mancha, Extremadura y Andalucía. El suelo de esta sierra posee elevadas pendientes, tiene poca profundidad y el pH es ácido, mientras que los recursos hídricos son muy limitados. Las precipitaciones se distribuyen irregularmente durante el invierno, con una media de 600 mm anuales, lo que provoca un déficit hídrico muy importante entre los meses de mayo a octubre. Esta comarca, por tanto, tiene un carácter de zona desfavorecida desde el punto de vista agroclimático, siendo su vocación eminentemente ganadera y forestal. Las tierras labradas apenas representan el 40% de todas las tierras de esta comarca, ocupando el olivar tan sólo el 18% de tales tierras labradas, lo que supone 32.262 hectáreas.

La cooperativa Oliverera Los Pedroches (OLIFE) fue fundada en 1958, pero no es hasta 1995 que 25 socios inician el cultivo ecológico del olivar. En esta almazara se ha molturado una media de seis millones de kilogramos de aceituna al año desde su creación. No obstante, a partir del inicio de la producción de aceite ecológico, esta media se ha incrementado sensiblemente alcanzándose los 6.400.000 kg/año, como consecuencia de haber aumentado la superficie dedicada al cultivo del olivo a través de nuevas incorporaciones de socios (Alonso 2003). En la campaña 1995/6 la cooperativa estaba formada por 605 socios que cultivaban 7.594 hectáreas (25 explotaciones y 782 hectáreas eran ecológicas); en la campaña 2001/2 el número de socios ascendió a 710 (505 ecológicos) con 10.600 hectáreas, de las que 9.010 eran ecológicas (alrededor del 28% del olivar total existente en la comarca).

A continuación, en base a las entrevistas realizadas, se describen las técnicas de cultivo del olivar convencional y ecológico empleadas en la zona, resaltando algunas diferencias entre ellos.

El laboreo del suelo se realiza en casi todas las explotaciones; tan sólo no se lleva a cabo en el 8,7% de las ecológicas. Lo más común es llevar a cabo esta labor en septiembre-octubre, aunque algunos olivicultores aran en abril. El equipo utilizado suele ser un tractor de cadenas con cultivador, aunque en casos excepcionales se puede encontrar esta labor realizada por tracción animal (zonas de alta pendiente), más comúnmente en el olivar ecológico. La contratación del laboreo se da en el 17% de los casos del olivar ecológico, por ninguno en el convencional.

La siembra de veza como abono verde la realizan un 17,4% de los olivicultores ecológicos (ningún convencional), generalmente de forma rotativa en la tercera parte del terreno con la doble finalidad de proteger el suelo y ofertar alimento para el ganado. Se siembra en octubre o principios de noviembre, permitiendo el pastoreo a partir de febrero.

Con la introducción del ganado en el olivar, ovino principalmente, el propietario persigue básicamente la eliminación de las hierbas que compiten en la adquisi-

ción de nutrientes y agua con el árbol durante los meses de escasez hídrica. Cuando este pastoreo se paga (hasta 60 €/ha), supone un ingreso adicional para el oliviero. El ganadero, por su parte, obtiene con este manejo el alimento idóneo para sus animales, que además le supone un ahorro económico respecto al aporte de piensos. En general, las ovejas pastorean bajo los olivos desde el final de la recolección hasta abril. Se introduce ganado en el 86,9% de las fincas ecológicas y en el 30,8% de las convencionales, siendo ganado propio aproximadamente en la mitad de las explotaciones de ambos sistemas.

La aplicación de herbicidas para el control de adventicias es realizado por el 35,7% de los entrevistados en olivar convencional, siendo las épocas más frecuentes marzo y octubre; en el primer caso se utiliza mayoritariamente glifosato, y en el segundo simazina⁶.

El abonado al suelo es relativamente diverso. Los productos a base de boro son los más utilizados en ambos sistemas. En algunas fincas ecológicas se aplica estiércol compostado (principalmente de ovino) y otros abonos orgánicos comerciales, no encontrando ningún caso en las convencionales; en éstas se utilizan abonos químicos, preferentemente complejos del tipo triple 15 y urea. El abonado de suelo suele realizarse en febrero (caso del boro y los fertilizantes químicos) y entre septiembre y noviembre (caso de los abonos orgánicos). El 60,9% y el 75% de las explotaciones ecológicas y convencionales, respectivamente, llevan a cabo el abonado de fondo. En el primer caso, el 28,6% de las fincas ecológicas que aplican fertilizantes al suelo lo hacen con estiércol madurado. Esta aplicación se realiza manualmente, bien de forma directa desde el remolque, o bien previa distribución en montones por la parcela.

Tractor y cuba son los elementos empleados normalmente en el abonado foliar, aunque en algunos casos se sustituye el tractor por un vehículo todo-terreno o algún viejo turismo. Productos a base de boro permitidos por la agricultura ecológica son los más usados tanto en olivar ecológico como convencional. En la cuba se vierte a menudo algún que otro abono y, en la mayoría de los casos, se añade además un fungicida para el tratamiento del repilo (*Spilocaea oleagina*). Las épocas más frecuentes de aplicación son abril y/o septiembre-octubre, haciéndose estos tratamientos en el 64,3% de los casos convencionales y en el 47,8% de los ecológicos.

El tratamiento contra el repilo suele acompañar al abonado foliar, y se realiza en el 73,9% de las fincas ecológicas y en el 82,1% de las convencionales. El producto utilizado más ampliamente es el caldo bordelés en ambos sistemas, aunque en el olivar convencional se emplean otros fungicidas.

La lucha contra la mosca (*Bactrocera oleae*) se realiza mayormente mediante el trapeo en olivos alternos con botellas de plástico en las que se introduce una so-

lución a base de fosfato biamónico (atractivo alimentario). La colocación de la trampa (que dura 3 años) se realiza en junio o julio normalmente; en las campañas sucesivas únicamente se habrán de rellenar las botellas, pasando con la cuba preparada con la solución entre las calles, al tiempo que se reponen aquellas que se hayan deteriorado. Este tratamiento no presenta diferencias en las formas entre el olivar ecológico y convencional, aunque sí en su intensidad de uso: el 65,2% de los ecológicos, frente al 25% de los convencionales. En estos últimos, otro 53,8% realiza tratamientos a base de plaguicidas, cuyas materias activas básicas son el clorpirifos y el dimetoato.

El desvareto o eliminación de los "chupones" (ramillas que crecen en la peana y tronco) del olivo se realiza en todas las explotaciones, generalmente en septiembre, utilizando un hacha pequeña, una azada o un escardillo. Estas ramillas se agrupan en montones en los que se va secando para su posterior quema, que suele realizarse durante la recolección.

Habitualmente se poda cada tres años en los meses de febrero y marzo, aunque en algunos casos se realiza cada dos o cuatro años.

La recolección se realiza principalmente mediante vareo manual (todos los casos entrevistados), aunque durante el trabajo de campo se ha observado en algunas fincas la utilización del vibrador de ramas. Existe una tendencia actual a adelantar la recolección a mediados de noviembre, buscando mejorar la calidad del aceite. La aceituna recogida se lleva hasta la almazara en vehículo propio y remolque, o se contrata a un transportista.

Resultados

En esta fase se procede a analizar e integrar los resultados obtenidos, en base a cada uno de los indicadores establecidos.

A.1) La productividad física media resultante ha sido de 984 kg/ha en el sistema convencional frente a 853 kg/ha en el ecológico. Aunque no han existido diferencias significativas ($p < 0,05$) en ninguno de los cuatro años considerados, se toman estos valores para la construcción de los indicadores relativos: 100 en el cultivo convencional y 86,7 en el ecológico (un 13,3% menor).

A.2) El beneficio económico medio es de 370 y 124 €/ha en el sistema ecológico y convencional, respectivamente, lo que supone un indicador relativo de 100 para el primero y de 33,5 para el segundo. En ambos casos ha sido muy bajo el valor absoluto obtenido, cuya causa principal es la baja productividad de la zona, tal y como se refleja en Alonso & Guzmán (2004a). Los costes de producción son muy similares en los dos sistemas, siendo la mayor parte de los mismos (alrededor del 80%) mano de obra. En el caso de la fertilización, son algo superiores en el manejo ecológico debido al empleo de estiércol compostado (materia prima y aplicación

6 Aunque esta materia activa se halla actualmente prohibida no era el caso cuando se realizaron las entrevistas.

manual más costosa); sin embargo, este sobrecoste es compensado por el menor coste del control de hierbas mediante el pastoreo y del control de mosca mediante el trapeo. Las principales diferencias en los beneficios se encuentran en los ingresos. En efecto, el mayor sobreprecio obtenido por los oliveros ecológicos⁷ (factor principal), la ayuda agroambiental (no tan importante) y los mayores (aunque pequeños en magnitud) ingresos debidos al arrendamiento de pastos, justifican estos resultados.

A.3) La eficiencia energética es mayor en el sistema ecológico (5,14) que en convencional (4,06), debido al menor uso de energía fósil proveniente de la utilización de maquinaria (quema de combustible principalmente) y de productos químicos (plaguicidas, abonos y herbicidas). Por tanto, el resultado del indicador de sostenibilidad respecto a la eficiencia energética es de 100 en el manejo ecológico y 79,5 en el convencional.

B.1) La variación de los rendimientos, como medida de la estabilidad productiva, no ha mostrado diferencias significativas entre ambos sistemas de manejo, siendo los resultados medios de 16,4 en el ecológico y 23,9 en el convencional.

B.2) El balance de materia orgánica, medido como porcentaje en los suelos de las seis explotaciones seleccionadas (Tabla 2), es netamente favorable para las fincas ecológicas, debido al mantenimiento de flora arvense durante el invierno en las tres, la introducción de ganado ovino en pastoreo en Los Pañeros y la aportación de algo de estiércol compostado en Los Tirado. Es interesante resaltar que la finca convencional de Chivatiles, que también mantiene la hierba espontánea durante el invierno e introduce ganado para su aprovechamiento, presenta niveles de materia orgánica similares a la finca ecológica de referencia. Teniendo en cuenta que un nivel normal de materia orgánica para este tipo de suelos de secano es de 1,75%, los indicadores resultantes, calculados como porcentaje de los valores medios, son 88,8 para el sistema ecológico y 45,5 en el convencional. Sería aconsejable la realización de prácticas tendentes a incrementar la materia orgánica en el suelo.

Tabla 2. Porcentaje de materia orgánica oxidable (%).

	Los Pañeros	Los Tirado	Chivatiles	Media
Ecológico	2,23	1,19	1,24	1,55
Convencional	0,59	0,56	1,24	0,80

B.3) Los valores resultantes del balance de nutrientes, como porcentaje de cobertura de las necesidades (Tabla 3), muestran que las prácticas de fertilización re-

sultan insuficientes para compensar la salida de estos elementos (recolección del fruto y poda), siendo una excepción el caso del fósforo en el cultivo convencional. Es especialmente notable la deficiencia de potasio que se observa en ambos sistemas. El indicador final es notablemente menor en el manejo ecológico.

Tabla 3. Índice del balance de nutrientes en el olivar ecológico y convencional.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Media
Ecológico	67,2	34,3	10,3	37,3
Convencional	68,5	100	19,1	62,5

B.4) Los resultados obtenidos en la estabilidad económica (Tabla 4), muestran que el indicador final es sensiblemente mayor en el sistema ecológico, debido principalmente a la existencia de dos fuentes de ingresos "fijos": la ayuda agroambiental (pago por superficie) y arrendamiento del olivar "adhesado"; estos ingresos amortiguan los resultados económicos en años de baja producción, impidiendo la obtención de pérdidas, como ocurre en el caso del olivar convencional en estos años.

Tabla 4. Estabilidad económica del olivar ecológico y convencional.

	De precios	De ingresos	De beneficios	Promedio
Ecológico	79,5	38,3	56,8	58,2
Convencional	73,3	27,0	0	33,4

B.5) El seguimiento de la flora arvense para calcular el índice de biodiversidad vegetal ha arrojado los resultados que se muestran en la Tabla 5. La única zona donde se ha detectado una diferencia elevada en el número de especies recolectadas entre ambos tipos de manejo es la de Los Tirado: el laboreo de suelo con cultivador realizado a finales de mayo en la finca ecológica, parece tener mucho menor impacto sobre la riqueza florística que la misma labor realizada a principios de primavera y el tratamiento herbicida (simazina) aplicado en octubre en la finca convencional. En los otros parajes los resultados son similares: en Chivatiles debido a que el manejo de la cubierta vegetal es similar en ambos sistemas (mantienen la hierba durante el invierno), y en Los Pañeros debido a que el pastoreo continuado durante varios años en la finca ecológica puede estar limitando la diversidad florística, al seleccionarse especies rebrotantes (Guzmán & Alonso 2004). El promedio final revela un resultado favorable para las explotaciones manejadas ecológicamente.

Tabla 5. Índice de biodiversidad vegetal en los parajes seleccionados.

	Los Pañeros	Los Tirado	Chivatiles	Media
Ecológico	66,7	86,1	62,0	71,6
Convencional	65,7	35,0	63,6	54,8

⁷ Las campañas 1998/99 a 2001/02 arrojan un precio medio percibido por los ecológicos de 0,535 € por kilo de aceituna, frente a los 0,352 €/kg de los convencionales.

Tabla 7. Impactos sobre los recursos naturales y las personas.

Categorías de impacto	Unidad	Convencional	Ecológico	Indicador (%)
Calentamiento global/Efecto invernadero	(kg/ha)	3.658,6	1.559,1	42,6
Ecotoxicidad Acuática	(m ³ /ha)	96,2	19,2	19,9
Ecotoxicidad Terrestre	(kg/ha)	1.243,4	329,4	26,5
Toxicidad Humana	(kg/ha)	807,5	72,2	8,9
Potencial de Acidificación	(kg/ha)	26,4	14,7	55,8
Potencial de Eutrofización	(kg/ha)	3,9	2,7	70,8
Pérdida de suelo	(kg/ha)	196.348	1.474	0,8
Contaminación Fotoquímica (NOx)	(kg/ha)	2,0	0,04	2,1
Impacto medio				28,4

B.6) La medida de la biodiversidad animal (Tabla 6) registra los mayores valores en las fincas ecológicas, especialmente en las colectas de primavera, coincidiendo con la floración de la vegetación espontánea (Sánchez 2004). Este hecho indica la funcionalidad que presenta la cobertura vegetal, proporcionando refugio y alimento de adultos para el desarrollo de estos insectos. Ello también tiene implicaciones en la lucha biológica, ya que si la vegetación espontánea facilita su supervivencia, se plantea la posibilidad de cría y liberación de algunos de ellos⁸ como una estrategia alternativa (no contaminante) de manejo de plagas.

Tabla 6. Índice de biodiversidad animal en los parajes seleccionados.

	Los Pañeros	Los Tirado	Chivatales	Media
Ecológicos	31,8	100	62,1	64,6
Convencionales	12,1	0,2	34,8	15,7

C.1) El resultado del indicador generación de empleo revela un menor valor del número de jornales por hectárea en el ecológico (9,8) que en el convencional (10,1). El ecológico, por tanto, supone el 97% del convencional. Dada la baja intensificación productiva en ambos sistemas, las diferencias encontradas entre ellos se deben básicamente al empleo de mano de obra en la recolección.

C.2) La distribución de la riqueza (precio percibido por los olivares respecto al precio de venta del aceite) arroja una pequeña diferencia favorable al olivar ecológico (89%), frente al convencional (86,6%), debido básicamente a las penalizaciones por grado de acidez que tiene establecidas la cooperativa, y que son mayores en el manejo convencional (los técnicos

de OLIFE lo achacan a un inicio y finalización de la recolección más tardío).

C.3) En la equidad energética, uso de energía no renovable y porcentaje de la renovable sobre el total, se han obtenido unos resultados de 27,7 en el caso del sistema de manejo ecológico, frente a 4,4 en el convencional. Ello implica que el uso de estiércol compostado y la siega a diente de la flora arvense, permiten incrementar la sostenibilidad en este indicador, respecto a la utilización de productos químicos (fertilizantes, plaguicidas y herbicidas) y maquinaria agrícola.

C.4) Las externalidades generadas (Tabla 7) muestran unos valores absolutos mayores en todas las categorías en el manejo convencional, siendo el indicador promedio de este sistema 28,4, y adoptando el ecológico el valor 100.

El Calentamiento Global y Efecto Invernadero, el Potencial de Acidificación y la Contaminación Fotoquímica están asociados a la emisión de gases (CO₂, N₂O, CH₄...), lo que sugiere que la mayor utilización de maquinaria y el mayor consumo de energía en la fabricación de componentes tecnológicos (maquinaria, fertilizantes y plaguicidas), hace que la magnitud de los mismos sea netamente superior en el manejo convencional. La toxicidad humana y la ecotoxicidad acuática y terrestre se hallan fuertemente determinadas por el uso de productos químicos en general y plaguicidas en particular, por lo que estos impactos son notablemente más bajos en el cultivo ecológico. Las principales sustancias asociadas a la eutrofización son el nitrógeno, el fósforo y la materia orgánica, es decir, las derivadas del uso de fertilizantes. Dada la baja intensidad en el uso de los mismos, el Potencial de Eutrofización presenta valores muy bajos en ambos sistemas, siendo la externalidad con menor grado de diferenciación. Todo lo contrario ocurre con la pérdida de suelo que, básicamente debida a la escorrentía superficial ocasionada por el agua de lluvia, es más de cien veces superior en el olivar convencional que en el ecológico. En este sentido, es especialmente determinante el mayor grado de cobertura

⁸ De hecho, desde 2002 se han realizado sueltas de *Opius concolor* (bracónido parásito de la mosca del olivo) en diversas fincas ecológicas de esta comarca que mantienen cubiertas vegetales, al haberse detectado su supervivencia (Sánchez 2004)

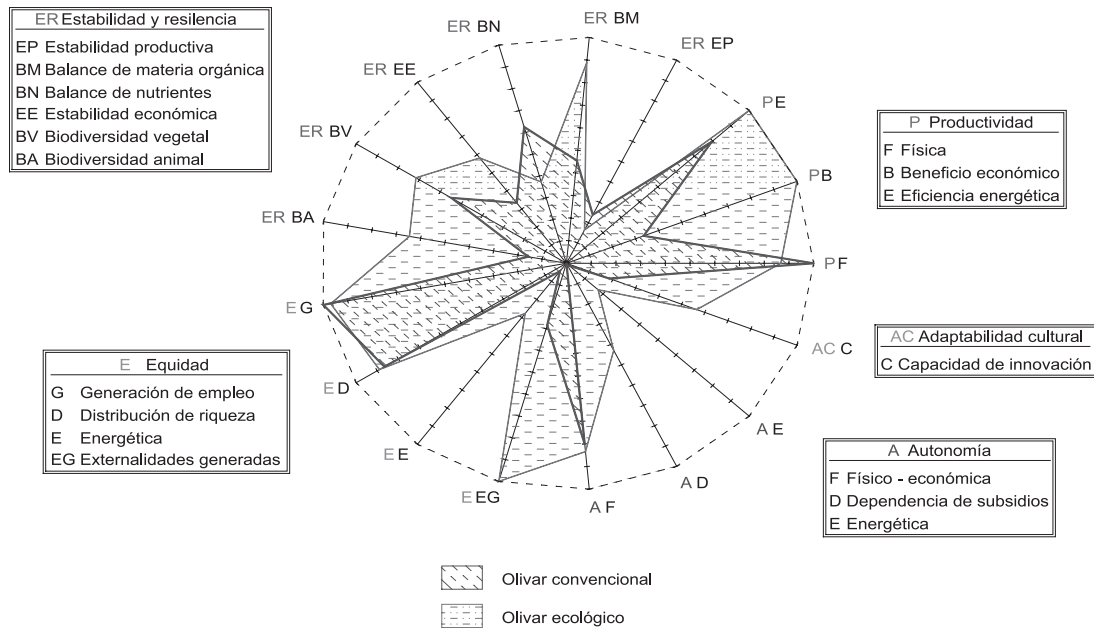


Figura 1. Integración gráfica de los indicadores de sostenibilidad en el olivar ecológico y convencional,

vegetal del suelo en el cultivo ecológico (3,5) que en el convencional (1,6), como consecuencia del mantenimiento de la vegetación espontánea.

D.1) El nivel de autonomía físico-económica ha resultado similar en ambos sistemas de producción: 83,4 en el ecológico y 80,1 en el convencional. La principal razón es el alto porcentaje de los costes totales que supone el empleo de mano de obra, recurso interno de la comarca.

D.2) Los cálculos realizados señalan una menor dependencia de subsidios en el olivar ecológico, que en todos los supuestos mantiene balances económicos positivos y superiores al convencional. Sin embargo, en el cultivo convencional, si se eliminase la subvención a la producción se obtendrían pérdidas, por lo que el indicador medio de autonomía respecto a la dependencia de subsidios es cero⁹ en este sistema, frente al 42,9 en el ecológico.

D.3) La autonomía energética ha resultado algo mayor en el cultivo ecológico (17,3) que en el convencional (1,6), como consecuencia de la utilización de estiércol compostado de ganadería propia o local. El limitante más importante para incrementar este indicador lo constituye el uso de maquinaria, cuyo componente energético mayoritario es el gasto de combustible.

E) Con respecto a la capacidad de innovación, en la Tabla 8 se muestra el porcentaje de aplicación de las labores analizadas, siendo más alto en el olivar ecológico en todos los casos.

Tabla 8. Adaptación tecnológica en el olivar ecológico y convencional (%).

	Siembra de veza	Pastoreo	Trampas para mosca	Promedio
Ecológico	17,4	86,9	65,2	56,5
Convencional	0	30,8	25	18,6

Una vez obtenidos los valores de todos los indicadores, se ha procedido a integrarlos construyendo el Gráfico 1. La medición de las áreas resultantes de unir entre sí tales valores muestra que la sostenibilidad del sistema de manejo ecológico del olivar (16.061 unidades) es notablemente mayor que la del convencional (9.368 unidades), ya que, como se ha mostrado con anterioridad, el primero ha sido superior en trece de los diecisiete indicadores analizados.

Conclusiones

La evaluación realizada en este trabajo supone, en primer lugar, abordar de una manera empírica la medición de la sostenibilidad de sistemas agrarios en España, mediante un enfoque que tiene en cuenta la perspectiva económica, social y ambiental de forma simultánea.

Esta evaluación muestra que las diferentes labores realizadas y tecnologías aplicadas en el cultivo ecológico y convencional del olivar, hacen que el primero presente un nivel más alto de sostenibilidad global y en la mayoría de los criterios de diagnóstico analizados.

La aplicación de estiércol compostado y la siembra de abonos verdes entre calles con respecto a la fertilización, el mantenimiento de vegetación espontánea e introducción de ganado para su eliminación con respecto

⁹ Dado que es un indicador de carácter condicional ("si eliminasen los subsidios"), este valor nulo no confiere la insostenibilidad a todo el sistema, es decir, los otros indicadores pueden compensar este valor.

al manejo del suelo, y el uso de trampas para el control de la mosca del olivo, provoca una mayor sostenibilidad del sistema ecológico. En efecto, la realización más frecuente de estas prácticas en este sistema, frente al empleo de insumos químicos y el mayor uso de maquinaria del manejo convencional, incide favorablemente sobre todos los criterios de diagnóstico relacionados con el uso de la energía (al utilizar energía renovable), sobre los pertenecientes al atributo de autonomía (al emplear mayoritariamente recursos locales, incluso propios), sobre la capacidad de innovación (al ser la mayoría reproducibles), sobre los de carácter ambiental como las externalidades, la biodiversidad vegetal y animal, y el balance de materia orgánica (al minimizar los impactos negativos sobre los recursos naturales), e incluso sobre los relacionados con la economía (al reducir algunos costes como el control de hierbas y de la mosca, o incrementar los ingresos con el cobro del pastoreo).

Mención aparte merece el balance de nutrientes, donde ambos sistemas (especialmente el ecológico) han mostrado un carácter deficitario, por lo que requieren un mayor aporte de fertilizantes. Esto podría incrementar a su vez otros criterios de diagnóstico como la productividad y estabilidad física, y la generación de empleo. Igualmente, hay que tener en cuenta que, dada la interrelación entre indicadores, podrían incrementarse los de carácter económico (si la respuesta productiva compensa el coste adicional), y que, por el contrario, si los fertilizantes empleados son químicos, aumentarían los efectos negativos sobre los recursos naturales y el uso de energía no renovable.

También se ha señalado que, tanto en el cultivo ecológico como en el convencional, la maquinaria es la principal consumidora de energía fósil, lo que limita la obtención de una mayor sostenibilidad ambiental (menores impactos negativos) y energética. Dado que la intensidad de su uso es ya de por sí baja en ambos sistemas, y su reducción resulta prácticamente imposible, una alternativa consistiría en sustituir el gasoil por una fuente energética renovable, como el biocombustible; aunque esta medida debería ser primero impulsada políticamente para que los olivicultores tuvieran la opción del cambio tecnológico que ello supondría. En este sentido, hay que tener en cuenta que la activación de políticas de apoyo a la generación de energía renovable y su posterior empleo, afectaría positivamente también a la sostenibilidad de otros procesos de producción.

En definitiva, la evaluación de la sostenibilidad de sistemas complejos, como los agrarios, requiere la aplicación de nuevos enfoques analíticos; a su vez, la consecución de una mayor sostenibilidad en los mismos requiere la aplicación de nuevas técnicas y tecnologías que, minimizando los impactos negativos sobre los recursos naturales, satisfagan realmente las necesidades de la generación presente sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras.

Referencias

- Alonso AM. 2003. Análisis de la sostenibilidad agraria: el caso del olivar en la comarca de Los Pedroches (Córdoba). Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba (inérita).
- Alonso AM, Guzmán GI. 2004a. Productividad y economía del olivar ecológico. En Manual de olivicultura ecológica. Córdoba: ISEC-Universidad de Córdoba, pp. 93-114.
- Alonso AM, Guzmán GI. 2004b. La sustentabilidad del olivar ecológico. En Manual de olivicultura ecológica. Córdoba: ISEC-Universidad de Córdoba, pp. 115-138.
- Altieri MA. 1987. *Agroecology: the Scientific Basis of Alternative Agriculture*. Boulder: Westview Press.
- Audsley E, Alber S, Clift R, Cowell S, Crettaz P, Gaillard G, Hausheer J, Jolliett O, Kleijn R, Mortensen B, Pearce D, Roger E, Teulon H, Weidema B, van Zeijts H. 1997. *Harmonisation of Environmental Life Cycle Assessment for Agriculture*. Concerted Action AIR3-CT94-2028.
- Conway GR. 1987. The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems* 24: 95-117.
- García M, Ibáñez J, Alvira F. 1992. *El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación*. Madrid: Alianza Editorial.
- Gliessman SR. 1998. *Agroecology. Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. USA: Ann Arbor Press.
- Guzmán GI, Alonso AM. 2004. Manejo del suelo en el olivar ecológico. En Manual de olivicultura ecológica. Córdoba: ISEC-Universidad de Córdoba, pp. 27-54.
- Martínez J. 1991. *La Ecología y la Economía*. México: FCE.
- Masera O, Astier M, López-Ridaura M. 1999. *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS*. México: Mundi-Prensa.
- Munda G. 2003. Social Multi-Criteria Evaluation (SMCE): Methodological Foundations and Operational Consequences. *European Journal of Operational Research* 158 (3): 662-677.
- Rehman T, Romero C. 1993. The application of the MCDM paradigm to the management of agricultural systems: some basic considerations. *Agricultural Systems* 41 (3): 239-255.
- Reijntjes C, Haverkort B, Waters-Bayer A. 1992. *Farming for the future. The Netherlands: ETC/ILEIA and the MacMillan Press Ltd*.
- Sánchez J. 2004. La biodiversidad, un componente clave para la sostenibilidad de los agroecosistemas. En Manual de olivicultura ecológica. Córdoba: ISEC-Universidad de Córdoba, pp. 73-91.
- Weidema BP, Meeusen MJG. 2000. *Agricultural data for Life Cycle Assessments*. Proceedings of the 2nd European Invitational Expert Seminar on Life Cycle Assessment of Food Products. The Hague: Agricultural Economics Research Institute.