

# Evolución de la sostenibilidad del olivar en Andalucía

## Una propuesta metodológica

### Resumen

El sector del olivar de Andalucía ha experimentando importantes cambios en los últimos años, motivados principalmente por la expansión y la intensificación de su cultivo. Esta evolución está provocando diferentes problemas que ponen en duda la sostenibilidad del mismo, tanto en el plano socio-económico (reducción de su rentabilidad) como ambiental (erosión, contaminación de masas de agua o pérdida de biodiversidad). En esta línea el presente trabajo tiene como objetivo el desarrollo de una metodología para el análisis empírico de la sostenibilidad de las explotaciones de olivar en Andalucía que permita una aproximación integral, que abarque la triple dimensión del concepto (económica, social y ambiental), y operativa, basado en un conjunto de indicadores que posibilite un diagnóstico preciso. Esta metodología se pretende implementar en un futuro al objeto de constituir una base informativa para guiar el diseño y la aplicación de las políticas públicas orientadas a mejorar la "gobernanza" de este sector.

José A.  
Gómez-Limón  
Rodríguez

Instituto de Investigación  
y Formación Agraria y Pesquera  
(IFAPA)

## 1. Introducción

### 1.1. El olivar como sistema agrario multifuncional

Andalucía es la mayor región olivarera a nivel mundial, con una superficie de cultivo de alrededor del 1,5 millones de hectáreas, lo que supone el 30% de la Superficie Agraria Útil (SAU) de esta Comunidad Autónoma y el 59% de la superficie total de olivar español (30% del comunitario y 19% del mundial). En términos macroeconómicos, el cultivo del olivar generó en Andalucía en 2007 unas rentas de 2.660 M€, lo que supone el 26% de la Producción de la Rama Agraria andaluza (10.227 M€), siendo el segundo subsector agrario en importancia tras el hortícola.

Además, este cultivo es uno de los que más empleos generan por unidad de superficie, lo que le ha dado el apelativo de "cultivo social". Así, el olivar genera en Andalucía en torno al 32% de la mano de obra de todo el sector agrícola y ganadero, por delante incluso de sectores con gran dinamismo como la horticultura. El total, este cultivo genera 91.327 empleos directos, los cuales suponen el principal soporte de rentas en más de 300 municipios andaluces, donde el olivar se ha convertido en monocultivo económico (CAP, 2008).

<sup>1</sup> Esta investigación ha sido cofinanciada por el por Ministerio de Ciencia e Innovación y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del proyecto SUSTENAGRI (AGL2009-12553-C02).

Finalmente, cabe destacar igualmente la importancia medioambiental del cultivo. En esta línea debe señalarse cómo tradicionalmente el olivar andaluz ha venido soportando una rica biodiversidad, siendo un claro ejemplo de *sistema agrario de alto valor natural*. Tal circunstancia ha sido posible al ser sistemas donde históricamente se han conjugado una baja intensidad productiva (escaso uso de agroquímicos), la presencia de olivos viejos asociados a vegetación herbácea seminatural durante buena parte del año y su localización en zonas con usos del suelo variados (Beaufoy y Cooper, 2009). Sin embargo, como luego se comentará, esta riqueza ecológica asociada al cultivo del olivar se ha visto reducida de forma considerable durante las últimas décadas, período en que se ha procedido a una “modernización” generalizada del mismo basada en su expansión (nuevas plantaciones que han derivados en grandes zonas de monocultivo de olivar) y su intensificación (uso intensivo de fertilizantes, pesticidas y maquinaria, con sistemas de cultivo con suelos desnudos). A pesar de ello, los valores naturales tradicionalmente asociados al cultivo del olivar han permitido la conservación hasta nuestros días de un buen número de ecosistemas de interés natural, circunstancia que ha sido reconocida incluyendo 138.536 hectáreas de olivar (casi el 10% del total andaluz) dentro de diversas figuras legales de protección incluidas en la Red Natura 2000.

Queda pues de manifiesto cómo el olivar suministra a la sociedad andaluza todo un conjunto de bienes y servicios. Parte de estos tienen características de bienes *comerciales*, como por ejemplo el aceite de oliva, que tiene un mercado a través del cual la sociedad remunera a los productores por su provisión. Otros bienes y servicios, sin embargo, son de carácter *no-comercial o público*, como la contribución a la viabilidad de las zonas rurales donde está implantado, servicios por los cuales los olivicultores no reciben compensación alguna al carecer este tipo de bienes de mercados. Esta característica del olivar de realizar una actividad productiva basada en procesos de producción conjunta que proveen a la sociedad de bienes comerciales y no comerciales, unida a la posibilidad de *fallo de mercado* (una inadecuada oferta de bienes públicos por falta de los incentivos –remuneración– adecuados para su provisión), hace de este sistema agrario un claro ejemplo de sistema agrario multifuncional (Viladomiu y Rosell, 2004; Arriaza *et al.*, 2008).

## 1.2. Evolución reciente del olivar andaluz y sus problemas de sostenibilidad

La extensión actual del olivar en Andalucía ha alcanzado cotas históricas nunca vistas. Efectivamente, sucesivas coyunturas históricas recientes muy favorables, especialmente derivadas de incorporación de España a la Unión Europea (UE) y la aplicación de la Política Agraria Común (PAC), han provocado que a lo largo de las dos últimas décadas hayamos asistido a un intenso proceso de expansión e intensificación del cultivo del olivar en Andalucía. Esta evolución tan rápida ha derivado, sin embargo, en diferentes problemas de sostenibilidad.

La primera consecuencia de este proceso ha sido el importante incremento de las producciones (Barea y Ruiz Avilés, 2009). Efectivamente, el ingreso de España en las Comunidades Europeas en 1986, con un tratamiento para el olivar más favorable que el anteriormente mantenido en España, provocó que se iniciase una fase expansiva en el sector que ha venido conjugando incrementos en las plantaciones y avances en la intensificación del cultivo (mayores densidades de plantación y puesta en riego), lo que ha venido a llamarse “nueva olivicultura”. El resultado de este fenómeno ha sido que entre 1990 y 2008 España ha duplicado su producción de aceite de oliva, incidiendo con ello de manera fundamental en un crecimiento casi paralelo en las disponibilidades mundiales. La consecuencia de este incremento ha sido un exceso de oferta que, combinado con otros factores, ha deprimido los precios del aceite de oliva a nivel internacional (Lanzas y Moral, 2008). Así, los precios durante el año 2009 se han situado ya por debajo de los 2 €/kg. Esta situación de presión de la oferta, unida a la escalada de costes de producción, está afectando a todo el sector, que sufre una acusada pérdida de rentabilidad. Así, según diferentes estudios (Pérez Hernández, 2008) a los actuales niveles de precios, la mitad de las explotaciones andaluzas resultan insostenibles desde una perspectiva económica y social.

La expansión e intensificación del olivar también ha producido efectos ambientales negativos (Beaufoy y Pienkowski, 2000; Guzmán-Álvarez, 2005; García Brenes, 2007; Gómez Calero, 2009):

- a) **Erosión del suelo.** Este problema se ha acentuado en los últimos años, estando asociado a la expansión del cultivo del olivar hacia suelos con características especialmente desfavorables para la producción agraria (altas pendientes, alta torrencialidad de la lluvia, alta erodibilidad de los suelos), en conjunción con una inadecuada gestión por parte del hom-

bre, en especial la sistemática destrucción de la vegetación espontánea (mantenimiento del suelo permanentemente desnudo). Para evidenciar la magnitud del problema, cabe citar los datos de la Consejería de Agricultura y Pesca (CAP, 2008), quien informa que el 29,7% de la superficie de olivar andaluz presenta una erosión moderada (12-50 t/ha·año), el 11,8% una erosión alta (50-100 t/ha·año) y el 11,2% muy alta (más de 100 t/ha·año).

- b) **Sobreexplotación de recursos hídricos.** Con anterioridad a la década de los 80s, el cultivo del olivar era casi exclusivamente de secano. Sin embargo, la intensificación del cultivo antes comentada ha hecho que en la actualidad existan más de 300.000 hectáreas de olivar de regadío. Así, si bien se trata éste de un cultivo con bajas necesidades hídricas y que emplea sistemas de riego localizado altamente eficientes (las extracciones de agua suelen estar entre 1.500 y 2.000 m<sup>3</sup>/ha·año), el aumento de la presión total ejercida sobre estos recursos disponibles ha sido significativa, siendo hoy en día el mayor consumidor de agua en la Cuenca del Guadalquivir. Este incremento de las extracciones está generando la sobreexplotación de numerosos acuíferos, a la vez que está comprometiendo la satisfacción de las demandas en el conjunto de la cuenca.
- c) **Contaminación difusa del agua.** La calidad del agua que circula por los sistemas de olivar se ha resentido como consecuencia del uso sistemático de productos químicos (herbicidas y fertilizantes, principalmente). El resultado de este abuso ha derivado en problemas de contaminación difusa de los ríos, embalses y acuíferos, que ha generado diferentes alarmas sanitarias que se han traducido en la prohibición de consumir agua procedente de embalses cuya cuenca de alimentación está rodeada de olivar. Estas situaciones han llevado a la supresión de la autorización de diversos productos (simazina o diurón) muy utilizados hasta fechas recientes en este cultivo. A pesar de esta medida, la calidad de las aguas sigue actualmente amenazada por las prácticas culturales asociadas al olivar.
- d) **Pérdida de biodiversidad.** Una de las peculiaridades que presentaba el olivar tradicional, mayoritario hasta la década de los 80, era la rica biodiversidad asociada a su cultivo. La presencia de árboles y monte bajo en forma de mosaicos proporcionaba un hábitat variado, semejante al de las dehesas, donde encontraban refugio gran número de insectos, aves, reptiles y mamíferos. Sin embargo, esta situación ha cambiado, y los procesos de intensificación (desaparición de la cubierta vegetal, la contaminación

del agua, el empleo de insecticidas agresivos y la erosión del suelo) han significado un deterioro de la cantidad y diversidad de especies animales que viven en su interior.

- e) **Deterioro de paisajes agrarios tradicionales.** Con anterioridad a la conformación del mayor monocultivo olivarero del mundo, este cultivo se asociaba con tierras de pasto, viñedo o cereal. Por el contrario, el olivo es hoy prácticamente la única especie viviente durante la mayor parte del año. Con ello se ha banalizado el paisaje tradicional, lo que ha generado una pérdida de bienestar social.

### 1.3. Objetivo del trabajo

Todos los elementos expuestos anteriormente avalan la necesidad de profundizar en el análisis de la sostenibilidad del olivar andaluz. Dentro de este contexto, este trabajo se ha planteado con un objetivo de índole metodológica, encaminado al desarrollo de un marco teórico y una metodología práctica para la evaluación cuantitativa de la sostenibilidad de las explotaciones de olivar en Andalucía. Se pretende que dicho desarrollo permita una aproximación integral que abarque la triple dimensión del concepto (medioambiental, económica y social), y operativa, basado en un conjunto de indicadores que posibilite un diagnóstico preciso y económico del desempeño de las explotaciones de olivar presentes en Andalucía.

La metodología así desarrollada se pretende implementar en un futuro al objeto de constituir una base informativa útil para guiar de forma práctica y directa el diseño y la aplicación de las políticas públicas orientadas a mejorar la *gobernanza* del subsector del olivar (reformas en las políticas de rentas agrarias, agroambiental, de estructuras agrarias y de desarrollo rural, así como la implementación de la futura Ley Andaluza del Olivar).

## 2. El marco teórico

### 2.1. Conceptualización de agricultura sostenible

La Comisión de la ONU para el medioambiente y el desarrollo (WCED), más conocida como la *Comisión Brundtland*, propuso la definición más extendida de “desarrollo sostenible”, como aquél que permite cubrir las necesidades de la generación actual sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones para

cubrir sus propias necesidades. Así, a partir de la década de los 90 del pasado siglo el desarrollo sostenible se ha convertido en el paradigma dominante que ha guiado los procesos de desarrollo, a la vez que se ha constituido como principio rector en el diseño e implementación de las políticas públicas.

De todos los sectores económicos que intervienen en el desarrollo de la humanidad, sin duda la agricultura desempeña un papel fundamental, en la medida que abastece al conjunto de la población de bienes básicos para su supervivencia, como son los alimentos. De hecho, puede afirmarse que la existencia de una *agricultura sostenible* es condición necesaria para lograr un desarrollo verdaderamente sostenible (Convoy y Barbier, 1990).

Pero, ¿Qué es realmente la *agricultura sostenible*? La respuesta a esta pregunta ha generado un interesante debate científico sobre cómo compatibilizar el incremento continuado de la producción para satisfacer las necesidades de alimentos y fibras de una población creciente, y la conservación de los recursos utilizados para dicha producción. En este sentido, si bien existen multitud de definiciones y enfoques alternativos, existe un gran consenso al definir la agricultura sostenible como aquella que cumple los siguientes requisitos (Raman, 2006): a) promueve la suficiencia alimentaria; b) conserva los recursos naturales y protege el medio ambiente; c) es viable económicamente; y d) es socialmente y culturalmente aceptable. De esta manera se acepta que la agricultura sostenible se puede definir a través del denominado enfoque "mosaico", como concepto que comprende las siguientes tres dimensiones básicas (Yunlong y Smit, 1994; Raman, 2006):

- **Sostenibilidad ambiental**, que requiere que la agricultura sea compatible con el mantenimiento de los procesos biológicos en que se fundamentan los ecosistemas naturales. Esto se puede traducir como la capacidad para garantizar la continuidad de la productividad agraria gracias al uso de prácticas que permitan un uso adecuado de los recursos naturales y la prevención de daños a los ecosistemas locales y circundantes.
- **Sostenibilidad económica**, que requiere que la agricultura sea económicamente viable. A nivel microeconómico esto implica una rentabilidad de la actividad aceptable para los productores privados, y a nivel macroeconómico una contribución positiva del conjunto del sector a la renta regional/nacional.

- **Sostenibilidad socio-cultural**, que exige que el desempeño de la actividad agraria sea social y culturalmente aceptable. Esta condición se traduce como la garantía de la suficiencia alimentaria, la equidad en el reparto de la renta generada y la contribución a la viabilidad de las comunidades rurales.

La evaluación empírica de la sostenibilidad agraria requiere igualmente la concreción del ámbito de estudio a considerar. En este sentido, la presente investigación se plantea como objeto de estudio el conjunto del sector del olivar andaluz. No obstante, la unidad básica considerada para el análisis ha sido la explotación olivarera. Esta decisión está justificada en la medida en que las explotaciones agrarias 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 (Van Der Werf y Petit, 2002; Van Passel *et al.*, 2007).

## 2.2. Evaluación empírica de la sostenibilidad agraria a través de indicadores

Al objeto de evaluar cuantitativamente la sostenibilidad de la agricultura se han desarrollado cuatro tipos de enfoques metodológicos: a) el análisis de indicadores de sostenibilidad (Bell y Morse, 2008); b) el estudio de las tendencias temporales de productividad (Lynam y Herdt, 1989; Byerlee y Murgai, 2001); c) el análisis de la resiliencia y la sensibilidad de los sistemas agrarios (Blaikie y Brookfield, 1987); y d) el uso de técnicas de simulación (Hansen y Jones, 1996). Todos estos enfoques presentan sus propias ventajas e inconvenientes. La literatura científica ha sopesado las peculiaridades de los distintos enfoques y ha apostado mayoritariamente por el método basado en la construcción y cálculo de indicadores de sostenibilidad (Hansen, 1996; Becker, 1997; Smith y McDonald, 1998; Ness *et al.*, 2007). Por estos mismos motivos, este trabajo ha optado por seguir también dicho enfoque para el desarrollo de la propuesta metodológica. Para la evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones de olivar en Andalucía.

Teniendo en cuenta el actual estado de conocimiento, el desarrollo planteado pretende realizarse teniendo en cuenta dos criterios básicos. El primero de ellos es el de la fiabilidad del método, lo cual se pretende alcanzar sobre la base de: a) una adecuada selección de indicadores, adaptada a las condiciones particulares de los sistemas de olivar existentes en Andalucía; y b) un diseño razonable de la captura de información primaria a nivel de explotación para el cálculo preciso de dichos

indicadores. El segundo de los criterios a seguir es la aplicabilidad del método de evaluación, posibilitando que éste sea de aplicación fácil, rápida y económica. Sólo de esta manera será posible su aplicación al mundo real de una forma extensa, posibilitando así que su implementación constituya un soporte informativo válido para la mejora en los procesos de diseño y aplicación de las políticas públicas que inciden sobre este subsector agrario.

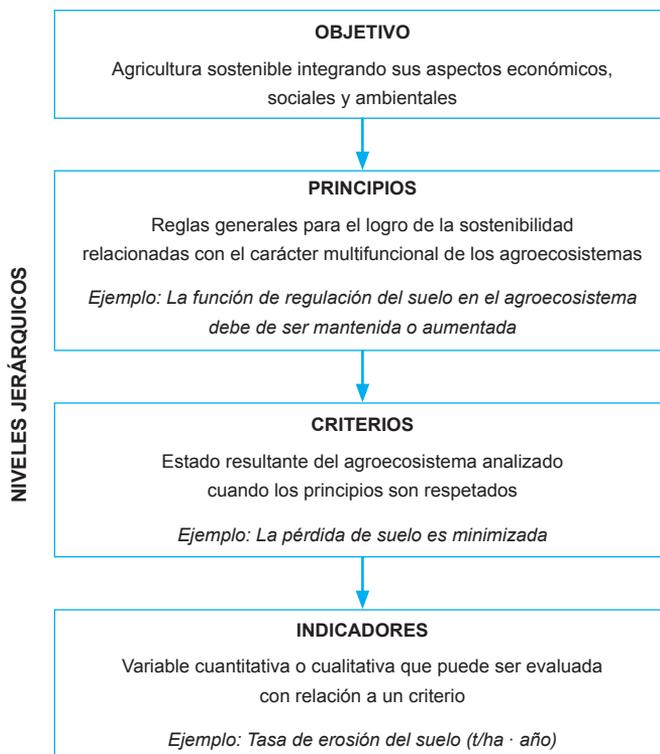
Como resulta evidente, ambos criterios pueden presentar un importante grado de conflicto. Para guardar el debido equilibrio entre ambos, durante el desarrollo metodológico se tendrá en cuenta que los indicadores son básicamente elementos informativos destinados a reducir la incertidumbre en el proceso de toma de decisiones, y que su *valor* (coste máximo admisible para su obtención) viene determinado por la esperanza de incremento del beneficio por la posible mejora de las decisiones encaminadas a la mejora de la *gobernanza* del olivar regional (Pannell y Glenn, 2000).

### 2.3. Marco teórico para el análisis de la sostenibilidad agraria a través de indicadores

Para gestionar la gran cantidad de información suministrada por los métodos basados en indicadores, se han desarrollado diferentes marcos teóricos, desarrollados al objeto de orientar la implementación de este enfoque metodológico, especialmente durante las primeras etapas, encaminadas a la elaboración de un sistema de indicadores. Así, su objetivo último es conseguir que el conjunto de indicadores seleccionados permita ofrecer una visión integrada y coherente del fenómeno de la sostenibilidad, permitiendo además que a través del posterior análisis empírico puedan estudiarse las relaciones causales y de interdependencia que lo caracterizan.

Entre los marcos teóricos aplicados hasta la fecha para la evaluación de la sostenibilidad agraria a través de indicadores cabe destacar el propuesto por Sauvenier *et al.* (2006) y Van Cauwenbergh *et al.* (2007), denominado SAFE (*Sustainability Assessment of Farming and the Environment Framework*). Dicho marco propone evaluar la sostenibilidad de la actividad agraria mediante el empleo de una estructura jerárquica adaptada de la aplicación de la Teoría PC&I. Dicha estructura está compuesta por una jerarquía que cuenta, por orden decreciente, con los siguientes niveles: a) principios; b) criterios; y c) indicadores, tal y como aparece representada en el Diagrama 1.

Diagrama 1. Estructura jerárquica del Marco SAFE



Fuente: Adaptado de Sauvenier *et al.* (2006).

La definición de cada uno de los niveles jerárquicos es la que se describe a continuación:

- **Principios.** Este primer nivel jerárquico está relacionado con las múltiples funciones que desempeñan los agroecosistemas, que pueden asociarse a los tres pilares fundamentales de la sostenibilidad: económico, social y ambiental. Así, un “principio” es una ley o regla fundamental que sirve de base para el análisis y la acción a favor de la sostenibilidad. Estos principios están relacionados con el desempeño multifuncional de los sistemas agrarios, siendo de carácter general y son aplicables a escala internacional.

- **Criterios.** Son los estados resultantes de los sistemas agrarios cuando los diferentes principios son respetados. Los criterios trasladan los principios generales a los agroecosistemas particulares objeto de estudio (los sistemas andaluces de olivar en nuestro caso), por lo que son más concretos que los primeros y, por tanto, más fáciles de relacionar con los indicadores.
- **Indicadores.** Constituyen variables de diversa índole que pueden ser evaluadas para medir el grado de cumplimiento de un criterio. Los indicadores seleccionados deben conformar un conjunto representativo de la sostenibilidad agraria de los sistemas agrarios objeto de estudio en todos sus aspectos (económicos, sociales y ambientales).

El marco teórico SAFE así definido ha sido el considerado en esta investigación para el desarrollo de la metodología de análisis. En este sentido, como se explica en los siguientes apartados, se ha procedido a definir los principios y criterios relacionados con la sostenibilidad agraria de los sistemas de olivar en Andalucía, así como la selección de los indicadores de sostenibilidad correspondientes.

### 3. Desarrollo metodológico

#### 3.1. Esquema general de la metodología

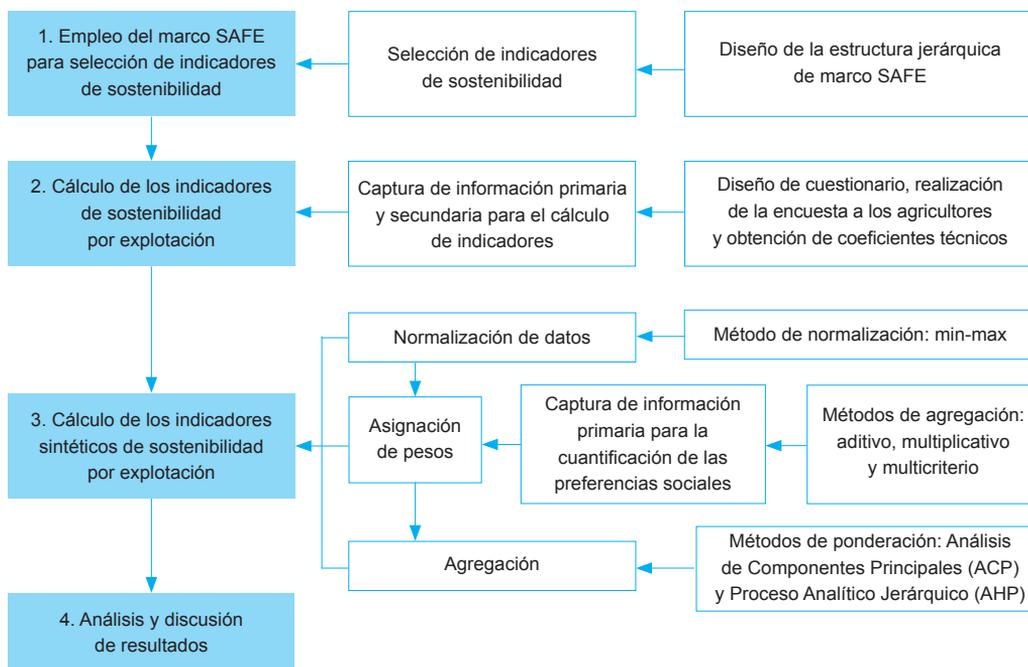
El esquema metodológico planteado para el conjunto de la investigación se refleja en el Diagrama 2. Así el conjunto de la investigación planteada se pretende desarrollar siguiendo las siguientes cuatro etapas fundamentales:

1. **Selección de los indicadores simples.** Empleando el SAFE como marco teórico, se han definido los principios y criterios relacionados con la sostenibilidad de los sistemas andaluces de olivar (véase Apartado 4). A continuación se ha realizado de una larga y exhaustiva revisión bibliográfica para la identificación de indicadores de sostenibilidad que pudieran ajustarse a los principios y criterios previamente establecidos, seleccionado aquellos que se han considerados más adecuados para este trabajo (véase Apartado 5). Así, finalmente se ha podido establecer una estructura jerárquica de aplicación del marco SAFE específica para nuestro caso de estudio basada en 6 principios, 22 criterios y 27 indicadores de sostenibilidad.
2. **Cálculo de los indicadores de sostenibilidad por explotación y sistema agrario.** El cálculo de los indicadores se plantea que se realice en un futuro próximo a través de la obtención de información primaria necesaria

vía aplicación de encuestas a agricultores y la recopilación de coeficientes de carácter técnico desde diversas fuentes secundarias. A partir de estas informaciones se calcularía cada uno de los indicadores seleccionados para cada explotación analizada.

3. **Cálculo de indicadores sintéticos de sostenibilidad por explotación.** Con este propósito se propone la implementación de las diez etapas sugeridas por Nardo *et al.* (2005a y 2005b) y OECD y JRC (2008) para la construcción de diversos indicadores sintéticos.
4. **Análisis, discusión y difusión de los resultados.** La implementación de las etapas 2 y 3 permitirá en próximas fase de la investigación realizar un análisis comparativo y crítico de los resultados obtenidos, al objeto de derivar las conclusiones oportunas para la mejora de la *gobernanza* de la actividad agraria en los casos de estudio considerados.

Diagrama 2. Esquema metodológico de la investigación



El trabajo teórico ahora presentado se centra pues únicamente en el desarrollo de la etapa 1 antes comentada, dejando su operatividad empírica (etapas de 2 a 4) para próximas fase del proyecto que cubre el conjunto de investigación así planteada.

#### 4. Selección de los principios, criterios e indicadores

Siguiendo el marco teórico SAFE antes expuesto, el primer paso para el desarrollo metodológico propuesto ha sido elaborar un borrador de la pretendida estructura jerárquica de principios, criterios e indicadores. Para ello se ha realizado una extensa revisión de la literatura existente en materia de sostenibilidad agraria al objeto de construir un catálogo lo más completo posible de indicadores de sostenibilidad potencialmente útiles para el pretendido análisis. Establecido este catálogo, se ha procedido a relacionar los diferentes indicadores de sostenibilidad encontrados con las múltiples funciones que desempeñan los agroecosistemas de olivar en Andalucía. Así, se ha podido establecer una primera propuesta de principios y criterios, tal y como se expone en la Tabla 1.

Para terminar esta fase inicial del desarrollo de la metodología, se ha procedido a realizar una primera selección de indicadores del catálogo antes comentado, estableciéndose así una primera propuesta de plan de indicadores para el análisis empírico de la sostenibilidad del olivar andaluz. Para realizar dicha selección se siguieron los siguientes criterios (Bell y Morse, 2008; Sauvenier *et al.*, 2006; Van Calker *et al.*, 2006; Von Wirénlehr, 2001; Walter y Stutzel, 2009): 1) base analítica sólida; 2) mensurabilidad; 3) relevancia para la sostenibilidad del sistema en cuestión; 4) transparencia; 5) relevancia política; 6) sensibilidad a los cambios espacio-temporales; y 7) posibilidad de transferencia. De forma conjunta a estos siete criterios, también se tuvieron en cuenta a la hora de realizar esta primera selección el criterio planteamiento pragmático sugerido por Pannell y Glenn (2000), por el cual sólo deben elegirse aquellos indicadores cuyo coste y tiempo de obtención sea "razonable". De esta forma se han seleccionado únicamente aquellos que pudieran ser calculados de forma sencilla y económica.

El análisis de la sostenibilidad agraria requiere necesariamente la adopción de un enfoque multidisciplinar y la participación de los diferentes agentes implicados (Raman, 2006; Purvis *et al.*, 2009). Al objeto de incorporar estos elementos en el desarrollo de la metodología ahora propuesta, se ha contado con el apoyo de un panel de 18 expertos que ha guiado el proceso de aplicación del marco SAFE. Dicho panel ha estado compuesto tanto por especialistas procedentes del mundo

Tabla 1.  
Principios y criterios para el análisis de la sostenibilidad de los sistemas de olivar

DIMENSIONES DE LA SOSTENIBILIDAD	PRINCIPIOS	CRITERIOS
DIMENSIÓN ECONÓMICA	Función económica privada. Viabilidad de las explotaciones de olivar	Renta agraria de los olivicultores adecuada
		Renta agraria de los olivicultores estable
		Capacidad de adaptación a los cambios asegurada
	Función económica pública. Seguridad alimentaria y generación de riqueza	Valor de la producción maximizado
		Valor de la producción estable
		Contribución a la economía regional maximizada
	Dependencia de las subvenciones minimizada	
DIMENSIÓN SOCIAL- CULTURAL	Función social. Contribución al desarrollo rural	Empleo total generado maximizado
		Capacidad de remuneración del trabajo garantizada
		Relevo intergeneracional de la explotación asegurado
		Fijación de la población al medio rural adecuada
	Función cultural. Conservación del patrimonio	Suministro de alimentos de calidad/ tradicionales garantizado
		Calidad visual del paisaje conservada o mejorada
DIMENSIÓN AMBIENTAL	Función de mantenimiento de la biodiversidad	Diversidad genética olivar garantizada
		Diversidad biológica mantenida o aumentada
		Diversidad de hábitats (ecosistemas) mantenida o aumentada
	Función de mantenimiento de los recursos naturales (suelo y agua)	Erosión del suelo minimizada
		Fertilidad del suelo mantenida o mejorada
		Calidad química del suelo y agua mantenida o mejorada
		Detracción de agua de los ecosistemas minimizada
		Balance de energía optimizado

académico como del propio sector productor. Entre los primeros cabe señalar la participación de especialistas de diferentes disciplinas científicas: economía agraria (2), sociología y desarrollo rural (2), ecología y gestión medioambiental (2) y agronomía del olivo (2). Por su parte, como agentes del sector han estado presentes en este panel dos representantes de la administración autonómica pertenecientes a las consejerías de agricultura y medioambiente, dos representantes de organiza-

ciones profesionales agrarias, tres técnicos de empresas de consultoría agraria, un representante de la Asociación Española de Municipios del Olivo y dos cualificados olivares a título individual<sup>2</sup>.

Este panel de expertos se ha reunido en dos ocasiones al objeto discutir las propuestas presentadas por el autor del trabajo. En dichas sesiones los expertos participantes realizaron numerosas aportaciones críticas, cuyos contenidos fueron debidamente consensuados por el panel e incorporados como enmiendas a la propuesta inicial. Con esta dinámica de trabajo, en una primera fase se validó la propuesta de principios y criterios ya reflejada en la Tabla 1, como un enfoque adecuado para el análisis de la sostenibilidad de los sistemas de olivar en Andalucía. En una segunda fase se discutió sobre la adecuación de indicadores a emplear en la investigación y se realizó la selección final de los mismos. El resultado del plan de indicadores finalmente propuesto es el que se comenta con detalle en el apartado siguiente.

## 5. Los indicadores de sostenibilidad

En este apartado se exponen de forma detallada cada uno de los 27 indicadores de sostenibilidad finalmente seleccionados por el panel de expertos. La presentación de dichos indicadores se realiza de manera ordenada, siguiendo un orden basado en las funciones (principios) que estos tratan de cuantificar.

### 5.1. Indicadores de sostenibilidad económica

Conforme a lo consensuado con el panel de expertos, cabe afirmar que la sostenibilidad económica del olivar andaluz se asocia a dos principios básicos: a) una función económica privada, relacionada con la viabilidad de las explotaciones dedicada al cultivo del olivar; y b) una función económica pública, que se corresponde con el aseguramiento de la suficiencia alimentaria y la capacidad de generar de riqueza para el conjunto de la sociedad.

---

<sup>2</sup> El autor del trabajo quisiera manifestar de forma expresa su sincero agradecimiento a todas las personas que han formado parte del panel de expertos, que a través de su colaboración han posibilitado la incorporación de sus conocimientos a la investigación.

Tal y como se aprecia en la Tabla 2, un adecuado desempeño de la primera de las funciones antes mencionados se asocia a los siguientes tres criterios:  $a_1$ ) que la renta agraria de los olivicultores sea adecuada;  $a_2$ ) que la renta agraria de los olivicultores sea estable a lo largo del tiempo; y  $a_3$ ) que estos productores tenga la capacidad de adaptación necesaria para afrontar los cambios que les depare el futuro. Por su parte, la segunda de las funciones se ha considerado se cumple de forma satisfactoria cuando se verifican los siguientes cuatro criterios:  $b_1$ ) que el valor de la producción sea el mayor posible;  $b_2$ ) que el valor de la producción resulte estable a lo largo del tiempo;  $b_3$ ) que la contribución del sector a la economía regional sea la mayor posible; y  $b_4$ ) que la dependencia de las subvenciones públicas sea mínima.

Para cuantificar el grado de cumplimiento de cada uno de los criterios antes referidos se ha elegido un indicador (7 indicadores en total), tal y como se explica a continuación.

Tabla 2.  
Criterios e indicadores de sostenibilidad económica para los sistemas de olivar

PRINCIPIOS	CRITERIOS	INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD (acrónimo) [unidad de medida]
<b>Función económica privada. Viabilidad de las explotaciones de olivar</b>	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]
<b>Función económica pública. Suficiencia alimentaria y generación de riqueza</b>	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 (CONAVAB) [€/ha-año]
	Dependencia de las subvenciones minimizada	Porcentaje de los ingresos procedente de las subvenciones (PORCSUBV) [adimensional]

### 5.1.1. Rentabilidad privada del olivicultor (RENTOLIV)

La renta neta de los agricultores es un indicador definido como la diferencia entre los ingresos brutos y todos los costes en los que incurre el agricultor en el desarrollo de su actividad productiva, incluyendo la depreciación de los bienes de capital utilizados. Esta misma conceptualización es la que sigue este trabajo, cuantificando el indicador RENTOLIV en €/ha-año.

El estudio de este indicador permite analizar la viabilidad financiera de las explotaciones olivereras, en la medida que sólo son sostenibles a largo plazo aquéllas con un valor de RENTOLIV positivo. Valores negativos del mismo suponen una pérdida progresiva del patrimonio empresarial, lo cual se traducirá, tarde o temprano, en el abandono de la actividad. Para valores de este indicador por encima de cero, resulta asimismo evidente que el grado de sostenibilidad de la explotación se incrementa a medida que aumenta su valor.

### 5.1.2. Variabilidad de la renta del olivicultor (VARRENT)

La variabilidad en la rentabilidad de los olivicultores durante un determinado periodo de tiempo puede cuantificarse a través de cualquier medida de dispersión de la serie histórica de las rentas anuales. Para este trabajo se ha considerado conveniente medir este atributo a través del coeficiente de variación del indicador RENTOLIV durante las 8 últimas campañas.

Son múltiples las evidencias que demuestran la aversión al riesgo de los productores agrarios, y cómo ello explica el que en contextos productivos de bajo riesgo (estabilidad interanual en las rentas) exista un comportamiento más eficiente de estos en el uso de insumos y una mayor propensión a realizar inversiones productivas (Moschini y Hennessy, 2001; Vercammen, 2007). Por este motivo la estabilidad en los flujos de rentas a lo largo del tiempo (valores bajos de VARRENT) favorece la sostenibilidad económica de la explotación. De igual manera, debe considerarse que la relación entre este indicador y la sostenibilidad de la explotación es inversamente proporcional, en la medida que a mayor valor del mismo cabe asumir que la explotación es menos sostenible desde una perspectiva económica.

### 5.1.3. Índice de adaptación (INDADAP)

La viabilidad de las explotaciones olivareras no sólo depende de su actual estructura de ingresos y costes (renta media y su variabilidad temporal), sino también de su capacidad de adaptación a los cambios que en un futuro depare el entorno. Efectivamente, en este sentido cabe aplicar cierta lógica darwinista a la viabilidad de las explotaciones de olivar, cuya supervivencia sólo estará al alcance que aquéllas que sean capaces de afrontar convenientemente los retos procedentes de los cambios tecnológicos, del entorno político (reformas de la PAC y otras políticas que influyen sobre la actividad), de los mercados de productos agrarios y de insumos o de las condiciones medioambientales (cambio climático). La mencionada capacidad de adaptación de los agricultores es, no obstante, una variable difícilmente cuantificable, en la medida que: a) no es directamente observable; b) se trata de una variable compleja (se asocia múltiples variables observables); y c) tiene características de intangible (no tiene ninguna escala de medida). En estos casos resulta oportuno trabajar con un índice construido ad hoc como proxy de esta variable no cuantificable.

De manera más concreta, el índice INDADAP ha sido establecido como una función matemática de las variables cuantificables que pueden relacionarse con la capacidad de adaptación de los olivareros. En este sentido, en las reuniones con el panel de expertos se ha puesto de manifiesto que esta variable no observable está íntimamente relacionada con: a) la pendiente media del terreno de la explotación, como condicionante de las tecnologías aplicables en la misma (especialmente aquéllas relacionadas con la mecanización de las labores); b) la disponibilidad de agua de riego, como elemento necesario para la potencial transformación en riego; c) la edad del agricultor, como determinante de la aptitud del titular hacia el cambio (los más jóvenes son más proclives a afrontarlos); y d) la formación agraria del agricultor, como medida de la capacidad de estos productores a diseñar y realizar las adaptaciones necesarias en sus explotaciones (los más formados tienen una mayor propensión a realizar tales cambios).

Para la formulación de este índice se ha planteado una expresión lineal donde el valor de cada una de las variables implicadas antes comentadas ha sido convenientemente ponderada con un peso  $w_p$ , expresándose con ello la importancia relativa de cada variable observable sobre el conjunto del índice construido:

$$INDADAP = w_{pendiente} PENDIENTE + w_{agua} AGUA + w_{edad} EDAD + w_{formacion} FORMACION$$

Siendo:

- INDADAP: Índice de adaptación (adimensional).
- PENDIENTE: Variable normalizada derivada de la pendiente (adimensional).
- AGUA: Disponibilidad de agua de riego (adimensional): No = 0; Sí = 1.
- EDAD: Variable normalizada derivada de la edad del agricultor (adimensional).
- FORMACION: Variable normalizada derivada de la formación agraria del agricultor (adimensional).

Los pesos  $w_i$  se han obtenido a partir de conocimiento experto del panel, aplicando para ello la técnica del AHP (SAATY, 1980). Así, cada miembro del panel realizó las correspondientes comparaciones por pares relacionadas con las cuatro variables observables consideradas, obteniéndose los correspondientes juicios ( $A_p = a_{kjp}$ ). A partir de los mismos, aplicando el criterio agregación de juicios individuales a través de la media geométrica se obtuvo la matriz de Saaty agregada ( $A = a_{ki}$ ). A partir de dicha matriz se han obtenido finalmente los correspondientes pesos:

$$w_{pendiente} = 37,1\%; w_{agua} = 18,8\%; w_{edad} = 23,0\%; y w_{formacion} = 21,1\%$$

Definido así el índice INDADAP, se trata de una variable adimensional, cuyos valores están acotadas en el rango (0,1). Valores del índice iguales a 0 implican una capacidad de adaptación a los retos futuros nula, mientras que valores iguales a la unidad se corresponden con una capacidad de adaptación óptima. Así pues, a medida que una explotación presenta un valor de este indicador mayor, cabe interpretar que ésta es más viable en el largo plazo y, por tanto, más sostenible desde un punto de vista económico.

#### 5.1.4. Valor de la producción (VALPROD)

La contribución de las explotaciones de olivar a la suficiencia alimentaria se propone cuantificarla a través del valor de su producción, medida en €/ha·año. Este indicador es siempre positivo cero (sólo sería igual a cero en el caso de completo abandono del cultivo), y a medida que su valor se incrementa, la explotación desempeña mejor su función de asegurar la suficiencia alimentaria y generar de riqueza para el conjunto de la sociedad. Así pues, mientras mayor sea el valor de este indicador debe interpretarse que la explotación presenta una mejor sostenibilidad económica.

### 5.1.5. Variabilidad de las ventas (VARVENTA)

Al igual que se comentaba en relación al indicador VARRENT, la variabilidad temporal de las ventas de las explotaciones olivereras puede cuantificarse a través de cualquier medida de dispersión. En este caso se ha considerado igualmente conveniente medir tal variabilidad mediante el coeficiente de variación del indicador VALPROD durante las 8 últimas campañas.

Las oscilaciones en el valor de la producción, tanto las debidas por la variabilidad de rendimientos como por los cambios en de precios, deben valorarse negativamente desde una perspectiva de sostenibilidad. El correcto desempeño de la función económica pública que se le demanda al sector (asegurar la suficiencia alimentaria y generar riqueza) exige que su producción sea estable de uno año para otro, minimizando de esta manera el riesgo de insuficiencia de *stocks* y permitiendo el necesario equilibrio en el conjunto de las cadenas de valor del aceite de oliva. Así pues, el valor VARVENTA es inversamente proporcional a la sostenibilidad proporcionada por la explotación (valor altos/bajos del mismo se corresponden con niveles bajos/altos de sostenibilidad económica).

### 5.1.6. Contribución al Valor Añadido Agrario (CONAVAB)

La contribución de las explotaciones de olivar a la riqueza del conjunto de la Comunidad Autónoma cabe cuantificarla por el Valor Añadido Bruto (VAB) generado por las mismas, calculado como la diferencia entre los ingresos que la explotación obtiene vendiendo sus productos y la cantidad que ésta paga a otras empresas por los bienes y servicios que utiliza como consumos intermedios. El indicador CONAVAB así medido representa el valor que añaden las explotaciones de olivar durante la fase de producción agrícola al conjunto de la cadena del aceite de oliva. De esta manera resulta ser un *proxy* válido para cuantificar la aportación de estas unidades productivas al PIB regional.

Valores menores de cero suponen una pérdida de riqueza para el conjunto de la economía regional, fruto de una inadecuada asignación de recursos. En tales circunstancias la explotación no sería sostenible desde una perspectiva de economía pública. Por el contrario, valores positivos de este indicador suponen una contribución positiva a la riqueza de la región y garantizan la sostenibilidad de la explotación en este sentido. En esta misma línea resulta evidente que valores creciente del indicador suponen una mayor sostenibilidad, en la medida que es reflejo que explotación desarrolla mejor su función de generar riqueza para el conjunto de la sociedad.

### 5.1.7. Porcentaje de los ingresos procedente de las subvenciones (PORCSUBV)

Para un correcto desempeño de la funcionalidad económica desde una perspectiva pública, debe considerarse que la viabilidad de las explotaciones de olivar debería estar garantizada al margen de las subvenciones públicas. Siguiendo este razonamiento, un valor nulo del indicador PORCSUBV resultaría óptimo para sostenibilidad, en la medida que indicaría la independencia absoluta de la explotación analizada respecto al apoyo público (autosuficiencia financiera). A medida que el valor de este indicador se incrementa, el desempeño de la funcionalidad antes comentada empeora, y con ello la sostenibilidad económica de la explotación. Así pues, debe considerarse que el valor del indicador que refleja el porcentaje de los ingresos procedente de las subvenciones es inversamente proporcional a la sostenibilidad de ésta.

## 5.2. Indicadores de sostenibilidad social-cultural

La dimensión socio-cultural de la sostenibilidad del olivar se ha considerado relacionada igualmente con dos principios: a) una *función social* de la actividad por su *contribución al desarrollo de las zonas rurales* donde el cultivo se localiza; y b) una *función cultural* relacionada con la *conservación del patrimonio rural* asociado al cultivo (ver Tabla 3). Según lo consensuado por el panel de expertos, el adecuado desempeño de la función social pasa por el cumplimiento de los siguiente cuatro criterios: a<sub>1</sub>) que el empleo total generado por la actividad sea la mayor posible; a<sub>2</sub>) que la actividad productiva en el sector del olivar sea capaz de remunerar adecuadamente el trabajo demandado; a<sub>3</sub>) que el relevo intergeneracional de las explotaciones esté asegurado; y a<sub>4</sub>) que contribuya eficazmente a la fijación de población al medio rural. Por su parte, la función cultural se ha considerado se cumple adecuadamente cuando se verifica que: b<sub>1</sub>) el suministro de alimentos de calidad y/o tradicionales resulta garantizado; b<sub>2</sub>) la calidad visual del paisaje es conservada o mejorada; y b<sub>3</sub>) los elementos culturales y paisajísticos asociados al cultivo son conservados.

Para cuantificar el grado de cumplimiento de cada uno de estos criterios se han seleccionado uno o dos indicadores, según los casos. En total han sido 9 los indicadores seleccionados para analizar esta dimensión, tal y como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Criterios e indicadores de sostenibilidad social-cultural para los sistemas de olivar

PRINCIPIOS	CRITERIOS	INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD (acrónimo) [unidad de medida]
<b>Función social. Contribución al desarrollo rural</b>	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]
<b>Función cultural. Conservación del patrimonio</b>	Suministro de alimentos de calidad o tradicionales garantizado	Pertenencia a DOP (DENOMIN) [adimensional cualitativo: 0/1]
		Porcentaje de la producción calificada como aceite virgen extra (ACEVIRG) [%] acotado [0,1]
	Calidad visual del paisaje conservada o mejorada	Porcentaje de superficie dedicada a otros cultivos/usos (OTROSCUL) [%] acotado [0,1] Cobertura del suelo (COBERT) [%] acotado [0,1]
Elementos culturales y paisajísticos conservados	Índice de mantenimiento y puesta en valor del patrimonio olivarero (PATRIMON) [adimensional] acotado [0,1]	

### 5.2.1. Empleo total (MOTOT)

El principal rol social de la agricultura es la generación de empleo en las zonas rurales donde se asienta esta actividad. Por estos motivos, la cantidad de empleo generado por las explotaciones de olivar puede utilizarse como un indicador válido para cuantificar las implicaciones sociales que tiene este sector en la provisión y distribución de rentas en los territorios donde dicho cultivo se localiza. De esta forma el indicador MOTOT cuantifica la cantidad total de mano de obra ocupada en las explotaciones analizadas para el cultivo del olivo.

Lógicamente, este indicador siempre toma valores mayores de cero (sólo sería igual a cero en el caso de completo abandono del cultivo). En este sentido cabe asumir que a medida que éste toma valores cada vez mayores, las explotaciones de olivar cumplen mejor su funcionalidad de generar empleo y, por tanto, deben considerarse más sostenibles desde una perspectiva social.

### 5.2.2. Productividad aparente del factor trabajo (PRODMO)

Para que la función social de la actividad agraria se desempeñe adecuadamente, no basta con que las explotaciones demanden mano de obra, sino que es igualmente necesario que el uso del factor trabajo dentro de éstas sea productivo, generando las rentas necesarias para su adecuada remuneración. Para cuantificar la capacidad de las explotaciones de olivar para remunerar el factor trabajo se ha incluido dentro del plan de indicadores seleccionado la productividad aparente del factor trabajo, definido como el cociente de la rentabilidad de la explotación por la mano de obra total requerida.

En este sentido resulta lógico asumir que la sostenibilidad de la explotación pasa porque este indicador tome valores positivos, en la medida que de esta forma acredita la capacidad de generar empleo remunerado. En todo caso, mientras mayor sea dicha capacidad de remuneración (mayores valores de PRODMO), la explotación deberá considerarse más sostenible desde una perspectiva social, en la medida que con ello se incrementa la garantía de generar empleo de calidad en el largo plazo.

### 5.2.3. Riesgo de abandono de la actividad agraria (ABANDON)

El abandono de la actividad productiva de las explotaciones agrarias es la consecuencia final de la conjunción de diversos factores, entre los que destacan la marginalidad económica (especialmente por la existencia de hándicaps naturales), la falta de expectativas de futuro y las posibilidades de trabajo de mayor remuneración en los territorios circundantes. Todas estas circunstancias desembocan finalmente en el cierre de la explotación y el abandono de la actividad productiva al fracasar los procesos de sucesión.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, el abandono de la actividad agraria provoca un peor desempeño de su función de desarrollo rural de las zonas donde ésta se localiza, dado que estos fenómenos merman tanto las posibilidades de viabilidad de los sistemas locales de producción como el *stock* de capital humano presente en el territorio. Por ambos motivos se ha considerado conveniente incluir un indicador social que cuantifique el riesgo de abandono de la actividad productiva de la explotación agraria.

Dada la dificultad de analizar y diagnosticar los fenómenos de abandono productivo en el sector del olivar, para esta investigación se ha optado por diseñar un indicador eminentemente pragmático, preguntando directamente a los olivicultores por las posibilidades de sucesión en la explotación tras su jubilación. Así, la cuantificación de este indicador se propone que se obtenga de las respuestas de los olivicultores a la pregunta siguiente: "¿En qué medida cree usted que está garantizada la continuidad de la producción del olivar en su explotación tras su jubilación?". La respuesta a dicha pregunta tomará valores porcentuales (indicador ABANDON), que variarán entre el 100%, cuando la continuidad esté absolutamente garantizada, y el 0%, cuando ciertamente haya seguridad total que tras la jubilación del titular actual, nadie continuará cultivando los olivos de la explotación.

De lo comentado anteriormente, resulta evidente que el valor de este indicador es inversamente proporcional al nivel de sostenibilidad de la explotación analizada. Así, a medida que el indicador ABANDON se incrementa, disminuye la sostenibilidad social proporcionada por la explotación, dado que se aumenta el riesgo que en un futuro no continúe la actividad productiva.

#### 5.2.4. Porcentaje de mano de obra familiar y fija (MOFAMFI)

La ocupación de mano de obra en el cultivo del olivar se caracteriza por su elevada estacionalidad, ya que la fase de recolección concentra entre el 45% y el 60% del trabajo anual requerido para su desarrollo. Ello explica porqué casi la mitad (48,2%) de la mano de obra total demanda por el olivar se cubre con trabajadores de carácter eventual (CAP, 2008). Tal circunstancia no favorece el desarrollo rural de los territorios de olivar, en la medida que este tipo actividad laboral temporal no es capaz de fijar población.

Por lo explicado anteriormente resulta evidente que para que la generación de empleo en el cultivo del olivo promueva un desarrollo rural realmente sostenible, dicho empleo debe cubrirse por personal con residencia habitual en los territorios donde se localiza el cultivo. Sólo en estos casos el olivar desempeña adecuadamente su función de fijar población en las zonas rurales. Al objeto de cuantificar tal circunstancia, dentro de la selección de indicadores realizada se ha incluido uno que cuantifica en términos relativos la importancia de la mano de obra familiar y asalariada fija (normalmente residentes en la zona de producción) sobre el total de trabajo requerido por el cultivo.

Dada la formulación establecida para este indicador, MOFAMFI sólo puede tomar valores dentro del intervalo (0,1). El caso más favorable para la sostenibilidad sería cuando este indicador tome el valor 1, ya que implicaría que el 100% de la mano de obra demanda es cubierta por mano de obra familiar o personal fijo, normalmente residente en la zona de producción. El caso más desfavorable sería cuando el indicador tome el valor 0, ya que indicaría que toda la mano de obra generada es cubierta por personal eventual, que en la mayoría de los casos son temporeros sin residencia en los territorios de olivar. Para valores intermedios cabe deducir una relación directamente proporcional entre el valor de este indicador y el desempeño sostenible de la explotación.

### 5.2.5. Pertenencia a DOP (DENOMIN)

Dentro de las funciones demandadas por la sociedad a la agricultura se encuentra el suministro de alimentos de calidad típicos o tradicionales. Al objeto de cuantificar el desempeño de este criterio en los sistemas de olivar, se ha considerado conveniente integrar dos indicadores en la propuesta metodológica desarrollada. El primero de ellos es la pertenencia o no de las explotaciones de olivar a algunas de las 14 Denominaciones de Origen Protegidas (DOP) oficialmente reconocidas en Andalucía para la producción de aceite de oliva virgen extra.

El indicador establecido en este sentido, DENOMIN, es de tipo cualitativo, para la cual sólo existen dos únicos valores posibles. Si la explotación está situada dentro de una DOP, DENOMIN es igual a 1. En caso contrario este indicador toma el valor 0. Lógicamente, por lo argumentado anteriormente, cuando *DENOMIN* toma el valor 1, la explotación analizada resulta mejor valorada en términos de sostenibilidad cultural que si toma el valor 0, ya que con ello se evidencia la capacidad de producir alimentos (aceite de oliva) con la calidad y tradición demandada.

### 5.2.6. Porcentaje de la producción calificada como aceite virgen extra (ACEVIRG)

El otro indicador que trata de cuantificar el desempeño de la explotación en cuanto a la producción de productos típicos de calidad es el porcentaje del aceite producido por las explotaciones de olivar que es calificado como "virgen extra", entendiendo por tal categoría la máxima calidad comercial que pueden tener los

aceites de oliva. Se trata éste de un indicador complementario al anterior, pues para satisfacer las demandas sociales en cuanto a la preservación de la calidad y la tipicidad de los productos del olivar, no sólo es necesario producir en determinadas zonas con potencial de calidad (DOP), sino que también los titulares deben poner de su parte esmerándose en la realización de las labores de cultivo y la recolección al objeto de obtener una cosecha de la mayor calidad posible.

Al tratarse de un porcentaje, la valoración de este indicador está igualmente acotado en el rango (0,1). Es fácil deducir cómo a medida que el valor de ACEVIRG se incrementa, debe considerarse que la sostenibilidad de la explotación se ve igualmente acrecentada, al constatarse que desempeña de manera creciente su papel de suministrador de productos de calidad tradicional. En el mejor (peor) de los casos este indicador tomará el valor 1 (0), acreditando que todo (nada) el aceite producido tiene la máxima calidad comercial.

### 5.2.7. Porcentaje de superficie dedicada a otros cultivos o usos (OTROSCUL)

Otra de las funciones culturales que la sociedad demanda a los sistemas de olivar es la de conservar la calidad visual del paisaje agrario. Por este motivo, para la evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones se ha considerado necesario incluir igualmente dos indicadores de su desempeño en esta línea. Para ello se han tenido en cuenta las evidencias obtenidas en estudios anteriores sobre esta materia, que establecen que la calidad visual de los olivares en Andalucía viene determinada, principalmente, por el contraste de colores y texturas por la combinación de olivares con otros usos del territorio, así como por la presencia de cobertura vegetal de las calles (Arriaza *et al.*, 2004).

Siguiendo estas consideraciones generales, el primero de los indicadores seleccionado ha sido el porcentaje de superficie de las explotaciones de olivar que es cubierta por otros cultivos o usos (bosques isla, haciendas, cursos de agua, etc.). Con ello se determina el grado de ruptura del monocultivo del olivar en la explotación, y por ende su contribución paisajística.

Este porcentaje está igualmente acotado en el rango (0,1), cuyos valores cabe interpretar de la siguiente manera. Un valor cero de OTROSCUL indica que se estaría valorando una explotación exclusivamente olivarera, cuya aportación a la calidad del paisaje es limitada, al no aportar a éste ningún tipo de contraste

(contribución a un paisaje monótono asociado al monocultivo del olivo). Sería pues el valor menos sostenible que cabría esperar. Sin embargo, a medida que este indicador crece, se evidenciaría la presencia de otros cultivos/usos en la explotación que mejorarían su contribución a la calidad paisajística, y con ello la valoración de la sostenibilidad proporcionada por la misma.

### **5.2.8. Cobertura del suelo (COBERT)**

El otro elemento que contribuye positivamente a la valoración del paisaje de olivar es la presencia de una cubierta vegetal en las calles, bien sea ésta espontánea o cultivada. Por este motivo también se ha seleccionado como indicador de sostenibilidad para este trabajo el grado de cobertura vegetal del suelo en las plantaciones de olivar. Para ello se debe determinar el porcentaje de días en los cuales las mencionadas calles presentan este tipo de cubierta.

El valor más desfavorable de este indicador para una explotación (la menor contribución posible a la sostenibilidad) de sería el 0, en la medida que se estaría indicando que se trata de un olivar con suelo desnudo todo el año, que es el tipo de paisaje menos valorado. En el extremo opuesto tendríamos las explotaciones cuyas plantaciones de olivar tuviesen las calles permanentemente cubiertas por la vegetación (COBERT=100%), que sería la opción más valorada por la sociedad en cuanto a paisaje se refiere. Para valores intermedios se asumen una correlación lineal positiva entre este indicador y el grado de sostenibilidad proporcionado por la explotación.

### **5.2.9. Índice de mantenimiento y puesta en valor del patrimonio olivarero (PATRIMON)**

El paisaje no es la única contribución del olivar al patrimonio cultural común, sino que también hace una aportación a éste a través de la conservación y puesta en valor de una serie de elementos antropogénicos asociados tradicionalmente a su cultivo y que son valorados positivamente por la sociedad. Entre estos pueden comentarse la presencia de olivos centenarios, haciendas y molinos antiguos, terrazas, muros de piedra, setos, etc. No obstante, una adecuada valoración económica de la presencia de todo este conjunto de elementos excede con creces de los objetivos marcados para la presente investigación. Por este motivo, al objeto de introducir

esta componente de la sostenibilidad cultural en el análisis aquí desarrollado, se ha optado por una aproximación pragmática. Para ello se ha considerado el atributo relativo a la conservación de los elementos patrimoniales antes comentados como un intangible, y así poder cuantificarlo a través de un índice construido *ad hoc* siguiendo el mismo método que ya se comentó para el indicador INDADAP (índice de adaptación).

En este sentido, los expertos del panel han considerado que las variables observables a introducir en este índice son: a) la presencia de olivos centenarios en la explotación; b) la presencia de haciendas y/o molinos antiguos; c) la presencia de terrazas, muros, setos u otros elementos similares; y d) que la explotación tenga relación con actividades de turismo rural. A partir de la información anterior, se ha considerado que este índice puede construirse a través de la siguiente suma ponderada de las variables observables antes referidas:

$$PATRIMON = w_{\text{oliv\_cent}} OLIV\_CENT + w_{\text{hac\_mol}} HAC\_MOL + w_{\text{setos}} SETOS + w_{\text{turismo}} TURISMO$$

Siendo:

- PATRIMON: Índice de mantenimiento y puesta en valor del patrimonio olivarero (adimensional).
- OLIV\_CENT: Presencia de olivos centenarios en la explotación (adimensional): No = 0; Sí = 1.
- HAC\_MOL: Presencia de haciendas o molinos tradicionales dentro de la explotación (adimensional): No = 0; Sí = 1.
- SETOS: Presencia de setos, terrazas, muros de piedra u otros elementos patrimoniales asimilables en la explotación (adimensional): No = 0; Sí = 1.
- TURISMO: Oferta de actividades turísticas (casas de turismo rural, visitas organizadas, turismo activo, etc.) dentro de la explotación (adimensional): No = 0; Sí = 1.

Los pesos  $w_i$  de esta expresión se han obtenido aplicando igualmente la técnica del AHP al conjunto de expertos del panel, siguiendo el mismo procedimiento que se indicó para el indicador INDADAP. Los resultados obtenidos en este sentido han sido:  $w_{\text{oliv\_cent}} = 10,8\%$ ;  $w_{\text{hac\_mol}} = 27,8\%$ ;  $w_{\text{setos}} = 16,4\%$ ; y  $w_{\text{turismo}} = 44,9\%$ .

El valor de este índice así definido está acotado en el intervalo (0,1). El valor 0 se corresponde con las explotaciones que no presentan ninguno de los elementos patrimoniales antes referidos y no están relacionadas con las actividades de turismo rural. Se trataría pues del caso más desfavorable desde el punto de vista de la sostenibilidad, en la medida que las explotaciones así valoradas no contribuyen a la conservación y valorización de dichos elementos. A partir de esta valoración nula, valores de PATRIMON crecientes son indicativos de una aportación progresivamente mayor de la explotación en relación a esta función, y así hasta llegar al valor máximo de 1, que se trataría de la situación óptima desde el punto de vista de la sostenibilidad socio-cultural.

### 5.3. Indicadores de sostenibilidad ambiental

El análisis de la dimensión medioambiental de la sostenibilidad del olivar andaluz se ha vinculado al desempeño de dos funciones (o principios) básicas: a) el mantenimiento de la biodiversidad; y b) el mantenimiento de los recursos naturales (véase Tabla 4). Siguiendo el marco SAFE, estos principios se han relacionado con una serie de criterios. Así, de acuerdo con lo consensado por panel de expertos, el adecuado desempeño de la primera de las funciones anteriores pasa por el cumplimiento de los siguientes puntos: a<sub>1</sub>) que la diversidad genética del olivar esté garantizada; a<sub>2</sub>) que la diversidad biológica asociada al cultivo del olivar resulte mantenida o aumentada; y a<sub>3</sub>) que la diversidad de hábitats (ecosistemas) sea igualmente mantenida o aumentada. De esta forma se trata de recoger los tres niveles que engloba la biodiversidad (Primack, 1993), considerando ésta como la conjunción de la diversidad genética, la diversidad biológica y la diversidad de comunidades.

Por otra parte, la función de mantenimiento de los recursos naturales se considera que se cumple adecuadamente cuando: b<sub>1</sub>) la erosión del suelo es minimizada; b<sub>2</sub>) la fertilidad del suelo se mantiene o se mejora; b<sub>3</sub>) la calidad química del suelo y del agua es igualmente mantenida o mejorada; b<sub>4</sub>) la detracción de agua de los ecosistemas para riego es minimizada; y b<sub>5</sub>) el balance de energía de la actividad agraria es optimizado.

Finalmente, 11 han sido los indicadores seleccionados al objeto de medir el grado de cumplimiento de estos criterios, tal y como se comenta a continuación.

Tabla 4.  
Criterios e indicadores de sostenibilidad ambiental para los sistemas de olivar

PRINCIPIOS	CRITERIOS	INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD (acrónimo) [unidad de medida]
<b>Función de mantenimiento de la biodiversidad</b>	Diversidad genética olivar garantizada	Número de variedades de olivar (NUMVAR) [variedades de olivar] número entero
	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 (lindes, setos, ribera de arroyos, bosques islas, etc.) (SUPNOCUL) [%] acotado [0,1]		
<b>Función de mantenimiento de los recursos naturales</b>	Erosión del suelo minimizada	Cantidad de suelo erosionada (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 (HERBRES) [kg mat. activa/ha·año]
	Detracción de agua de los ecosistemas minimizada	Uso del agua de riego (USOAGUA) [m <sup>3</sup> /ha·año]
	Balance de energía optimizado	Balance energético (BAENERG) [kcal/ha·año]

### 5.3.1. Número de variedades de olivar (NUMVAR)

La diversidad genética del olivo es un patrimonio natural que debe conservarse para las generaciones venideras. A pesar de ello, las nuevas tendencias de la olivicultura están tendiendo hacia la homogeneización de las plantaciones, con la consecuente reducción de las variedades cultivadas. Por estos motivos se ha considerado oportuno incluir en el análisis un indicador que cuantifique la contribución de las explotaciones de olivar a la conservación de los recursos filogenéticos de este cultivo. Dicho indicador, al que se ha denominado NUMVAR, cuantifica el número de variedades diferentes de olivar en la explotación, incluyendo también como tales aquellos olivos sin variedad reconocida.

El valor mínimo de NUMVAR es 1, que señala como la plantación existente en la explotación es monovarietal. Por lo que antes se ha comentado, esta circunstancia sería la menos sostenible, en la medida que representa la peor contribución posible de la explotación al mantenimiento de la diversidad genética del cultivo. A medida que el número de variedades por explotación se incrementa, se considera asimismo que aumenta la sostenibilidad ambiental de la misma, ya que ésta contribuye de forma creciente a la conservación de los recursos filogenéticos.

### 5.3.2. Índice de diversidad biológica (INDIVERS)

La diversidad biológica asociada al olivar está constituida por una enorme cantidad de seres vivos, que van desde la microbiota del suelo hasta los vertebrados superiores que habitan o se alimentan dentro de los límites de las explotaciones de olivar. Sin duda, tratar de cuantificar esta riqueza de especies a nivel de explotación resulta una tarea ardua y que no está al alcance de esta investigación. Por este motivo se ha considerado conveniente la construcción de un índice específicamente diseñado con este fin que permita realizar una aproximación cuantitativa razonable a este atributo de la sostenibilidad ambiental.

Para la construcción de este índice se ha contado inicialmente con los conocimientos previos recogidos en la literatura científica, al objeto de determinar las variables fácilmente observables que están más íntimamente relacionadas con la biodiversidad del olivar. Una excelente revisión del estado de la cuestión al respecto puede encontrarse en Duarte *et al.* (2009). Las variables así catalogadas han sido debatidas con el panel de expertos, consensuándose cuáles de ellas resultan más adecuados para la construcción del índice pretendido. En este sentido la selección adoptada de las variables observables a integrar finalmente en dicho índice ha sido la siguiente: a) la presencia de cubiertas vegetales en calles (conservación de la flora arvense y la fauna asociada a la misma); b) el mantenimiento de las cubiertas vegetales a través de la siega a diente por ganado ovino (método de manejo del suelo menos agresivo con las especies presente en el mismo); c) el apilado de varetas tras la poda (generación de zonas de refugio para determinadas especies animales); d) el mantenimiento de aceitunas en los olivos tras la cosecha (reservas de cosecha a disposición de la fauna para su alimentación); y e) el riego con goteos enterrados o sin fertirrigación (minimización de los envenenamientos de animales que utilizan dichos goteros como bebederos):

$$INDIVERS = w_{cubier} CUBIER + w_{diente} DIENTE + w_{apilado} APILADO + w_{aceitu} ACEITU + w_{riego} RIEGO$$

Donde:

- INDIVERS: Índice de diversidad biológica (adimensional).
- CUBIER: Mantenimiento cubiertas vegetales en calles, bien sean espontáneas, sembradas o de restos de poda (adimensional): No = 0; Sí = 1.
- DIENTE: Control de la vegetación arvense de la explotación mediante siega a diente (adimensional): No = 0; Sí = 1.
- APLIADO: Apilado o enrollado de varetas procedentes de la poda y su depósito en los límites de la explotación (adimensional): No = 0; Sí = 1.
- ACEITU: Presencia de aceitunas en los árboles tras la cosecha, bien por dejar reservas, bien por propia resistencia del fruto a ser derribado cuando se emplean vibradores (adimensional): No = 0; Sí = 1.
- RIEGO: En explotaciones con riego, presencia de goteros enterrados o riego sin fertirrigación (adimensional): No = 0; Sí = 1.

En este caso, es necesario comentar que los cinco atributos relacionados con la diversidad biológica no son aplicables a todas las explotaciones de olivar. En concreto, el último de ellos, relativo al uso de riego por gotero, es sólo de interés para aquéllas que tienen riego. Tal circunstancia requiere estimar dos conjuntos de pesos, uno aplicable a las explotaciones con riego (una ponderación para cada uno de los cinco atributos) y otro para las explotaciones de secano (cuatro pesos para sus cuatro atributos). Con este propósito se ha aplicado el método AHP a los expertos del panel como en los otros dos índices comentados anteriormente. Los resultados obtenidos pueden para el caso de explotaciones de regadío han sido:  $w_{cubier} = 56,6\%$ ;  $w_{diente} = 9,6\%$ ;  $w_{apilado} = 13,0\%$ ;  $w_{aceitu} = 9,8\%$ ; y  $w_{riego} = 11,0\%$ . En el caso del secano los pesos resultantes son:  $w_{cubier} = 63,6\%$ ;  $w_{diente} = 10,8\%$ ;  $w_{apilado} = 14,6\%$ ; y  $w_{aceitu} = 11,0\%$ .

Como el resto de los índices así construidos, INDIVERS es un indicador adimensional, cuyos valores se encuentran acotados en el rango (0,1). Así, valores iguales a la unidad apuntan a una explotación donde la biodiversidad es optimizada. Por el contrario, valores de este índice iguales a cero indican que en la explotación analizada no se realiza ninguna práctica que favorecen esta diversidad biológica asociada al cultivo. Así pues, desde una perspectiva de sostenibilidad ambiental, cabe considerar que mientras mayor sea el valor resultante de INDIVERS, la explotación mejor cumple su papel de mantener la biodiversidad y, por tanto, debe ser mejor valorada.

### 5.3.3. Riesgo de pesticidas (RIESPEST)

La biodiversidad del olivar está directamente influenciada, además de por las variables observables antes comentadas, por los tratamientos químicos aplicados al cultivo, tanto para el manejo del suelo (herbicidas) como para el tratamiento de las enfermedades y plagas (fungicidas e insecticidas). Todos ellos tienen en común su poder biocida, por lo que su uso supone una merma de las poblaciones de diferentes tipos de organismos que comparten junto con el olivo estos territorios. Por esta causa, se ha incluido igualmente un indicador específico que trata de cuantificar el potencial biocida de las materias activas empleadas en estos tratamientos, siguiendo la siguiente expresión matemática:

$$RIEPEST = \sum_{m=1}^{m=M} \sum_{n=1}^{n=N} \frac{QPC_m \times CMA_{mn}}{DL50_n}$$

Donde:

- RIESPEST: Riesgo de pesticidas, cuantificado como la capacidad biocida potencial de los pesticidas empleados en el olivar medidos en kg de rata/ha·año.
- $QPC_m$ : Cantidad del producto comercial m aplicado (kg producto comercial m/ha·año).
- $CMA_{mn}$ : Concentración de la materia activa n en el producto comercial m (g materia activa n/kg producto comercial m).
- $DL50_n$ : Dosis letal 50% de la materia activa n (g materia activa n/kg de rata).

El valor mínimo que puede tomar este indicador es 0. Éste sería el caso de las explotaciones acogidas a la producción ecológica o que no realizasen ningún tipo de tratamiento con pesticida. Lógicamente, esta situación sería la más valorada para el cumplimiento de la función del mantenimiento de la biodiversidad y, por tanto, la que se considera más sostenible en términos ambientales. A partir de este valor nulo, a medida que se incrementa el valor de RIESPEST, se incrementa la capacidad biocida de los tratamientos fitosanitarios aplicados, con la consiguiente merma en la valoración de la sostenibilidad de dichas explotaciones. De esta manera, se considera una relación lineal inversa entre este indicador y el grado de sostenibilidad ambiental proporcionado por las explotaciones de olivar analizadas.

### 5.3.4. Porcentaje de superficie dedicada a otros cultivos o usos (OTROSCUL)

Como se comentó al inicio del apartado, la biodiversidad es un concepto complejo, que no sólo tiene en cuenta la variabilidad en el número de especies presentes en un territorio, sino también la diversidad de comunidades o ecosistemas. Por este motivo se han seleccionado igualmente dos indicadores para cuantificar el desempeño de las explotaciones de olivar en este sentido.

El primero de estos indicadores es el porcentaje de superficie dedicada a otros cultivos o usos (OTROSCUL), indicador que ya ha sido presentado en el Apartado 5.3.4 por su contribución a la calidad del paisaje. No obstante, dentro de este contexto relacionado con la biodiversidad, este indicador debe analizarse como un *proxy* de la existencia de heterogeneidad en el uso del territorio, y por tanto, de diversidad de ecosistemas. Así pues, un valor 0 de OTROSCUL supondría que estamos valorando una explotación dedicada al monocultivo del olivo, donde no existe variedad de ecosistemas alguna. Se trataría pues de la peor situación posible para la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, a medida que se incrementa este indicador cabe asumir que las explotaciones presentan de otros cultivos/usos y, por tanto, integran en su seno ecosistemas diferenciados. Este incremento en la diversidad de hábitat viene marcada tanto por la propia existencia de dichos usos alternativos del suelo, como por la existencia de “límites” o “divisorias” (lindes, setos, ribera de arroyos, etc.) para la delimitación de zonas con usos dispares, franjas de terreno donde las interacciones ecológicas son mucho más ricas y variadas. Por tanto, para esta investigación se va a asumir una correlación positiva entre el indicador OTROSCUL y la sostenibilidad ambiental.

### 5.3.5. Porcentaje de la explotación no cultivada (SUPNOCUL)

El segundo de los indicadores para medir la diversidad de ecosistemas en las explotaciones de olivar es el porcentaje de su superficie que no está destinada a ningún cultivo. A través del mismo se trata de cuantificar la importancia relativa de ecosistemas no agrarios dentro de las mismas, como por ejemplo bosques islas, riberas de ríos y arroyos, afloramientos rocosos, etc. La consideración particular de este tipo de ecosistemas locales está justificada en la medida que se trata de zonas donde la actividad antrópica es mínima (no-cultivo), que pueden servir de soporte vital para determinados organismos que, estando asociados al olivar, no habitan dentro del mismo.

Como en el caso del indicador anterior, el valor mínimo de SUPNOCUL es cero. Si se tienen en cuenta los argumentos anteriores es fácil deducir que tal situación es la más desfavorable para la sostenibilidad ambiental. No obstante, a medida que el valor de indicador crece se considera que también aumenta su grado de sostenibilidad, en la medida que cumple cada vez mejor su función de soportar diferentes tipos de hábitats, circunstancia que beneficia tanto a la flora como a la fauna silvestres.

### 5.3.6. Cantidad de suelo erosionada (EROSIÓN)

La erosión de los suelos representa uno de los problemas ambientales más importantes y extendidos en el sector del olivar (Gómez Calero *et al.*, 2003 y 2009). Ello explica la necesidad de integrar en el análisis de la sostenibilidad del olivar un indicador que cuantifique la pérdida de suelo. Este indicador, al que se denomina EROSIÓN, va a estimar para cada explotación de la muestra las pérdidas de suelo medidas en toneladas por hectárea y año, de acuerdo a sus condiciones locales (edafo-climáticas y de manejo del cultivo). Para ello, como recomiendan Gómez Calero y Giráldez (2009), se propone emplear la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo actualizada (*Revised Universal Soil Loss Equation*, abreviadamente RUSLE):

$$EROSION = R \times K \times LS \times C \times P$$

Donde:

- EROSIÓN: Cantidad de suelo erosionada expresada en t/ha-año.
- *R*: Factor de erosividad de la lluvia, que depende de la energía y duración de las precipitaciones (adimensional).
- *K*: Factor de erodibilidad del suelo, que dependen del tipo suelo (adimensional).
- *LS*: Factor de la topografía del terreno, dependiente de la longitud y pendiente del terreno (adimensional).
- *C*: Factor que recoge el efecto del tipo de cultivo y el método de manejo del suelo (adimensional).
- *P*: Factor que recoge el efecto de las medidas de conservación implementadas para el control de la erosión (adimensional).

Este indicador en todos los casos toma valores estrictamente positivos. En cualquier caso es evidente que a medida que el valor de EROSIÓN se incrementa (valores crecientes de suelo perdido), las explotaciones de olivar son menos eficaces en el cumplimiento de su función de conservar el recurso suelo y, por tanto, deben considerarse menos sostenibles desde una perspectiva medioambiental.

### 5.3.7. Índice de materia orgánica en el suelo (MATORG)

El suelo debe conservarse tanto en cantidad como en calidad. Las variaciones en el *stock* de este recurso han sido consideradas a través del indicador EROSIÓN. La cuestión que cabría plantearse es cómo medir la calidad del suelo. En este sentido cabe comentar que en los territorios de olivar el factor más determinante para la calidad del suelo es su contenido de materia orgánica. Así pues, la cantidad de materia orgánica en el mismo puede considerarse un indicador válido para cuantificar esta componente de la sostenibilidad.

Existen varios procedimientos analíticos para la determinación del porcentaje de materia orgánica en los suelos agrícolas. No obstante, este tipo de determinación está fuera del alcance de esta investigación, en la medida que ésta resultaría muy costosa en tiempo y dinero. Por este motivo, en su defecto se ha considerado como alternativa válida el empleo de un índice específico (MATORG), que trate de estimar de forma adimensional la cantidad de materia orgánica del suelo. Con el propósito de construir tal índice se ha contado de nuevo con el conocimiento experto del panel, que ha determinado cuáles son las variables observables que más condicionan el nivel de dicha materia orgánica en el suelo. Las variables seleccionadas con este propósito han sido: a) el manejo del suelo (número de labores y mantenimiento de cubiertas vegetales); y b) la gestión de los restos de poda (picado o no de tales restos). Así, la expresión matemática para el cálculo de este indicador es el siguiente:

$$MATORG = w_{labores} LABORES + w_{cubierta} CUBIERTA + w_{restos\_poda} RESTOS\_PODA$$

Donde:

- MATORG: Índice de materia orgánica en el suelo (adimensional).
- LABORES: Manejo de suelo (adimensional): Más de una labor al año = 0; Ninguna o una labor al año = 1.
- CUBIERTA: Existencia de cubierta vegetal en la calles (adimensional): No = 0; Sí = 1.
- RESTOS\_PODA: Picado de restos de poda (adimensional): No = 0; Sí = 1.

La ponderación ( $w_i$ ) de estas variables observables se ha calculado igualmente a través de las opiniones de los expertos componentes del panel, tal y como se ha señalado para el resto de índices construidos anteriormente. Los resultados obtenidos en este caso son:  $w_{labores} = 7,7\%$ ;  $w_{cubierta} = 49,3\%$  y  $w_{restos_poda} = 43,0\%$ .

El valor de este índice adimensional está acotado entre 0 y 1. La mejor valoración en este sentido de una explotación sería aquella que tome un valor de MATORG igual a 1, ya que indicaría que ésta realiza las prácticas más adecuadas para incrementar la fertilidad del suelo. Así pues, una puntuación igual a la unidad es la que debe considerarse como la más sostenible desde esta perspectiva. El caso contrario ocurre cuando este índice toma un valor 0, que representa la situación menos sostenible para el mantenimiento de la fertilidad del suelo del olivar. Para situaciones intermedias cabe asumir una relación lineal positiva entre el índice MATORG y la sostenibilidad proporcionada por la explotación.

### 5.3.8. Balance de nitrógeno (BALNITRO)

El nitrógeno es un macronutriente esencial para el olivo. Sin embargo, una cantidad excesiva de este elemento en los suelos puede generar serios problemas ambientales. Efectivamente, el exceso de nitrógeno puede disolverse por el agua de lluvia o por el agua de riego, y ser arrastrado corriente abajo produciendo fenómenos de contaminación difusa que derivan en la eutrofización de las masas de agua. De igual forma la existencia de este elemento en demasía puede acelerar los procesos naturales de desnitrificación bacteriana, liberando a la atmósfera diferentes tipos de óxidos de nitrógeno, gases que generan un efecto invernadero casi 300 veces superior al  $\text{CO}_2$ . La generación de todas estas externalidades negativas relacionadas con el uso del nitrógeno en las explotaciones de olivar justifica la selección de un indicador específico que cuantifique su desempeño en relación al ciclo de dicho elemento. En esta línea se propone el cálculo del balance de nitrógeno para valorar las consecuencias de la utilización del mismo en la actividad agraria. Dicho balance puede calcularse de forma simple como la diferencia entre nitrógeno aportado a la explotación a través de la fertilización y la cantidad del mismo extraído en forma de cosecha u otros subproductos. La diferencia así calculada puede considerarse como la cantidad de este elemento que es liberado al medioambiente, con los correspondientes efectos perjudiciales.

En principio, los valores de este indicador no están acotados ni superior ni inferiormente. De hecho éste puede tomar valores incluso negativos o nulos, como ocurre en los casos en los que no se haga ninguna aportación artificial de nitrógeno, y existan extracciones efectivas de este elemento a través de la cosecha. En estos casos la liberación al medio de nitrógeno (impacto ambiental negativo) sería inexistente, siendo éste el caso más favorable (más sostenible). No obstante, de la explicación anterior se deduce que a medida que el valor del indicador BALNITRO se incrementa, la explotación analizada es cada vez menos sostenible desde una perspectiva ambiental, pues la cantidad de nitrógeno liberada al medio, con el consecuente perjuicio ambiental (contaminación del agua y la atmósfera), se incrementa proporcionalmente.

### 5.3.9. Uso de herbicidas residuales (HERBRES)

La progresiva generalización de los sistemas de laboreo de conservación en el olivar ha provocado un uso cada vez más intensivo de herbicidas para limitar la competencia por el agua y los nutrientes de las malas hierbas. La utilización abusiva de estos agroquímicos ha derivado en frecuentes episodios de contaminación de embalses y acuíferos, causando problemas para el medio ambiente y la salud pública. Estas afecciones ambientales negativas se deben al carácter residual o persistente de buena parte de los herbicidas utilizados. Por ello se ha considerado oportuno la inclusión de un indicador que cuantifique este potencial perjuicio ambiental del cultivo del olivar. De forma más concreta, el indicador desarrollado mide la cantidad de materia activa empleada por los diferentes herbicidas residuales empleados en las explotaciones de olivar.

El valor más bajo que puede tomar este indicador es 0, que indica que no se ha hecho uso alguno de herbicidas residuales. Este sería el caso, por ejemplo de las explotaciones de olivar ecológico, siendo la situación óptima desde un punto de vista medioambiental (no existe peligro alguno de contaminación de las aguas). A partir de este valor, cualquier incremento en el indicador HERBRES debe valorarse negativamente. Así pues, se considera una relación inversa entre este indicador y el grado de sostenibilidad ambiental proporcionado por las explotaciones de olivar analizadas.

### 5.3.10. Uso del agua de riego (USOAGUA)

En la actualidad la superficie de olivar en regadío supone el 47% de la superficie regada en la cuenca del Guadalquivir (CHG, 2008), siendo este cultivo el principal consumidor de agua (864 hm<sup>3</sup>/año, el 26% de las demandas totales de la cuenca). En cualquier caso, debe destacarse que la preponderancia actual del olivar dentro del regadío andaluz es un hecho novedoso, ya que éste ha sido un cultivo básicamente de secano hasta fechas muy recientes. Tal circunstancia lo que pone de manifiesto es que buena parte de los consumos actuales de agua para el riego del olivar son nuevas demandas de este recurso, que se han sumado en los últimos años a las anteriormente existentes para otros cultivos y usos. Este crecimiento de la demanda de agua en unas cuencas ya de por sí al límite de la sostenibilidad como la del Guadalquivir, ha generado graves problemas ambientales, al sobrepasar los usos a las disponibilidades reales de agua. Dada la relevancia de esta problemática, es evidente que la sostenibilidad del olivar para por un uso sostenible del agua. Ello justifica la inclusión de un indicador específico para el análisis empírico propuesto. En concreto el indicador planteado cuantifica el consumo de agua por el cultivo, como aproximación a la cantidad de agua retraída de los ecosistemas naturales.

El indicador USOAGUA tomará valor 0 en todas las explotaciones de olivar de secano. En este sentido, estas explotaciones caben considerarlas más sostenibles, en la medida que no detraen recursos hídricos de los ecosistemas. A partir de este valor nulo, cualquier incremento en este indicador se interpreta como un mayor consumo de un recurso escaso que puede generar efectos negativos en los ecosistemas acuáticos asociados. Así pues, debe interpretarse que este indicador es inversamente proporcional a la sostenibilidad ambiental de la explotación.

### 5.3.11. Balance energético (BALENERG)

Los efectos medioambientales de las explotaciones agrarias pueden tener incidencia en los ecosistemas locales o afectar al conjunto del planeta. Este último es el caso del impacto de la agricultura en los flujos de gases de efecto invernadero (GEI). En este sentido, cabría pensar en principio que todas las actividades agrícolas (incluyendo el olivar) son un sumidero de CO<sub>2</sub> por la actividad fotosintética de las plantas cultivadas. Sin embargo, la realidad es mucho más compleja cuando se consideran igualmente todos los procesos biológicos que provocan la liberación de CO<sub>2</sub> y otros GEI (la respiración de las raíces de las plantas, la degradación micro-

biana de la materia orgánica del suelo, procesos de desnitrificación bacteriana, etc.) y, sobretodo, la actuación del ser humano a través de labores de diferente índole generadoras de CO<sub>2</sub> (consumo de combustibles fósiles en las labores agrícolas). Todo ello ha generado abundantes estudios acerca del papel que las prácticas agrarias pueden desempeñar en relación a la mitigación del cambio climático (Lal, 2008; Smith *et al.*, 2008).

La complejidad de este tipo de estudios resulta igualmente fuera del alcance de esta investigación, donde predomina una visión eminentemente pragmática y operativa. Por ello, como *proxy* razonable para tratar de incluir esta componente global de la sostenibilidad dentro de nuestro análisis, se ha considerado conveniente seleccionar un indicador que cuantifique el balance energético de las explotaciones (Guzmán Álvarez, 2007; Guzmán y Alonso, 2008). Dicho balance representa la diferencia entre las salidas de energía del sistema (producción agraria cosechada) y la energía aportada al sistema (insumos de producción y labores).

Este indicador puede tomar signo tanto positivo como negativo. Cuando el valor del indicador BALENERG resulte positivo, ello evidenciará que el sistema de producción empleado en la explotación de olivar está consumiendo menos energía que la que produce fruto de la fotosíntesis. Así, cuanto más positivo es el valor del indicador, la explotación resultará más sostenible desde el punto de vista de sostenibilidad medioambiental, y se asumen que contribuye favorablemente a mitigar el cambio climático. Por el contrario, cuando el valor del indicador BALENERG resulte negativo, ello significará que la explotación analizada está demandando más energía de la que produce. Cuanto menor el valor del indicador (cuanto más negativo), menor será pues la sostenibilidad ambiental proporcionada por dicha explotación (contribuye favoreciendo el cambio climático).

## 6. Conclusiones

La metodología propuesta para el análisis empírico de la sostenibilidad de las explotaciones de olivar en Andalucía presenta como principales ventajas: a) su enfoque integrador, incluyendo para el análisis indicadores de las tres componentes básicas asociadas al concepto de sostenibilidad (económica, social y ambiental); b) su especificidad, dado que la selección de indicadores se ha realizado teniendo en cuentas las características particulares del cultivo del olivar en esta Comunidad Autónoma; y c) su operatividad, en la medida que los indicadores seleccionados

se pueden calcular de forma rápida y económica a partir de información primaria procedente de los olivicultores, lo que potencialmente permite su aplicación a un número amplio de explotaciones.

Todas estas características permiten afirmar que su futura implementación a una muestra amplia de explotaciones podría proporcionar de una base informativa útil para guiar de forma práctica y directa el diseño y la aplicación de las políticas públicas orientadas a mejorar la *gobernanza* del sector en Andalucía. Efectivamente, la realización de esta evaluación empírica permitirá a responder, entre otras, a las siguientes preguntas:

- a) ¿En qué medida la sostenibilidad de las explotaciones olivareras es heterogénea dentro de Andalucía? ¿Qué tipologías de explotaciones pueden derivarse sobre la base de tal heterogeneidad?
- b) ¿Qué componentes de la sostenibilidad (económica, social y ambiental) condicionan en mayor medida el desempeño sostenible de las explotaciones de olivar en cada sistema analizado?
- c) ¿Qué variables estructurales (sistema de cultivo, densidad de plantación, dimensión, características sociodemográficas de los titulares, etc.) influyen sobre la sostenibilidad de estas explotaciones?
- d) ¿Son las explotaciones más sostenibles las que reciben un mayor apoyo financiero de la política agraria?
- e) ¿Qué diferencias pueden apreciarse en la sostenibilidad de las explotaciones de olivar de producción ecológica, de producción integrada y la de producción convencional?

De esta forma se podrá generar pues nuevos conocimientos que posibilitesen una toma de decisiones estratégicas y tácticas más fundamentada en los siguientes ámbitos:

- a) **Ley Andaluza del Olivar.** Esta Ley, actualmente en fase de aprobación, pretende introducir los “contratos territoriales de explotación” como un nuevo instrumento político. A través de los mismos se formalizará una relación contractual entre los olivicultores y las administraciones regional andaluza, por la cual estos productores se comprometerán a proporcionar una serie de bienes públicos (ambientales y sociales) a cambio de una contraprestación económica. En este sentido, la aplicación de esta metodología podría informar sobre los elementos clave que deberían recogerse dentro tales contratos.

- b) **Política de rentas agrarias.** Los potenciales resultados de esta aplicación podrían igualmente posibilitar el diseño de los instrumentos adecuados para una efectiva correspondencia entre la percepción de ayudas PAC y el nivel de sostenibilidad. Así, podría analizarse la conveniencia que tanto la “condicionalidad” como la “modulación” de las ayudas comunitarias se implementasen en función de la valoración que cada explotación individual obtuviese para un indicador sintético de sostenibilidad.
- c) **Política agroambiental.** Los información empírica resultante de la aplicación de esta metodología permitirá conocer si resulta conveniente la aplicación de nuevos programas agroambientales, o si por el contrario la mejora de la sostenibilidad de este sector debería abordarse a través de una normativa de condicionalidad más estricta (imposición de estándares ambientales más exigentes).
- d) **Política de estructuras agrarias.** Una vez detectadas las variables estructurales que condicionan la sostenibilidad de las explotaciones de olivar, se podrían plantear igualmente sugerencias de mejora para la aplicación de la política estructural, al objeto de fomentar el desarrollo de los modelos de explotación más sostenibles.
- e) **Política ambiental.** Diversas normas generales de carácter ambiental (aguas, energía, etc.) condicionan igualmente el desempeño sostenible del olivar en Andalucía. En este sentido, el análisis del impacto de estas políticas en la sostenibilidad de las explotaciones de olivar también abriría una vía para la mejora de la instrumentación de tales políticas.

## Referencias bibliográficas

- > Arriaza, M.; Cañas Ortega, J. F.; Cañas Madueño, J. A. y Ruiz, P. (2004), "Assessing the visual quality of rural landscapes", *Landscape and Urban Planning*, 69, pp. 115-125.
- > Arriaza, M.; Gómez-Limón, J. A.; Kallas, Z. y Nekhay, O. (2008), "Demand for non-commodity outputs from mountain olive groves", *Agricultural Economics Review*, 9, pp. 5-23.
- > Barea, F. y Ruiz Avilés, P. (2009), "Estrategias de futuro para el sector oleícola andaluz". En GÓMEZ CALERO, J. A., ed., *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*, Consejería de Agricultura y Pesca Junta de Andalucía; Sevilla.
- > Beaufoy, G. y Cooper, T. (2009), *The Application of the High Nature Value Impact Indicator, European Evaluation Network for Rural Development*, European Commission's Directorate-General for Agriculture and Rural Development, Brussels.
- > Beaufoy, G. y 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 y Asociación para el Análisis y Reforma de la Política Agrorural*. Comisión Europea, Bruselas.
- > Becker, B. (1997), "Sustainability assessment: a review of values, concepts and methodological approaches, issues in agriculture". *Issues in Agriculture* nº 10, CGIAR-World Bank, Washington.
- > Bell, S. y Morse, S. (2008), *Sustainability indicators. Measuring the incommensurable?* Earthscan, London.
- > Blaikie, P. y Brookfield, H. (1987), *Land Degradation and Society*, Methuen, London.
- > Byerlee, D. y Murgai, R. (2001), "Sense and sustainability revisited: the limits of total factor productivity measures of sustainable agricultural systems", *Agricultural Economics*, 26, pp. 227-236.
- > 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.

- > CHG, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (2008), *Esquema de Temas Importantes*, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Sevilla.
- > Convey, G. R. y Barbier, E. B. (1990), *After the green revolution: Sustainable agriculture for development*, Earthscan Publications, London.
- > Duarte, J.; Campos, M.; Guzmán Álvarez, J. R. *et al.* (2009), "Olivar y biodiversidad". En Gómez Calero, J. A., ed., *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*, Consejería de Agricultura y Pesca-Junta de Andalucía; Sevilla.
- > García Brenes, M. D. (2007), "Los impactos ecológicos del cambio estructural. El olivar andaluz". En Sanz, J., ed., *El futuro del mundo rural*, Síntesis, Madrid, pp. 223-241.
- > Gómez Calero, J. A., ed. (2009), *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*, Consejería de Agricultura y Pesca-Junta de Andalucía; Sevilla.
- > Gómez Calero, J. A. y Giráldez, J. V. (2009), "Erosión y degradación de suelos". En Gómez Calero, J. A., ed., *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*, Consejería de Agricultura y Pesca-Junta de Andalucía; Sevilla.
- > Guzmán Álvarez, J. R. (2005), *Territorio y medio ambiente en el olivar andaluz*, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, Sevilla.
- > Guzmán Álvarez, J. R. (2007), "Una estimación del balance energético y de emisiones de carbono del cultivo del olivo en España". En Sanz Gómez, S., ed., *Congreso del sesquicentenario de la creación de la carrera de Ingeniero Agrónomo*, Asociación Nacional de Ingeniero Agrónomos, Madrid, pp. 295-303.
- > Guzmán, G. I. y Alonso, A. M. (2008), "A comparison of energy use in conventional and organic olive oil production in Spain", *Agricultural Systems*, 98, pp. 167-176.
- > Hansen, J. W. (1996), "Is agricultural sustainability a useful concept?", *Agricultural Systems*, 50, pp. 117-143.
- > Hansen, J. W. Y Jones, J. W. (1996), "A systems framework for characterizing farm sustainability", *Agricultural Systems* 51(2), pp. 185-201.
- > Lal, R. (2008), "Carbon sequestration", *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363, pp. 815-830.

- > Lanzas, J. R. y Moral, E. (2008), "Situación actual del sector del aceite de oliva". En Analistas Económicos de Andalucía, ed., *Informe Anual del Sector Agrario en Andalucía 2008*, Analistas Económicos de Andalucía, Málaga, pp. 543-575.
- > Lynam, J. K. y Herdt, R. W. (1989), "Sense and Sustainability: Sustainability as an Objective in International Agricultural Research", *Agricultural Economics*, 3, pp. 381-398
- > Moschini, G. y Hennessy, D. A. (2001), "Uncertainty, risk aversion, and risk management for agricultural producers". En Gardner, B. L. y Rausser, G. C., eds., *Handbook of Agricultural Economics*, Elsevier, Amsterdam, pp. 88-153.
- > Nardo, M.; Saisana, M.; Saltelli, A. y Tarantola, S. (2005a), *Tools for composite indicators building*, Joint Research Centre-European Commission, Ispra (Italia).
- > Nardo, M.; Saisana, M.; Saltelli, A. et al. (2005b), *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide*, OECD, Paris.
- > Ness, B.; Urbel-Piirsalu, E.; Anderberg, S. y Olsson, L. (2007), "Categorising tools for sustainability assessment", *Ecological Economics*, 60(3), pp. 498-508.
- > OECD, Organization for Economic Cooperation and Development y JRC, Joint Research Centre (2008), *Handbook on constructing composite indicators, Methodology and user guide*. OECD, Paris.
- > Pannell, D. J. y Glenn, N. A. (2000), "A framework for the economic evaluation and selection of sustainability indicators in agriculture", *Ecological Economics*, 33, pp. 135-149.
- > Pérez Hernández, P. P. (2008), "La economía del cultivo del olivar: evolución y perspectivas". En Analistas Económicos de Andalucía, ed., *Informe Anual del Sector Agrario en Andalucía 2008*, Analistas Económicos de Andalucía, Málaga, pp. 293-313.
- > Primack, R. B. (1993), *Essentials of Conservation Biology*, Sinauer Associates, Ltd. Boston, USA.
- > Purvis, G.; Louwagie, G.; Northey, G. et al. (2009), "Conceptual development of a harmonised method for tracking change and evaluating policy in the agrienvironment: The Agrienvironmental Footprint Index", *Environmental Science & Policy*, 12, pp. 321-337.

- > Raman, S. (2006), *Agricultural sustainability. Principles, processes and prospects*, Haworth Press, Binghamton, NY (USA).
- > Saaty, T. L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw, New York.
- > Sauvenier, X.; Valckx, J.; Van Cauwenbergh, N. *et al.* (2006), *Framework for Assessing Sustainability Levels in Belgian Agricultural Systems-SAFE*. Part 1: *Sustainable Production and Consumption Patterns*. Final Report-SPSD II CP 28, Belgian Science Policy, Brussels, (Belgium).
- > Smith, C. S. y McDonald, G. T. (1998), "Assessing the sustainability of agriculture at the planning stage", *Journal of Environmental Management*, 52, pp. 15-37.
- > Smith, P.; Martino, D.; Cai, Z. *et al.* (2008), "Greenhouse gas mitigation in agriculture", *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363, pp. 789-813.
- > Van Calker, K. J.; Berentsen, P. B. M.; Romero, C. *et al.* (2006), "Development and application of a multiattribute sustainability function for Dutch dairy farming systems", *Ecological Economics*, 57(3), pp. 640-658.
- > Van Cauwenbergh, N.; Biala, K.; Biolders, C. *et al.* (2007), "SAFE. A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120, pp. 22-242.
- > Van der Werf, H. M. G. y Petit, J. (2002), "Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93(1), pp. 131-145.
- > Van Passel, S.; Nevens, F.; Mathijs, E. y Van Huylenbroeck, G. (2007), "Measuring farm sustainability and explaining differences in sustainable efficiency", *Ecological Economics*, 62, pp. 149-161.
- > Vercaemmen, J. (2007), "Farm bankruptcy risk as a link between direct payments and agricultural investment", *European Review of Agricultural Economics*, 34, pp. 479-500.
- > Viladomiu, L. y 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.

- > Von Wirén-Lehr, S. (2001), "Sustainability in agriculture - an evaluation of principal goal-oriented concepts to close the gap between theory and practice", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84, pp. 115-129.
- > Walter, C. y Stutzel, H. (2009), "A new method for assessing the sustainability of land-use systems (I): Identifying the relevant issues", *Ecological Economics*, 68, pp. 1265-1287.
- > Yunlong, C. y Smit, B. (1994), "Sustainability in agriculture: a general review", *Agriculture, Eco-systems and Environment*, 49, pp. 299-307.