

# Evaluación empírica de la sostenibilidad agraria a través de indicadores sintéticos<sup>1</sup>

## Resumen

Este trabajo tiene como objetivo desarrollar una metodología práctica para la evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones agrarias, así como su aplicación a dos sistemas agrarios de Castilla y León. La metodología planteada se basa en el cálculo de 16 indicadores de sostenibilidad que cubren las tres componentes del concepto (económica, social y ambiental) y la construcción de diferentes tipos de indicadores sintéticos. Los resultados empíricos obtenidos han permitido visualizar la heterogeneidad de las explotaciones agrarias dentro de un mismo sistema agrario en relación a su sostenibilidad, así como analizar las variables estructurales y decisionales que influyen sobre la misma. Esta información podría mejorar la orientación actual de las políticas agrarias al objeto de aumentar la sostenibilidad del sector.

**José A. Gómez-Limón Rodríguez**

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) Centro "Alameda del Obispo".  
Consejería de Agricultura y Pesca  
Junta de Andalucía

**Gabriela Sánchez Fernández**

Dpto. de Economía Agraria.  
Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Campus Universitario de Palencia.  
Universidad de Valladolid.

## 1. Introducción

Si bien existen multitud de definiciones y enfoques alternativos, existe cierto consenso en definir la *agricultura sostenible* como aquella que es capaz de satisfacer un conjunto de necesidades de forma continuada en el tiempo (HANSEN, 1996). Estas necesidades se relacionan con el carácter multidimensional inherente al concepto de desarrollo sostenible, que requiere que esta actividad sea sostenible desde una triple perspectiva *económica* (actividad rentable), *social* (reparto «justo» y «equitativo» de la riqueza generada por) y *medioambiental* (compatible con el mantenimiento de los ecosistemas naturales).

Sin embargo, la anterior conceptualización de sostenibilidad agraria no está exenta de problemas de cara a su concreción operativa. En primer lugar están los problemas derivados de su carácter temporal. Efectivamente, la sostenibilidad exige analizar la producción futura de bienes y servicios por parte de la actividad agraria, circunstancia que no puede observarse en un marco temporal de intervención razonable. En segundo lugar, está la dificultad de determinar qué demandas concretas debe satisfacer la actividad agraria para ser sostenible, cuestión

<sup>1</sup> Esta investigación ha sido cofinanciada por el por Ministerio de Ciencia e Innovación a través del proyecto FUTURPAC (AGL2006-05587-C04-01), y por la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León por medio del proyecto FUTURCYL (VA036A08).

Una versión previa de este trabajo ha sido presentada en el VII Congreso de Economía Agraria, celebrado en Almería en septiembre de 2009.

sobre la cual pueden existir multitud de opciones. Así, la sostenibilidad debe entenderse en buena medida como una construcción social, cambiante en función de las demandas de la ciudadanía, teniendo, por tanto, una formulación específica para cada ámbito geográfico y temporal. Ambos problemas han dificultado durante largo tiempo el empleo práctico del concepto de sostenibilidad como herramienta operativa para guiar los procesos de desarrollo agrario.

Al objeto de superar las dificultades antes comentadas, desde una perspectiva eminentemente pragmática, se ha ido consolidando la idea de que la evaluación empírica de la sostenibilidad agraria debe fundamentarse en la triple dimensión del concepto: económica, social y medioambiental. Esta aproximación al concepto de sostenibilidad agraria tiene la virtud de permitir su desarrollo operativo, utilizando para ello sistemas de indicadores que abarquen cada una de las dimensiones mencionadas (BELL y MORSE, 2008).

La cuantificación de la sostenibilidad agraria a través de indicadores, sin embargo, sigue planteando hoy en día ciertos problemas. La mayor de estas dificultades la constituye la dificultad de interpretar conjuntamente los múltiples indicadores que requiere este tipo de análisis, circunstancia que obstaculiza su utilización como herramienta práctica de apoyo a la toma de decisiones públicas. Este problema ha tratado de superarse a través de la aplicación de métodos de agregación de estos conjuntos multidimensionales de indicadores en índices o indicadores sintéticos. Esta opción ya ha sido empleada, entre otros, por STOCKLE *et al.* (1994), ANDREOLI y TELLARINI (2000), PIRAZZOLI y CASTELLINI (2000), SANDS y PODMORE (2000), RIGBY *et al.* (2001), VAN CALKER *et al.* (2006), HAJKOWICZ (2006) o QIU *et al.* (2007). La agregación de indicadores, no obstante, ha sido criticada por el carácter «subjetivo» de los métodos empleados (elección de las formas funcionales para la agregación y de las ponderaciones de los diferentes indicadores individuales), tal y como comentan MORSE *et al.* (2001), EBERT y WELSCH (2004), HUETING y REIJNDERS (2004), MUNDA (2005) o BÖHRINGER y JOCHEM (2007).

Dentro de este contexto general, el presente trabajo se ha planteado con una doble finalidad, la primera de índole metodológica y la segunda de carácter práctico. En primer lugar, se pretende desarrollar una metodología práctica para la evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones agrarias basada en indicadores e índices que permita superar las críticas antes señaladas. La segunda finalidad de la investigación es de carácter claramente aplicado, consistente en la aplicación de la metodología propuesta para la evaluación de la

sostenibilidad de las explotaciones agrarias de dos sistemas agrarios castellano y leoneses: los secanos de campiñas medias y bajas y los regadíos del Duero. Esta aplicación empírica permitirá analizar las posibilidades reales de emplear el criterio de sostenibilidad como elemento de apoyo para la mejora de la «gobernanza» del sector.

Al objeto de cumplir con estos objetivos, el documento se estructura como sigue. Tras esta sección introductoria, el segundo apartado presenta los dos sistemas agrarios considerados como casos de estudio. La tercera sección expone la metodología propuesta para la construcción de indicadores sintéticos que permitan evaluar la sostenibilidad de las explotaciones agrarias de ambos sistemas agrarios. El cuarto apartado presenta los resultados más importantes de las aplicaciones empíricas realizadas. Finalmente, el quinto apartado destaca las conclusiones más relevantes del trabajo.

## 2. Casos de estudio

Al conceptuar la sostenibilidad de la actividad agraria, el aspecto más relevante a determinar es la escala espacial del análisis. En esta línea ha habido algunos intentos de integrar las diferentes interpretaciones y escalas de la agricultura (LOWRANCE *et al.*, 1986), que consideran este sector como una jerarquía de sistemas productivos, cuya unidad básica es la parcela (unidad de producción), que se agregan en explotaciones agrarias (unidad de gestión), que a su vez componen los sistemas agrarios (unidad de paisaje o ecológica), los cuales finalmente se agrupan políticamente en regiones y estados nacionales (unidad política). En este sentido, para esta investigación se propone la utilización de la explotación agraria como unidad básica para el análisis, en la medida que es la unidad de gestión, sobre la cual pueden incidir directamente las políticas públicas orientadas a la «gobernanza» del sector (VAN DER WERF y PETIT, 2002; ANDERSEN *et al.*, 2007 y VAN PASSEL *et al.*, 2007).

En cualquier caso, el estudio de la sostenibilidad de las explotaciones agrarias debe enmarcarse dentro de una escala mayor, como es el sistema agrario. Efectivamente, el análisis propuesto requiere la consideración de las particularidades ecosistémicas sobre las que se desarrolla la actividad agraria (NIEMEIJER, 2002 y TURNHOUT *et al.*, 2007). Este tratamiento diferencial por sistema agrario posibilita introducir diferencias metodológicas (p. ej., selección de indicadores)

para la evaluación de la sostenibilidad empírica en cada caso de estudio, así como el tratamiento diferenciado de los resultados (*benchmarking* y tipologías de explotaciones).

Esta investigación se ha centrado en dos sistemas agrarios característicos de la Comunidad Autónoma de Castilla y León, tal y como señala la tipología de espacios agrarios establecida en el *Libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural* (MAPA, 2004):

- *Secanos de las campiñas medias-bajas*. Constituyen la parte central y más extensa de la Meseta Norte, caracterizadas por un clima continental y una orografía de grandes llanuras abiertas. Su orientación productiva está dominada por el cultivo de cereales de invierno.
- *Regadíos del Duero*. La transformación en regadío de las tierras de secano antes referidas permite un importante cambio en el paisaje agrario, gracias a la posibilidad de introducir cultivos de primavera (maíz, remolacha, girasol, patata, etc.) en las alternativas. Estas zonas regables se localizan en los valles y vegas del río Duero y sus afluentes, aprovechando los recursos hídricos de estos cauces naturales.

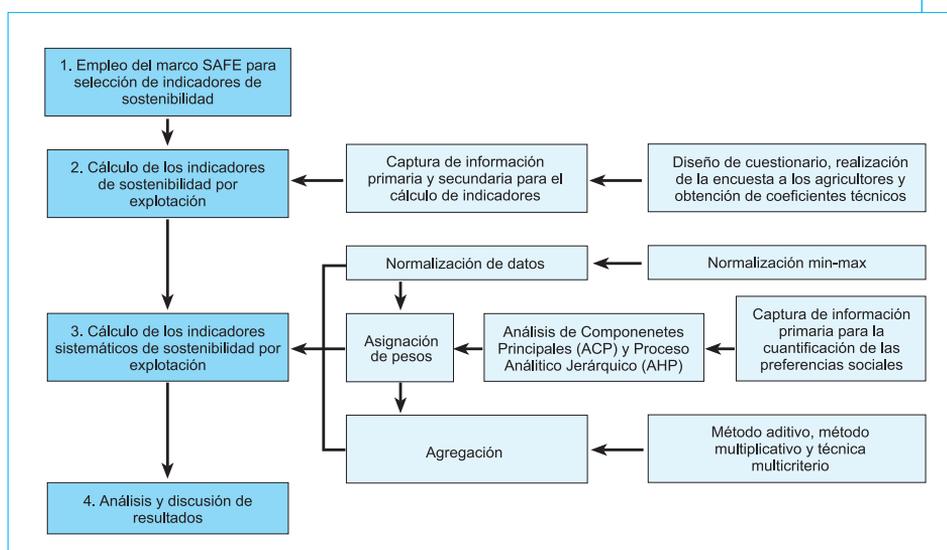
De manera más concreta, esta investigación se ha desarrollado en cuatro comarcas agrarias de la provincia de Palencia donde ambos sistemas agrarios están presentes: las comarcas de Cerrato, Campos, Saldaña-Valdavia y Boedo-Ojeda. En total estas comarcas contabilizan un territorio de 627 mil hectáreas, cuyo carácter agrario y rural queda patente por la importancia de la superficie agraria útil (SAU); 484 mil ha en total (77% del territorio), las cuales se reparten entre las 7.276 explotaciones agrarias existentes en la zona. El 94% de esta SAU son tierras labradas, de las cuales el 87% son de secano (395 mil ha) y el 13% son de regadío (59 mil ha).

La elección de estas comarcas como casos de estudio se justifica en primer lugar por criterios de interés práctico, al tratarse de un caso representativo de zonas de agricultura extensiva con un carácter marcadamente multifuncional (KALLAS *et al.*, 2007a y 2007b). La adecuación de estos casos viene dada, además, por sus propias características técnicas (su homogeneidad ecológica, política, social y económica) y la disponibilidad para el acceso a la información (posibilidad de realizar una encuesta a una muestra de explotaciones lo suficientemente amplia para realizar los análisis cuantitativos pertinentes).

### 3. Metodología

El esquema metodológico empleado en esta investigación se refleja en la Figura 1. A continuación, se desarrolla cada una de las principales de las etapas de la metodología empleada: 1) selección de indicadores de sostenibilidad, 2) cálculo de los indicadores de sostenibilidad y 3) cálculo de los indicadores sintéticos de sostenibilidad agraria (ISSA).

Figura 1. Esquema metodológico de la investigación



#### 3.1. Selección de indicadores de sostenibilidad

La primera etapa para el desarrollo de la metodología ha consistido en la selección de un plan de indicadores para la evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones agrarias que cubra las tres componentes ya aludidas en la introducción (económica, social y ambiental).

De los diferentes marcos teóricos desarrollados hasta la fecha para el análisis de la sostenibilidad agraria, esta investigación ha optado por emplear el propuesto por SAUVENIER *et al.* (2006) y VAN CAUWENBERGH *et al.* (2007), denominado SAFE (*Sustainability Assessment of Farming and the Environment*

*Framework*), que propone un marco de tipo jerárquico. Éste parte de los bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas agrarios al conjunto de la sociedad, derivándose así el primer nivel de la jerarquía, los «principios», que se correlacionan con las tres dimensiones de la sostenibilidad (económica, social y ambiental). De estos principios se desglosan los «criterios», que constituyen el segundo orden de la jerarquía, a partir de los cuales se desprenden finalmente los «indicadores» (ver Tabla 1).

Para la aplicación de este marco teórico a los dos casos de estudio considerados se ha comenzado construyendo un catálogo general de criterios e indicadores de sostenibilidad agraria para cada una de las dimensiones o «principios» de la sostenibilidad. Dicho catálogo se ha obtenido a partir de una exhaustiva revisión de literatura, de la cual se han recogido los criterios e indicadores utilizados en estudios empíricos anteriores, realizados tanto por instituciones<sup>2</sup> como por autores concretos<sup>3</sup>. A partir de este catálogo general se ha procedido a realizar una selección de indicadores básicos para su aplicación a los dos sistemas agrarios objeto de estudio. Para realizar dicha selección, se siguieron los criterios propuestos por SAUVENIER *et al.* (2006): a) sensibilidad a los cambios espacio-temporales, b) sólida base analítica, c) mensurabilidad, d) transparencia, e) relevancia política, f) posibilidad de transferencia y g) relevancia para la sostenibilidad del sistema en cuestión. De manera adicional, se ha considerado el criterio de aplicabilidad (sencillez y economía de cálculo), siguiendo el planteamiento de pragmatismo sugerido por PANNELL y GLENN (2000). De esta forma sólo se han seleccionado aquellos indicadores que pudieran ser calculados a partir de información primaria obtenida directamente de los productores agrarios.

A través de este proceso se ha obtenido finalmente una jerarquía compuesta por 7 principios, 13 criterios y 16 indicadores, tal y como se refleja en la Tabla 1. Una explicación sintética del significado cada uno de los indicadores de sostenibilidad seleccionados puede encontrarse igualmente en la Tabla 2.

<sup>2</sup> EEA (2005 y 2006), MAFF (2000), McRAE *et al.* (2000), OECD (1993, 1999a, 1999b y 2001), UN (1996 y 2008), SMYTH y DUMANSKY (1994) o WASCHER (2000), entre otros.

<sup>3</sup> En este sentido sólo se han considerado los trabajos de investigación que han adoptado la explotación agraria como unidad de análisis: BOCKSTALLER *et al.* (1994), BOSSEL (2001), GALLOPÍN (1996), GIRARDIN *et al.* (2000), LEFROY *et al.* (2000), LEWIS y BARDON (1998), LÓPEZ-RIDAURA *et al.* (2005), OÑATE *et al.* (2000), PAYRAUDEAU y VAN DER WERF (2005), PECO *et al.* (1998 y 1999), PIRAZZOLI y CASTELLINI (2000), RAO y ROGERS (2006), RIGBY *et al.* (2000), TELLARINI y CAPORALI (2000), TISDELL (1996) o VAN DER WERF y PETIT (2002), entre otros.

Tabla 1. Principios, criterios e indicadores de sostenibilidad seleccionados

| DIMENSIONES SOSTENIBILIDAD    | PRINCIPIOS                                 | CRITERIOS  | INDICADORES  |
|-------------------------------|--|--|--|
| ECONÓMICA                     | Función económica                          | Garantía de renta de los agricultores  | Renta de los productores agrarias ( <i>RENTAPROD</i> )   |
|                               |  | Minimización de la dependencia de los subsidios<br>Minimización del impacto de riesgos   | Contribución de la agricultura al PIB ( <i>CONAGPIB</i> )<br>Superficie asegurada ( <i>SUPASEG</i> )   |
| SOCIAL                        | Función social                             | Optimización de las condiciones de trabajo   | Empleo agrario ( <i>EMPLAGRA</i> )   |
|                               |  | Fijación de población agraria en el medio rural<br>Continuidad intergeneracional en la actividad<br>Adecuada dependencia de la actividad agraria | Estacionalidad de la mano de obra ( <i>ESTACIMO</i> )<br>Riesgo de abandono de la actividad agraria ( <i>RIESAGRA</i> )<br>Dependencia económica de la actividad agraria ( <i>DECONAGR</i> ) |
| AMBIENTAL                     | Función de oferta de recursos bióticos     | Mantenimiento de la biodiversidad  | Especialización ( <i>ESPECIAZ</i> )<br>Superficie media por parcela ( <i>SUPEMPAR</i> )  |
|                               |  | Minimización de la pérdida de suelo  | Cobertura del suelo ( <i>COBESUEL</i> )  |
|                               | Función de calidad del suelo               | Mantenimiento de la calidad química del suelo  | Balace de Nitrógeno ( <i>BALNITRO</i> )<br>Balace de Fósforo ( <i>BALFOSFO</i> )<br>Riesgo de pesticidas ( <i>RIESPEST</i> )   |
|                               |  | Función de cantidad del agua   | Minimización de la detección de agua   |
| Función de ahorro de energía  | Optimización del balance de energía        | Balace energético ( <i>BALENERG</i> )  |  |
| Función de oferta de hábitats | Mantenimiento de la diversidad de hábitats | Superficie acogida a ayudas agroambientales ( <i>SUCUAGRO</i> **)  |  |

Fuente: Elaboración propia.

\* Criterio e indicador sólo aplicables al sistema agrario de regadío.

\*\* Criterio e indicador sólo aplicables al sistema agrario de secano.

Tabla 2. Indicadores de sostenibilidad: definición y significado

| DIMENSIÓN | INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD                             | DEFINICIÓN Y SIGNIFICADO  |
|-----------|---|---|
| ECONÓMICA | Renta de los productores agrarias ( <b>RENTAPROD</b> )    | La renta de los agricultores puede aproximarse en un análisis de corto plazo a través del margen bruto de la explotación, entendiéndose éste como la diferencia entre los ingresos y los costes variables. Este indicador se mide en euros/ha.  |
|           | Contribución de la agricultura al PIB ( <b>CONAGPIB</b> ) | Este indicador mide la riqueza generada por la actividad agraria para el conjunto de la sociedad, equivalente a la renta agraria obtenida menos las subvenciones. Se cuantifica igualmente en euros/ha.   |
|           | Superficie asegurada ( <b>SUPASEG</b> )                   | Este indicador refleja la estabilidad en la rentabilidad del agricultor ante hipotéticas pérdidas derivadas de sucesos exógenos inesperados. Este indicador se cuantifica como el porcentaje de la explotación con seguro agrario.  |
|           | Empleo agrario ( <b>EMPLAGRA</b> )                        | El empleo agrario es un indicador de las implicaciones sociales que tiene la agricultura en la provisión y distribución de rentas. Este indicador se cuantifica en horas de trabajo/ha.   |
|           | Estacionalidad mano de obra ( <b>ESTACIMO</b> )           | El carácter estacional del factor trabajo se ha cuantificado como el porcentaje de mano de obra demandada en los períodos críticos. Cuanto mayor sea el valor alcanzado por este indicador, menor grado de fijación de la población en el medio rural.  |
| SOCIAL    | Riesgo de abandono de la actividad ( <b>RIESAGRA</b> )    | La continuidad de la actividad agraria depende de: a) la edad del agricultor y b) la rentabilidad de la explotación. Así, se ha construido este índice que varía entre un máximo de 1 (agricultor menor de 55 años y la renta superior a la media), y un mínimo de 0 (agricultor tiene más de 70 años y la renta es inferior al 50% de la media). |
|           | Dependencia económica ( <b>DECONAGR</b> )                 | Este indicador cuantifica el porcentaje total de la renta de los agricultores que depende de la actividad agraria. A medida que aumenta la dependencia económica de esta actividad, se incrementa la fijación de población en el ámbito rural.  |
|           | Especialización ( <b>ESPECIAZ</b> )                       | Se mide como el porcentaje de la explotación cubierta por el cultivo principal, cuantificando la tendencia de la explotación hacia el monocultivo. Una excesiva especialización es negativa, en la medida que provoca pérdida de biodiversidad.   |
|           | Superficie media por parcela ( <b>SUPEMPAR</b> )          | El tamaño medio de las parcelas que componen la explotación está íntimamente relacionado con el grado de discontinuidad en el paisaje agrario. A medida que el tamaño de parcela es menor se beneficia tanto a la flora como a la fauna silvestre.  |
| AMBIENTAL | Cobertura del suelo ( <b>COBESUEL</b> )                   | El indicador de cobertura del suelo representa el porcentaje de días al año durante los cuales la vegetación recubre el suelo. Cuanto mayor sea el valor de este indicador, mayor protección del suelo frente a la erosión.   |
|           | Balace de nitrógeno ( <b>BALNITRO</b> )                   | Se calcula la diferencia física entre el nitrógeno contenido en los insumos (fertilizantes) y en los productos (cosecha), medida en kg de N/ha. La diferencia entre ambas cantidades proporciona la cantidad de nitrógeno que cada año es liberado al medio.  |
|           | Balace de fósforo ( <b>BALFOSFO</b> )                     | El correspondiente balance (P en insumos - P en productos), medido en kg de P/ha, permite cuantificar el fósforo vertido al entorno.  |
|           | Riesgo de pesticidas ( <b>RIESPEST</b> )                  | Este indicador proporciona información sobre la toxicidad liberada al medioambiente por el uso de pesticidas, cuantificada como la potencial mortandad de biomasa medida en kg.   |
|           | Uso del agua de riego ( <b>USOAGUAR</b> )                 | Se cuantifica como el volumen de agua utilizada en términos absolutos por hectárea cultivada (m <sup>3</sup> /ha). Dicha cantidad representa la cantidad de agua desairada de los ecosistemas hídricos.   |
|           | Balace energético ( <b>BALENERG</b> )                     | El balance energético de una explotación, medido en kcal/ha, puede calcularse utilizando el enfoque input-output comentado con anterioridad. Cuanto mayor resulta este indicador, la explotación es más sostenible desde una perspectiva ambiental.   |
|           | Superficie acogida a agroambientales ( <b>SUCUAGRO</b> )  | Este indicador representa el porcentaje de superficie de la explotación que está acogida a este tipo de programas y que, por tanto, está sometida a exigencias ambientales más estrictas que el código de buenas prácticas agrarias.  |

Fuente: Elaboración propia.

\* Criterio e indicador sólo aplicables al sistema agrario de regadío.

\*\* Criterio e indicador sólo aplicables al sistema agrario de secano.

## 3.2. Cálculo de los indicadores de sostenibilidad

Una vez establecida la selección de indicadores de sostenibilidad más apropiados para los casos de estudio considerados, la investigación ha requerido de información primaria y secundaria para su estimación empírica a nivel de explotación.

### 3.2.1. Recogida de información primaria de las explotaciones agrarias

Con el propósito de alimentar el cálculo de los indicadores de sostenibilidad definidos para la zona de estudio a nivel de explotación, este trabajo se ha apoyado en una encuesta a agricultores como principal fuente de información primaria. Con este propósito se diseñó un cuestionario específico que contó con 4 bloques de preguntas:

1. *Características del titular*, donde se preguntaba por la siguiente información personal: género, edad, número de hijos, existencia de sucesor, desempeño de otras actividades diferentes de la agricultura, pertenencia a entidades asociativas, nivel de estudios, tipo de formación agraria y tiempo dedicado a la formación.
2. *Características estructurales de la explotación*, encaminada a recabar información sobre dimensión, tipo de tenencia y mano de obra requerida en la explotación.
3. *Características productivas de la explotación*, al objeto de obtener datos sobre el plan de cultivos.
4. *Tecnología de producción por cultivo*. Este último bloque del cuestionario ha recabado información de los productores sobre las operaciones realizadas en cada uno de los cultivos de sus alternativas, incluyendo las dosis de los insumos empleados (fertilizantes y fitosanitarios).

El universo de la encuesta ha estado constituido por el conjunto de explotaciones localizadas en las 4 comarcas agrarias palentinas objeto de estudio (Cerrato, Campos, Saldaña-Valdavia y Boedo-Ojeda); 7.276, según el Censo Agrario de 1999. Dada la imposibilidad práctica de realizar un muestreo aleatorio simple, se optó por aplicar un muestreo por cuotas en función de la comarca agraria y de la afiliación de los productores a las diferentes Organizaciones Profesionales Agrarias (OPAs): ASAJA, UPA y COAG.

El momento elegido para la realización de la encuesta ha sido el periodo de cumplimentación de solicitudes de ayudas PAC (marzo-abril de 2008), ya que es entonces cuando los titulares de las explotaciones se desplazan a realizar este trámite a las oficinas de las OPAs, facilitando con ello el trabajo de los encuestadores. Siguiendo el procedimiento antes descrito se obtuvieron finalmente 349 cuestionarios válidos.

### 3.2.2. Recogida de información secundaria

La información primaria derivada de la encuesta a agricultores ha requerido un tratamiento específico e información secundaria adicional para obtener el valor de cada uno de los indicadores de sostenibilidad seleccionados para cada explotación. Este tipo de información secundaria puede dividirse en función de su procedencia en 4 bloques:

- *Bibliografía técnica.* A partir de estas fuentes secundarias se han podido obtener coeficientes técnicos como la cantidad de fósforo y nitrógeno contenido en los productos y subproductos agrarios, la energía implícita en productos, insumos y labores de cultivo, las necesidades hídricas de los cultivos, la eficiencia de los diferentes sistemas de riego o los valores de la dosis letal (DL50) de las materias activas contenidas en los diferentes productos fitosanitarios utilizados en la producción.
- *Información con base estadística.* Dentro de este grupo de datos cabe destacar los referidos a los precios de productos e insumos agrarios (fertilizantes, gasoil, mano de obra, etc.).
- *Legislación en vigor.* Esta fuente de información ha proporcionado datos relativos a la cuantía de las subvenciones, tanto acopladas (ayudas por superficie) como desacopladas (pago único de explotación), así como de las ayudas de los programas agroambientales.
- *Otras fuentes técnicas de carácter local.* Dentro de este último grupo de datos cabe reseñar la información referida al calendario de labores, el coste horario de las labores o el precio de los productos fitosanitarios.

### 3.3. Cálculo de los indicadores sintéticos de sostenibilidad

#### 3.3.1. Etapas para la construcción de un indicador sintético

Al objeto de dotar el proceso de construcción de índices de sostenibilidad de una secuencia lógica y coherente que facilite su posterior comprensión y replicabilidad, el trabajo de la OECD y JRC (2008) sugiere la implementación de las siguientes 10 etapas de forma sucesiva:

1. Desarrollo del marco teórico.
2. Selección de indicadores básicos.
3. Imputación de datos ausentes.
4. Análisis multivariante.
5. Normalización de datos.
6. Asignación de pesos y agregación.
7. Análisis de robustez y sensibilidad.
8. Análisis de la relación de los índices calculados con otras variables.
9. Análisis de la relación entre los índices calculados con los datos originales.
10. Presentación y difusión de resultados.

El desarrollo de las dos primeras etapas (*desarrollo del marco teórico y selección de indicadores básicos*) ya ha sido comentado en el apartado 3.1. En lo que respecta a la etapa 3 (*imputación de datos ausentes*) no se hace necesario introducir comentarios adicionales, en la medida que sólo se han considerado aquéllas explotaciones (cuestionarios) con información completa.

La etapa 4 (*análisis multivariante*) consiste básicamente en la realización de un conjunto de pruebas estadísticas una con doble finalidad: a) comprobar que no existe correlación significativa entre los indicadores de base seleccionados (evitar problemas de doble contabilidad en la etapa de agregación), y b) identificar grupos de indicadores o grupo de casos (explotaciones) similares desde el punto de vista estadístico, al objeto de facilitar la interpretación de los resultados. Como posteriormente se indica, esta etapa se ha implementado en este trabajo a través del análisis de componentes principales y la técnica *cluster*.

La *normalización* (etapa 5) es una necesidad previa a cualquier agregación de indicadores, dado que estos están cuantificados normalmente en diferentes unidades de medida. Por este motivo se hace necesario expresarlos en unidades homogéneas, para así poder compararlos y realizar operaciones aritméticas entre ellos. En nuestro caso, entre las diferentes técnicas de normalización existentes (FREUDENBERG, 2003), se propone el empleo de la normalización «min-max», al objeto de que el valor de todos los indicadores, una vez normalizados, varíe en un rango adimensional  $[0,1]$ , donde el 0 se corresponde con el peor valor posible del indicador (el menos sostenible) y el 1 con el mejor (el más sostenible).

La etapa 6 (*asignación de pesos y agregación*) es la que presenta mayor importancia dentro del proceso de construcción de indicadores sintéticos, por lo que será tratada en detalle en los subapartados siguientes.

La etapa 7 (*análisis de robustez y sensibilidad*) pretende verificar la fiabilidad de los indicadores sintéticos elaborados y su dependencia de las elecciones metodológicas consideradas. Asimismo, las etapas 8 y 9 (*análisis de la relación de los índices calculados con otras variables y con los datos originales*) pretenden identificar los indicadores que presentan mayor influencia sobre los índices construidos, y también explicar la importancia relativa de otras variables sobre dichos índices. Todas estas etapas se han realizado mediante la aplicación de diferentes técnicas estadísticas multivariantes, tal y como se detallará en el apartado de resultados.

### 3.3.2. La agregación de indicadores

Tras esta etapa de normalización debe desarrollarse la etapa relativa a la *asignación de pesos y agregación* (etapa 6), a través de la cual se construyen realmente los indicadores sintéticos. Para ello, como se expone en OECD-JRC (2008), existen múltiples métodos alternativos. De esta manera surge la primera de las críticas que se imputan al uso de los indicadores sintéticos; la subjetividad inherente a la elección del método de agregación (MORSE *et al.*, 2001; EBERT y WELSCH, 2004; HUETING y REIJNDERS, 2004; MUNDA, 2005; BÖHRINGER y JOCHEM, 2007).

La elección de una forma funcional para la agregación de indicadores no resulta trivial, pues ésta condiciona el tipo de compensación o «tasa marginal de sustitución» entre indicadores (MUNDA, 2008). Efectivamente, en función de la

expresión algebraica empleada para la agregación, se puede asumir la posibilidad de compensación *total* entre indicadores, *parcial* o *nula*. De forma resumida puede afirmarse que las *funciones lineales aditivas* asumen implícitamente una compensación total entre indicadores, las *funciones multiplicativas* o *geométricas* admiten una compensación parcial, mientras que las *funciones multicriterio no compensatorias* impiden cualquier tipo de compensación.

Como demuestran GÓMEZ-LIMÓN y RIESGO (2008), en función del método de agregación que se elija durante la elaboración de estos índices, los resultados y las conclusiones que se puedan derivar de los mismos pueden diferir en unos casos de otros. Por este motivo, siguiendo las sugerencias de estos mismos autores, para el desarrollo de esta investigación se ha optado por la aplicación conjunta de diferentes técnicas alternativas de agregación, que permitan contemplar las tres posibilidades de compensación antes descritas. De manera más concreta, las formas funcionales de agregación seleccionadas han sido:

1. La *suma ponderada de indicadores*, como representante de los métodos lineales aditivos (compensación total entre indicadores). Desde el punto de vista matemático, se trata de una regla de agregación lineal ponderada aplicada sobre el conjunto de indicadores normalizados:

$$ISSA = \sum_{k=1}^{k=n} w_k \cdot I_k \quad [1]$$

donde *ISSA* es el Indicador Sintético de Sostenibilidad Agraria,  $w_k$  es el peso asociado al indicador  $k$ , e  $I_k$  es el valor normalizado del indicador  $k$ .

2. El *producto de indicadores ponderados*, elegido entre de los métodos de agregación multiplicativos o geométricos (compensación parcial). Su formulación algebraica es como sigue:

$$ISSA = \prod_{k=1}^{k=n} I_k^{w_k} \quad [2]$$

3. La *formulación multicriterio basada en la distancia al punto ideal* medida bajo diferentes métricas, desarrollada por DÍAZ-BALTEIRO y ROMERO (2004), y que viene definida por la siguiente expresión:

$$ISSA = (1 - \lambda) \cdot \left[ \text{Min}_k (w_k \cdot I_k) \right] + \lambda \cdot \sum_{k=1}^{k=n} w_k I_k \quad [3]$$

donde el parámetro de compensación ( $\lambda$ ) varía entre 0 y 1, condicionando el grado de compensación permitido entre los indicadores. Para la aplicación de esta metodología en nuestra investigación se han considerado 5 valores de este parámetro de compensación ( $\lambda=0$ ,  $\lambda=0,25$ ,  $\lambda=0,5$ ,  $\lambda=0,75$  y  $\lambda=1$ ), de modo que se contemplen las tres posibilidades de compensación antes reseñadas: a) compensación total ( $\lambda=1$ )<sup>4</sup> y b) diferentes grados de compensación parcial ( $0<\lambda<1$ ) y c) compensación nula ( $\lambda=0$ ).

### 3.3.3. La ponderación de los indicadores de base

La etapa de ponderación o asignación de pesos permite distinguir la importancia relativa de los distintos indicadores de base considerados. Este procedimiento de asignación de pesos es igualmente controvertido, en la medida que existen múltiples procedimientos válidos para ello, pero que proporcionan resultados dispares. Por este motivo, los estudios empíricos realizados hasta la fecha han sido igualmente criticados por la asignación «arbitraria» de dichos pesos (HANSEN, 1996; BOCKSTALLER *et al.*, 1997; MORSE *et al.*, 2001; HUETING y REIJNDERS, 2004; MUNDA, 2005 y BÖHRINGER y JOCHEM, 2007).

Las técnicas de ponderación para la construcción de índices pueden dividirse entre «positivas» y «normativas» (OECD-JRC, 2008). Las técnicas «positivas» o «endógenas» son aquellas que permiten la obtención de los pesos de los indicadores de base mediante procedimientos estadísticos, sin que sea necesario incorporar ningún juicio de valor sobre la importancia relativa de los mismos. Entre estas técnicas cabe destacar aquellas basadas en el análisis de componentes principales (ACP), el análisis de la envolvente de datos (DEA) y el análisis de regresión. Por su parte, las técnicas «normativas» o «exógenas» pretenden asignar pesos diferenciados a los indicadores en función de la opinión de expertos o decisores externos. Utilizando este tipo de ponderaciones es como puede introducirse en el análisis las preferencias sociales con relación a las diferentes dimensiones la sostenibilidad (sostenibilidad como construcción social). En esta línea existen asimismo diversas formas de establecer tales ponderaciones: el proceso analítico jerárquico, la asignación directa de puntos, la ponderación *swing*, la ponderación de *trade-off*, el método SMART, etc.

<sup>4</sup> Cabe indicar que cuando  $\lambda=1$ , como puede comprobarse, el valor del ISSA se asemeja al obtenido por el método de la suma ponderada.

Al igual que se comentaba anteriormente en relación a la forma de agregación, la elección de una técnica concreta de ponderación de atributos puede condicionar el resultado final del indicador sintético. Por este motivo, siguiendo la recomendación de JABOBS *et al.* (2004), se ha optado también en este punto por la aplicación de diferentes sistemas de ponderación. En concreto para este trabajo se han seleccionado dos métodos de ponderación, contemplando un método representativo de cada uno de los dos enfoques mencionados anteriormente: a) el Análisis de Componentes Principales (ACP), como método de ponderación representativo del enfoque positivo, y b) el Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process* en la terminología anglosajona, abreviadamente AHP), como método representativo del enfoque normativo.

La técnica de ponderación basada en el ACP permite definir los pesos de los indicadores sobre la base de las correlaciones identificadas entre los mismos en la matriz indicadores×casos (explotaciones en nuestro caso). Una descripción más detallada sobre esta técnica de ponderación puede consultarse en OECD-JRC (2008).

La segunda de las alternativas de ponderación elegidas para la construcción de los ISSA es el AHP. Esta técnica fue desarrollada inicialmente como herramienta de soporte en la toma de decisiones complejas (SAATY, 1980), pero puede adaptarse perfectamente para la construcción de índices. Este método se basa en los juicios de valor emitidos por un centro decisor externo. Siguiendo la propuesta de GÓMEZ-LIMÓN y RIESGO (2008), en la presente investigación este decisor externo ha estado conformado, en primer lugar, por el conjunto de la sociedad regional de Castilla y León, representadas a través de una muestra de 321 individuos (véase GÓMEZ-LIMÓN y ATANCE, 2004). Los resultados de esta encuesta han permitido la ponderación de los diferentes «principios» o dimensiones de la sostenibilidad (económica, social y ambiental). En segundo lugar, el papel de decisor externo ha corrido a cargo de un panel de 16 técnicos expertos, cuyas opiniones han permitido ponderar los indicadores considerados dentro de cada una de las dimensiones de la sostenibilidad antes aludidas.

Los resultados de la ponderación obtenida por ambos métodos son los que aparecen reflejados en la Tabla 3.

Tabla 3. Ponderaciones de los indicadores a través de las técnicas del ACP y AHP

| INDICADOR    | MÉTODO ACP    |               | MÉTODO AHP    |               |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|              | Secano        | Regadío       | Secano        | Regadío       |
| RENTAPROD    | 8,8%          | 8,4%          | 17,0%         | 17,0%         |
| CONAGPIB     | 8,4%          | 8,2%          | 7,2%          | 7,2%          |
| SUPASEG      | 6,2%          | 3,2%          | 4,3%          | 4,3%          |
| EMPLAGRA     | 7,3%          | 8,4%          | 13,1%         | 13,1%         |
| ESTACIMO     | 5,9%          | 6,6%          | 4,6%          | 4,6%          |
| RIESAGRA     | 6,5%          | 6,1%          | 13,7%         | 13,7%         |
| DECONAGR     | 6,6%          | 6,5%          | 8,4%          | 8,4%          |
| ESPECIAZ     | 7,3%          | 7,3%          | 1,9%          | 2,0%          |
| SUPEMPAR     | 6,0%          | 7,3%          | 2,2%          | 2,3%          |
| COBESUEL     | 6,8%          | 6,2%          | 3,9%          | 4,0%          |
| BALNITRO     | 5,0%          | 7,2%          | 4,3%          | 4,4%          |
| BALFOSFO     | 7,1%          | 3,9%          | 2,3%          | 2,4%          |
| RIESPEST     | 4,4%          | 6,0%          | 5,2%          | 5,4%          |
| USOAGUA      |               | 7,5%          |               | 4,8%          |
| BALENERG     | 7,6%          | 7,1%          | 6,1%          | 6,3%          |
| SUCUAGRO     | 6,4%          |               | 5,8%          |               |
| <b>Total</b> | <b>100,0%</b> | <b>100,0%</b> | <b>100,0%</b> | <b>100,0%</b> |

Fuente: Elaboración propia.

A manera de resumen, la Tabla 4 recoge las diferentes opciones metodológicas elegidas para el cálculo de los indicadores sintéticos de sostenibilidad. Como puede observarse, en total son 5 las formulaciones utilizadas, fruto de la combinación de los métodos de agregación y los de ponderación. Además, dentro de la formulación multicriterio cabe distinguir a su vez otras 5 variantes en función del valor considerado para el parámetro de compensación  $\lambda$ .

Tabla 4. Metodologías seleccionadas para la construcción de los ISSA

| MÉTODO<br>DEPONDERACIÓN | MÉTODO DE AGREGACIÓN                          |   |   |
|-------------------------|---|---|---|
|                         | Suma ponderada de<br>indicadores<br>(aditivo) | Producto de<br>indicadores ponderados<br>(multiplicativo) | Formulación<br>multicriterio<br>(multicriterio) |
| <b>Positiva (ACP)</b>   | I_ACPa  | I_ACPm  | —   |
| <b>Normativa (AHP)</b>  | I_AHPa  | I_AHPm  | I_MC*   |

Fuente: Elaboración propia.

\* En función del valor de considerado para el parámetro de compensación  $\lambda$  (0,00, 0,25, 0,50, 0,75 y 1,00), este indicador se denomina I\_MC\_000, I\_MC\_025, I\_MC\_050, I\_MC\_075 e I\_MC\_100, respectivamente.

## 4. Resultados

Siguiendo los métodos descritos en el apartado anterior, se han obtenido los diferentes ISSA para cada una de las explotaciones agrarias de la muestra, tanto de secano como de regadío. Los estadísticos descriptivos básicos de estos índices en cada uno de estos sistemas agrarios pueden observarse en la Tabla 5.

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de los diferentes indicadores sintéticos de sostenibilidad

|                | Mínimo | Máximo | Media | Desv. típ. | Coef. variación | Asimetría | Curtosis | Kolmogorov Smirnov (a) |
|----------------|--------|--------|-------|------------|-----------------|-----------|----------|------------------------|
| <b>SECANO</b>  |        |        |       |            |                 |           |          |                        |
| I_AHPa         | 0,352  | 0,816  | 0,603 | 0,091      | 0,150           | -0,466    | -0,365   | 0,078(**)              |
| I_AHPm         | 0,000  | 0,798  | 0,147 | 0,263      | 1,786           | 1,278     | -0,263   | 0,468(**)              |
| I_MC_000       | 0,000  | 0,019  | 0,003 | 0,005      | 1,964           | 1,734     | 1,525    | 0,451(**)              |
| I_MC_025       | 0,088  | 0,214  | 0,153 | 0,025      | 0,161           | -0,272    | -0,409   | 0,055(*)               |
| I_MC_050       | 0,176  | 0,415  | 0,303 | 0,046      | 0,153           | -0,408    | -0,386   | 0,070(**)              |
| I_MC_075       | 0,264  | 0,615  | 0,453 | 0,069      | 0,151           | -0,448    | -0,373   | 0,074(**)              |
| I_MC_100       | 0,352  | 0,816  | 0,603 | 0,091      | 0,150           | -0,466    | -0,365   | 0,078(**)              |
| I_ACPa         | 0,364  | 0,816  | 0,613 | 0,079      | 0,129           | -0,338    | -0,183   | 0,050(*)               |
| I_ACPm         | 0,000  | 0,786  | 0,151 | 0,270      | 1,781           | 1,264     | -0,315   | 0,469(**)              |
| <b>REGADÍO</b> |        |        |       |            |                 |           |          |                        |
| I_AHPa         | 0,344  | 0,822  | 0,614 | 0,088      | 0,144           | -0,641    | 0,200    | 0,092(**)              |
| I_AHPm         | 0,000  | 0,780  | 0,178 | 0,273      | 1,534           | 0,953     | -0,970   | 0,434(**)              |
| I_MC_000       | 0,000  | 0,019  | 0,003 | 0,005      | 1,684           | 1,419     | 0,482    | 0,412(**)              |
| I_MC_025       | 0,086  | 0,211  | 0,156 | 0,023      | 0,150           | -0,587    | 0,113    | 0,080(**)              |
| I_MC_050       | 0,172  | 0,414  | 0,308 | 0,045      | 0,146           | -0,636    | 0,184    | 0,091(**)              |
| I_MC_075       | 0,258  | 0,618  | 0,461 | 0,067      | 0,145           | -0,641    | 0,196    | 0,093(**)              |
| I_MC_100       | 0,344  | 0,822  | 0,614 | 0,088      | 0,144           | -0,641    | 0,200    | 0,092(**)              |
| I_ACPa         | 0,353  | 0,808  | 0,625 | 0,071      | 0,113           | -0,853    | 1,168    | 0,082(**)              |
| I_ACPm         | 0,000  | 0,749  | 0,186 | 0,283      | 1,518           | 0,900     | -1,127   | 0,436(**)              |

Fuente: Elaboración propia.

(a) Pruebas de normalidad con corrección de Lilliefors.

(\*) Prueba significativa con  $p < 0,05$ .

(\*\*) Prueba significativa con  $p < 0,01$ .

De los datos recogidos en la Tabla anterior cabe destacar como en ambos sistemas agrarios los valores de los diferentes ISSA no se ajustan a distribuciones normales (estadístico Kolmogorov-Smirnov con  $p < 0,05$ ).

### 4.1. Análisis comparativo de los diferentes indicadores sintéticos

Calculados así los diferentes ISSA, la primera cuestión a plantearse es si todos ellos son realmente indicadores de una misma realidad compleja como es la sostenibilidad de las explotaciones agrarias. Con el propósito de estudiar esta cuestión se ha analizado la correlación existente entre los diferentes índices. Dado que se trata de variables no distribuidas normalmente, se ha aplicado la rho de Spearman como prueba de correlación no paramétrica. Los resultados obtenidos, tanto para las explotaciones de secano (celdas sombreadas) como las de regadío (celdas no sombreadas) pueden observarse en la Tabla 6.

Tabla 6. Coeficientes de correlación rho de Spearman

|          | I_AHPa    | I_AHPm    | I_MC_000  | I_MC_025  | I_MC_050  | I_MC_075  | I_MC_100  | I_ACPa    | I_ACPm    |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| I_AHPa   |           | 0,509(**) | 0,477(**) | 0,991(**) | 0,999(**) | 1,000(**) | 1,000(**) | 0,939(**) | 0,506(**) |
| I_AHPm   | 0,328(**) |           | 0,985(**) | 0,594(**) | 0,542(**) | 0,521(**) | 0,509(**) | 0,559(**) | 0,998(**) |
| I_MC_000 | 0,231(**) | 0,965(**) |           | 0,575(**) | 0,514(**) | 0,491(**) | 0,477(**) | 0,543(**) | 0,991(**) |
| I_MC_025 | 0,978(**) | 0,479(**) | 0,406(**) |           | 0,996(**) | 0,993(**) | 0,991(**) | 0,947(**) | 0,594(**) |
| I_MC_050 | 0,997(**) | 0,378(**) | 0,288(**) | 0,990(**) |           | 0,999(**) | 0,999(**) | 0,944(**) | 0,540(**) |
| I_MC_075 | 1,000(**) | 0,345(**) | 0,250(**) | 0,982(**) | 0,999(**) |           | 1,000(**) | 0,941(**) | 0,519(**) |
| I_MC_100 | 1,000(**) | 0,328(**) | 0,231(**) | 0,978(**) | 0,997(**) | 1,000(**) |           | 0,939(**) | 0,506(**) |
| I_ACPa   | 0,876(**) | 0,484(**) | 0,429(**) | 0,906(**) | 0,889(**) | 0,881(**) | 0,876(**) |           | 0,563(**) |
| I_ACPm   | 0,317(**) | 0,996(**) | 0,975(**) | 0,474(**) | 0,369(**) | 0,334(**) | 0,317(**) | 0,489(**) |           |

Fuente: Elaboración propia.

(\*) Correlación significativa con  $p < 0,05$ .

(\*\*) Correlación significativa con  $p < 0,01$ .

NOTA: Las celdas con fondo sombreado contienen los coeficientes de correlación calculados para las explotaciones de secano. Las celdas con fondo no sombreado se refieren a las correlaciones de las explotaciones de regadío.

Los resultados obtenidos verifican la existencia de correlaciones positivas y significativas en todos los casos. Esta circunstancia refuerza la idea que todos ellos cuantifican el mismo atributo de las explotaciones agrarias, como es el de su sostenibilidad. No obstante, se aprecian diferentes grados de correlación. En este sentido pueden establecerse dos tipos de índices: a) aquéllos que permiten compensación total (AHP y ACP aditivos) o parcial (MC con valores de  $\lambda$  entre 1 y 0,25) entre los diferentes indicadores de base; y b) aquéllos donde no permiten tal compensación (MC con valor de  $\lambda=0$ ) o dicha compensación es muy limitada (AHP y ACP multiplicativos). Así se comprueba como los coeficientes de correlación entre ISSA de un mismo grupos es superior en todos los casos a 0,85; incluso en la mayor parte de los casos dicha correlación es superior a 0,95. Por el contrario, la rho Spearman entre índices de diferentes grupos es sensiblemente

te menor, oscilando entre 0,23 y 0,59. De esta manera queda patente cómo el factor más determinante para la cuantificación de la sostenibilidad es el grado de compensación permitido entre indicadores que caracteriza cada uno de los diferentes métodos de agregación, más que el tipo de ponderación utilizada.

## 4.2. Factores determinantes de la sostenibilidad de las explotaciones agrarias

El método elegido para analizar la relación entre la sostenibilidad de las explotaciones agrarias y sus variables estructurales ha sido una regresión tobit doblemente censurada. Esta elección viene justificada por la naturaleza acotada, tanto superior como inferiormente, de los índices de sostenibilidad, al objeto de evitar el problema de estimadores sesgados asociado al uso de regresiones MCO en este tipo de datos (SIMAR y WILSON, 2007).

En este sentido se han realizado para cada sistema agrario 9 regresiones tobit, una para cada índice calculado. En dichos modelos las variables dependientes han sido los correspondientes ISSA, mientras que como variables independientes se han incluido variables estructurales de la explotación (dimensión física, porcentaje de la explotación en régimen de propiedad y porcentaje de riego por gravedad en las explotaciones de regadío), variables personales de los titulares de explotaciones (sexo, edad y número de hijos), variables socioeconómicas de los mismos (porcentaje de renta procedente de la agricultura y pertenencia a cooperativas agrarias) y variables relacionadas con su nivel de formación (nivel de estudios en general y tipo de formación específicamente agraria).

Los resultados de las diferentes regresiones pueden observarse en las tablas 7 (sistema agrario de secano) y 8 (sistema agrario de regadío). A luz de estos resultados cabe afirmar que *la sostenibilidad de las explotaciones agrarias se incrementa a medida que:*

- > *Aumenta la superficie de la explotación* (coeficientes significativos para todos los ISSA en el secano y para los de carácter aditivo en el regadío). La mayor sostenibilidad de las explotaciones de gran tamaño cabe explicarla por: a) la existencia de economías de escala en la producción agrícola, que permiten una mayor eficiencia productiva (HELFAND y EDWARD, 2004; ÁLVAREZ y ARIAS, 2004 y KARAGIANNIS y SARRIS, 2005) y, por tanto, una mayor sostenibilidad económica, b) la generación de

rentas suficientes para permitir la continuidad en la actividad agraria de sus titulares (mayor sostenibilidad social), y c) la mayor generación de externalidades ambientales positivas (mayor sostenibilidad ambiental). En esta última línea cabe señalar como las explotaciones de mayores dimensiones presentan ventajas desde una perspectiva medioambiental en la medida que: c1) están mejor adaptadas para la implementación de técnicas ahorradoras de costes y eco-compatibles como el mínimo laboreo o la siembra directa (capacidad de rentabilizar las elevadas inversiones que requiere la adquisición de los equipos mecánicos necesarios, véase ATANCE *et al.*, 2006); c2) desarrollan una producción agraria más diversificada y extensiva, dada la mayor necesidad de distribuir la carga de trabajo a lo largo del año (MORENO-PÉREZ y ORTIZ-MIRANDA, 2008); y c3) participan en mayor medida de los programas agroambientales (bajos coste unitarios de transacción en la suscripción de estos contratos, como señalan WYNN *et al.*, 2001 y VANSLEMBROUCK *et al.*, 2002).

- > *Aumenta el porcentaje de tierra en propiedad* (coeficientes significativos para todos los ISSA de carácter aditivo, tanto en secano como en regadío). Esta circunstancia parece lógica si se tiene en cuenta que la propiedad de la tierra permite una estrategia de gestión agrícola a largo plazo, frente la perspectiva cortoplacista que normalmente se asocia a las tierras en arrendamiento. Esta justificación se ve reforzada por el derecho que tienen los titulares de legar las tierras en propiedad a sus descendientes. Ambas circunstancias hacen que la explotación de las tierras en propiedad se realice con criterios de sostenibilidad (uso racional de los recursos tierra y agua) más estrictos que cuando es arrendada (LLEWELYN y WILLIAMS, 1996).
- > *Disminuye la edad del titular* (coeficientes significativos para todos los ISAA en el secano y los de carácter aditivo en el regadío). Esta relación se explica teniendo cuenta que los titulares más jóvenes presentan una menor probabilidad de abandono de la actividad a corto plazo (mayor sostenibilidad social) y tienen una mayor sensibilización por los problemas ecológicos relacionados con la agricultura, lo que hace incorporen nuevas tecnologías eco-compatibles, como el mínimo laboreo o la siembra directa, y participen más activamente de los programas agroambientales (mayor sostenibilidad ambiental), tal y como evidencian VANSLEMBROUCK *et al.* (2002) y ATANCE *et al.* (2006).

- > *Aumenta el porcentaje de renta del titular procedente de la agricultura* (coeficientes significativos en todas las regresiones, tanto en el secano como en el regadío). Esta variable es un indicador del nivel de profesionalidad y especialización de los agricultores. Así, a medida que aumenta su dedicación a la actividad agraria cabe entender que se incrementa igualmente la sostenibilidad económica y ambiental (mejora en la eficiencia en el uso de los factores; KUMBHAKAR *et al.*, 1989), así como la social (disminuye el riesgo de abandono).
  
- > *Si los titulares son socios de cooperativas* (significación en ISSA de tipo multiplicativo, tanto en el secano como en el regadío). En este sentido cabe señalar el importante papel de las cooperativas en diferentes ámbitos de la gestión de las explotaciones como: a) proveedor de insumos, b) comercializador de las cosechas y c) asesor técnico de la producción. Así, puede considerarse que la pertenencia a estas empresas de economía social permite la contratación de servicios que mejoran tanto la sostenibilidad económica (mejora de los márgenes, véase VALENTINOV, 2007) como la ambiental (optimización del uso de recursos por los la asesoría de los servicios técnicos, véase MARÍ y JULIÁ, 2002).
  
- > *Aumenta el nivel de formación específica agraria*. Los resultados muestran que productores que han recibido cursos de extensión agraria, han cursado FP agraria o son titulados universitarios relacionados con la actividad agraria son significativamente más sostenibles que aquellos que no tienen formación específica. En este sentido, el nivel de conocimientos técnicos adquiridos debe analizarse como otro indicador de la profesionalidad y especialización de los titulares. Así, puede asumirse que mientras los conocimientos técnicos de los productores son mayores, estos pueden gestionar mejor sus explotaciones, haciéndolas más rentables y eco-compatibles (JAMISON y LAU, 1982; PHILLIPS, 1994 y ATANCE *et al.*, 2006).

Tabla 7. Resultados de las regresiones tobit doblemente censuradas para explotaciones de secano (variables estructurales)

| Variables  | L_AHPa        | L_AHPm        | L_MC_000      | L_MC_025      | L_MC_050      | L_MC_075      | L_MC_100      | L_AcPa        | L_AcPm        |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Constante  | 0.5290(****)  | -1,0279(**)   | -0,0174(**)   | 0,1340(****)  | 0,2657(****)  | 0,3974(****)  | 0,5290(****)  | 0,5478(****)  | -1,0634(**)   |
| <b>Variables estructurales de la explotación</b> |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Superficie secano (ha)                           | 0,0009(**)    | 0,0020(****)  | 0,0001(****)  | 0,0001(**)    | 0,0001(****)  | 0,0001(**)    | 0,0009(****)  | 0,0001(**)    | 0,0021(****)  |
| % superficie secano en propiedad                 | 0,0525(****)  | 0,0766        | 0,0010        | 0,0134(****)  | 0,0265(****)  | 0,0395(****)  | 0,0525(****)  | 0,0319(****)  | 0,0702        |
| <b>Variables personales de los titulares</b>     |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Sexo (hombre=1)                                  | 0,0358        | 3,557         | 0,0680        | 0,0105        | 0,0189        | 0,0273        | 0,0358        | 0,0322        | 3,6610        |
| Edad (años)                                      | -0,0020(****) | -0,0219(****) | -0,0004(****) | -0,0006(****) | -0,0010(****) | -0,0015(****) | -0,0020(****) | -0,0018(****) | -0,0224(****) |
| Nº hijos   | 0,0018        | 0,0367        | 0,0008        | 0,0006        | 0,0010        | 0,0014        | 0,0018        | 0,0024        | 0,0382        |
| <b>Variables socioeconómicas</b>                 |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| % renta procedente de la agricultura             | 0,1518(****)  | 0,6429(****)  | 0,0121(**)    | 0,0398(****)  | 0,0771(****)  | 0,1145(****)  | 0,1518(****)  | 0,1349(****)  | 0,6618(****)  |
| Miembro cooperativa, SAT o similar               | 0,0007        | 0,2292(**)    | 0,0042(**)    | 0,0009        | 0,0009        | 0,0008        | 0,0007        | 0,0149(**)    | 0,2377(**)    |
| <b>Formación</b>                                 |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Nivel de estudios1: Primaria                     | -0,0079       | 0,1100        | 0,0015        | -0,0019       | -0,0039       | -0,0059       | -0,0079       | -0,0080       | 0,1139        |
| Nivel de estudios2: Secundaria                   | -0,0162       | -0,0970       | -0,0021       | -0,0048       | -0,0086       | -0,0124       | -0,0162       | -0,0169       | -0,0998       |
| Nivel de estudios3: Universitario                | -0,0437       | -0,2659       | -0,0041       | -0,0119(****) | -0,0225(*)    | -0,0331       | -0,0437       | -0,0493(**)   | -0,2703       |
| Form. agraria1: Cursos extensión agraria         | 0,0069        | 0,5880(**)    | 0,0101(**)    | 0,0025        | 0,0040        | 0,0055        | 0,0069        | 0,0052        | 0,6056(**)    |
| Form. agraria2: FP agraria                       | 0,0199        | 0,9644(****)  | 0,0181(****)  | 0,0081        | 0,0120        | 0,0160        | 0,0199        | 0,0284        | 1,000(****)   |
| Form. agraria3: Estudios universitarios          | 0,0782(**)    | 1,3277(****)  | 0,0226(****)  | 0,0238(**)    | 0,0419(**)    | 0,0600(**)    | 0,0782(**)    | 0,0744(**)    | 1,352(****)   |
| Formación continua agraria (horas/año)           | 0,0002        | -0,0009       | -0,0000       | 0,0001        | 0,0001        | 0,0002        | 0,0002        | 0,0001        | -0,0009       |
| N  | 336           | 336           | 336           | 336           | 336           | 336           | 336           | 336           | 336           |
| Log likelihood                                   | 391,01        | 168,24        | 160,90        | 831,92        | 616,26        | 485,21        | 391,01        | 441,85        | 170,64        |
| LR X <sup>2</sup>                                | 120,77(****)  | 91,30(****)   | 87,87(****)   | 124,53(****)  | 122,41(****)  | 121,36(****)  | 120,77(****)  | 128,96(****)  | 90,97(****)   |
| Pseudo-R <sup>2</sup>                            | 0,1826        | 0,2134        | 0,3756        | 0,0809        | 0,1103        | 0,1429        | 0,1826        | 0,1709        | 0,2105        |

Fuente: Elaboración propia.  
 (\*) Coeficiente con  $p < 0,1$ .  
 (\*\*) Coeficiente con  $p < 0,05$ .  
 (\*\*\*) Coeficiente con  $p < 0,01$ .  
 Categorias omitidas: Nivel de estudios (certificado escolaridad) y Form. agraria (sin formación agraria específica).

Tabla 8.  
Resultados de las regresiones tobit doblemente censuradas para explotaciones de regadío (variables estructurales)

| Variables  | L_AHPa       | L_AHPm       | L_MC_000    | L_MC_025     | L_MC_050     | L_MC_075     | L_MC_100     | L_ACPa       | L_ACPm       |
|--|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Constante  | 0,5156(***)  | -1,1992(***) | -0,0196(**) | 0,1295(***)  | 0,2562(***)  | 0,3869(***)  | 0,5156(***)  | 0,5485(***)  | -1,2146(***) |
| <b>Variables estructurales de la explotación</b> |              |              |             |              |              |              |              |              |              |
| Superficie regadío (ha)                          | 0,0001       | 0,0047(***)  | 0,0001(***) | 0,0001       | 0,0001       | 0,0001       | 0,0001       | 0,0005(***)  | 0,0050(***)  |
| % superficie regadío en propiedad                | 0,0273(**)   | 0,1301       | 0,0017      | 0,0073(**)   | 0,0140(***)  | 0,0206(**)   | 0,0273(**)   | 0,0134       | 0,1240       |
| % superficie regada por gravedad                 | 0,0367(***)  | -0,0564      | -0,0016     | 0,0088(***)  | 0,0181(***)  | 0,0274(***)  | 0,0367(***)  | 0,0191(**)   | -0,0740      |
| <b>Variables personales de los titulares</b>     |              |              |             |              |              |              |              |              |              |
| Sexo (hombre=1)                                  | 0,0259       | 3,6941       | 0,0707      | 0,0078       | 0,0139       | 0,0199       | 0,0259       | 0,0478(**)   | 3,8250       |
| Edad (años)                                      | -0,0022(***) | -0,0060      | -0,0001     | -0,0006(***) | -0,0011(***) | -0,0017(***) | -0,0022(***) | -0,0015(***) | -0,0061      |
| Nº hijos   | 0,0091(*)    | 0,0076       | -0,0001     | 0,0023(*)    | 0,0046(*)    | 0,0068(*)    | 0,0091(*)    | 0,0053       | 0,0060       |
| <b>Variables socioeconómicas</b>                 |              |              |             |              |              |              |              |              |              |
| % renta procedente de la agricultura             | 0,1617(***)  | 0,5879(***)  | 0,0100(**)  | 0,0418(***)  | 0,0817(***)  | 0,1217(***)  | 0,1617(***)  | 0,1073(***)  | 0,5907(***)  |
| Miembro cooperativa, SAT o similar               | 0,0127       | 0,3996(***)  | 0,0076(***) | 0,0046(*)    | 0,0073       | 0,0100       | 0,0127       | 0,0164(**)   | 0,4165(***)  |
| <b>Formación</b>                                 |              |              |             |              |              |              |              |              |              |
| Nivel de estudios1: Primaria                     | 0,0067       | 0,0318       | -0,0009     | 0,0013       | 0,0031       | 0,0049       | 0,0067       | -0,0063      | 0,0206       |
| Nivel de estudios2: Secundaria                   | -0,0103      | -0,0502      | -0,0020     | -0,0031      | -0,0055      | -0,0079      | -0,0103      | -0,0176      | -0,0673      |
| Nivel de estudios3: Universitario                | -0,0528(*)   | -0,1361      | -0,0046     | -0,0144(*)   | -0,0272(*)   | -0,0400(*)   | -0,0528(*)   | -0,0526(**)  | -0,1501      |
| Form. agraria1: Cursos extensión agraria         | 0,0252(*)    | 0,2691       | 0,0040      | 0,0068(*)    | 0,0129(*)    | 0,0191(*)    | 0,0252(*)    | 0,0329(***)  | 0,2817       |
| Form. agraria2: FP agraria                       | 0,0229       | 0,3055       | 0,0053      | 0,0067       | 0,0121       | 0,0175       | 0,0229       | 0,0372(**)   | 0,3305       |
| Form. agraria3: Estudios universitarios          | 0,0148       | -3,4094      | -0,0680     | 0,0041       | 0,0077       | 0,0112       | 0,0148       | 0,0081       | -3,5441      |
| Formación continua agraria (horas/año)           | -0,0000      | 0,0007       | 0,0000      | -0,0000      | -0,0000      | -0,0000      | -0,0000      | -0,0001      | 0,0007       |
| N  | 243          | 243          | 243         | 243          | 243          | 243          | 243          | 243          | 243          |
| Log likelihood                                   | 302,13       | 148,19       | 149,64      | 626,59       | 467,51       | 371,14       | 302,13       | 360,80       | 151,05       |
| LR $\chi^2$                                      | 114,01(***)  | 43,82(***)   | 42,27(***)  | 115,01(***)  | 115,07(***)  | 114,45(***)  | 114,01(***)  | 121,32(***)  | 44,13(***)   |
| Pseudo-R <sup>2</sup>                            | 0,2325       | 0,1288       | 0,1645      | 0,1011       | 0,1403       | 0,1823       | 0,2325       | 0,2021       | 0,1275       |

Fuente: Elaboración propia.  
 (\*) Coeficiente con  $p < 0,1$ .  
 (\*\*) Coeficiente con  $p < 0,05$ .  
 (\*\*\*) Coeficiente con  $p < 0,01$ .  
 Categorías omitidas: Nivel de estudios (certificado escolaridad) y Form. agraria (sin formación agraria específica).

- > *Si no tienen estudios universitarios no relacionados con la agricultura* (significación para los índices aditivos, tanto en el secano como en el regadío). Aunque pueda parecer contraintuitivo, esta circunstancia se explica teniendo en cuenta que los titulados universitarios no agrarios (p. ej., médicos, abogados, etc.) normalmente no realizan una gestión adecuada de las explotaciones de las que son titulares. Los motivos para ello pueden ser muy variados, entre los cuales destacan la falta de vocación, el ausentismo (residen en núcleos de población alejados de las explotaciones para el ejercicio de su actividad económica principal) o el simple desinterés por la actividad agraria.

En esta misma línea, resulta igualmente de interés analizar la incidencia de otras variables sobre el desempeño sostenible de las explotaciones agrarias. Nos referimos en concreto a las variables de carácter coyuntural, sobre las cuales los productores tienen control directo. Con este propósito se ha empleado nuevamente la regresión tobit doblemente censurada, considerando como variables dependientes los correspondiente ISSA y como variables independientes las siguientes variables decisionales:

- > *Variables relativas a la estructura de ingresos y gastos*: ventas de productos agrícolas (€/ha), subvenciones acopladas a la producción (€/ha), ayudas de programas agroambientales (€/ha), cantidad de nitrógeno aportado (kg/ha), cantidad de fósforo aportado (kg/ha), gasto en pesticidas (€/ha), gasto en semillas (€/ha), mano de obra propia empleada (UTA/ha), mano de obra contratada (UTA/ha) y maquinaria empleada (horas/ha).
- > *Variables relativas al plan de cultivo*. Se han considerado igualmente como variables independientes el porcentaje de la explotación dedicada a cada uno de los cultivos más relevantes. En el secano estos han sido el trigo, la cebada, la avena, el girasol, la alfalfa y el barbecho. Para el regadío los cultivos tenidos en cuenta han sido el trigo, la cebada, el maíz, el girasol, la alfalfa, la remolacha y el barbecho.

En las Tablas 9 y 10 pueden observarse los resultados de las regresiones realizadas, correspondientes a las muestras de explotaciones de secano y de regadío, respectivamente. De los resultados de estas tablas cabe concluir que *la sostenibilidad de las explotaciones se incrementa cuando...*

- > *Aumentan los ingresos por ventas de productos* (coeficientes significativos para todos los ISSA en el secano y los de carácter aditivo en el regadío). Lógicamente, a medida que se incrementan las ventas, las explotaciones son más rentables (sostenibilidad económica) y contribuyen de forma más eficaz a fijar población (sostenibilidad social).
- > *Aumentan las subvenciones agroambientales* (variable significativa para todos los ISSA de secano). Todas las subvenciones agrarias tienden a mejorar la sostenibilidad económica y social de las explotaciones. Sin embargo, las asociadas a programas agroambientales son las únicas que resultan realmente útiles para mejorar el conjunto de sostenibilidad agraria, en la medida que además de sus efectos sobre la rentabilidad privada, producen igualmente un claro beneficio ambiental, dada las exigencias de este tipo que estos programas llevan aparejados (ATANCE, 2003). En este mismo sentido, cabe destacar como las subvenciones acopladas no resultan ser significativas.
- > *Disminuye el uso de abonos químicos* (coeficientes significativos para los ISSA de carácter aditivo). El signo negativo resultante en las regresiones refleja que el aumento en el uso de estos insumos se traduce en externalidades ambientales negativas que, en términos de valoración de la sostenibilidad, son mayores que los incrementos de rentabilidad derivada de su empleo.
- > *Disminuye la mano de obra, tanto propia como contratada* (variables significativas para todos los ISSA, tanto de secano como de regadío). En este caso, el signo negativo de los correspondientes coeficientes indica que el empleo de mano de obra, a pesar de su contribución a la sostenibilidad social, resulta globalmente negativa en términos de sostenibilidad. Tal circunstancia puede explicarse por la escasa productividad del factor trabajo en los sistemas analizados (subempleo de los titulares de explotación), que provoca que, tanto en regadío como en secano, exista una correlación negativa entre mano de obra empleada y rentabilidad.
- > *Aumenta el empleo de maquinaria* (coeficientes significativos para todos los ISSA de regadío y la mayoría de secano). En este sentido, cabe apuntar que el incremento de la mecanización permite mejorar básicamente la sostenibilidad económica, incrementando igualmente con ello la productividad del trabajo.

Tabla 9. Resultados de las regresiones tobit doblemente censuradas para explotaciones de secano (variables decimales)

| Variables                               | L_AHPa      | L_AHPm       | L_MC_000     | L_MC_025    | L_MC_050    | L_MC_075    | L_MC_100    | L_AcPa       | L_AcPm       |
|---|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Constante                               | 0,4068(***) | 0,3255       | 0,0143       | 0,1037(***) | 0,2047(***) | 0,3058(***) | 0,4068(***) | 0,5017(***)  | 0,4317       |
| <b>Estructuras de ingresos y gastos</b> |             |              |              |             |             |             |             |              |              |
| Ventas de productos (€/ha)              | 0,0004(***) | 0,0011(**)   | 0,0001(**)   | 0,0001(***) | 0,0002(***) | 0,0003(***) | 0,0004(***) | 0,0004(***)  | 0,0012(**)   |
| Subvenciones acopladas (€/ha)           | -0,0003     | 0,0044       | 0,0001       | -0,0001     | -0,0002     | -0,0003     | -0,0003     | 0,0013       | 0,0042       |
| Subvenciones agroambientales (€/ha)     | 0,0013(***) | 0,0137(***)  | 0,0003(***)  | 0,0004(***) | 0,0007(***) | 0,0010(***) | 0,0013(***) | 0,0012(***)  | 0,0141(***)  |
| N aportado (kg/ha)                      | -0,0002(**) | 0,0001       | 0,0000       | -0,0001(*)  | -0,0001(**) | -0,0002(**) | -0,0001     | -0,0001      | 0,0003       |
| P aportado (kg/ha)                      | -0,0001     | 0,0022       | 0,0001(*)    | -0,0000     | -0,0001     | -0,0001     | -0,0001     | -0,0003(***) | 0,0022       |
| Gasto en pesticidas (€/ha)              | -0,0002     | 0,0010       | 0,0000       | -0,0000     | -0,0001     | -0,0001     | -0,0002     | -0,0001      | 0,0010       |
| Gasto en semillas (€/ha)                | -0,0002(*)  | -0,0123(***) | -0,0003(***) | -0,0001     | -0,0001     | -0,0002     | -0,0002(*)  | -0,0003      | -0,0131(***) |
| Mano de obra propia (UTA/ha)            | -0,1015(*)  | -45,896(***) | -0,8416(***) | -0,0261(*)  | -0,0512(*)  | -0,0764(*)  | -0,1015(*)  | -0,1295(***) | -46,654(***) |
| Mano de obra contratada (UTA/ha)        | -6,794(***) | -26,196(**)  | -0,5443(**)  | -1,738(***) | -3,423(***) | -5,109(***) | -6,794(***) | -4,697(***)  | -26,491(**)  |
| Maquinaria empleada (horas/ha)          | 0,0135(***) | 0,0750(**)   | 0,0008       | 0,0034(***) | 0,0068(***) | 0,0101(***) | 0,0135(***) | 0,0009       | 0,0663(***)  |
| <b>Plan de cultivo</b>                  |             |              |              |             |             |             |             |              |              |
| Superficie trigo (%)                    | -0,0443     | -1,1059      | -0,0241(**)  | -0,0144     | -0,0244     | -0,0344     | -0,0443     | -0,0754      | -1,134(**)   |
| Superficie cebada (%)                   | -0,0658     | -1,3878(**)  | -0,0343(***) | -0,0212     | -0,0361     | -0,0509     | -0,0658     | -0,1021(*)   | -1,4360(***) |
| Superficie avena (%)                    | -0,0066     | -2,404(***)  | -0,0492(***) | -0,0060     | -0,0062     | -0,0064     | -0,0066     | -0,0306      | -2,4834(***) |
| Superficie girasol (%)                  | -0,0238     | -0,1860      | 0,0005       | -0,0047     | -0,0111     | -0,0174     | -0,0238     | -0,0245      | -0,1404      |
| Superficie alfalfa (%)                  | -0,0710     | -1,180(*)    | -0,0143      | -0,0190     | -0,0363     | -0,0536     | -0,0710     | 0,0496       | -1,1451      |
| Superficie barbecho (%)                 | -0,0478     | -1,340(*)    | -0,0311(**)  | -0,0146     | -0,0257     | -0,0368     | -0,0478     | -0,0623      | -1,4141(*)   |
| N                                       | 336         | 336          | 336          | 336         | 336         | 336         | 336         | 336          | 336          |
| Log likelihood                          | 456,93      | 94,33        | 233,83       | 906,57      | 685,35      | 552,21      | 456,93      | 509,70       | 96,83        |
| LR $\chi^2$                             | 252,61(***) | 239,11(***)  | 233,74(***)  | 273,83(***) | 260,59(***) | 255,37(***) | 252,61(***) | 264,67(***)  | 238,57(***)  |
| Pseudo-R <sup>2</sup>                   | 0,3820      | 0,5589       | 0,9992       | 0,1779      | 0,2347      | 0,3008      | 0,3820      | 0,3507       | 0,5519       |

Fuente: Elaboración propia.  
 (\*) Coeficiente con  $p < 0,1$ .  
 (\*\*) Coeficiente con  $p < 0,05$ .  
 (\*\*\*) Coeficiente con  $p < 0,01$ .

Tabla 10.  
Resultados de las regresiones tobit doblemente censuradas para explotaciones de regadío (variables decisionales)

| Variables                               | L_AHPa       | L_AHPm      | L_MC_000     | L_MC_025     | L_MC_050     | L_MC_075     | L_MC_100     | L_ACPa       | L_ACPm       |
|---|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Constante                               | 0,5021(***)  | 0,0597      | 0,0005       | 0,1279(***)  | 0,2527(***)  | 0,3774(***)  | 0,5021(***)  | 0,5659(***)  | 0,0967       |
| <b>Estructuras de ingresos y gastos</b> |              |             |              |              |              |              |              |              |              |
| Ventas de productos (€/ha)              | 0,0001(***)  | 0,0003      | 0,0000       | 0,0001(***)  | 0,0001(***)  | 0,0001(***)  | 0,0001(***)  | 0,0001(***)  | 0,0002       |
| Subvenciones acopladas (€/ha)           | -0,0001      | -0,0012     | -0,0000      | 0,0000       | 0,0000       | 0,0000       | 0,0000       | -0,0001      | -0,0011      |
| N aportado (kg/ha)                      | -0,0004(***) | -0,0005     | -0,0000      | -0,0001(***) | -0,0002(***) | -0,0003(***) | -0,0004(***) | -0,0003(***) | -0,0005      |
| P aportado (kg/ha)                      | -0,0001(*)   | -0,0003     | -0,0000      | -0,0000      | -0,0001(*)   | -0,0001(*)   | -0,0001(*)   | -0,0002(*)   | -0,0004      |
| Gasto en pesticidas (€/ha)              | -0,0002      | -0,0029     | -0,0000      | -0,0001      | -0,0001      | -0,0002      | -0,0002      | -0,0002      | -0,0030      |
| Gasto en semillas (€/ha)                | -0,0002(**)  | -0,0005     | -0,0000      | -0,0001(**)  | -0,0001(**)  | -0,0002(**)  | -0,0002(**)  | -0,0001      | -0,0004      |
| Mano de obra propia (UTA/ha)            | -0,0763(*)   | -4,147(***) | -0,0802(***) | -0,0284(**)  | -0,0443(**)  | -0,0603(*)   | -0,0763(*)   | -0,1568(***) | -4,3188(***) |
| Mano de obra contratada (UTA/ha)        | -3,476(***)  | 10,697      | 0,1205       | -0,8270(**)  | -1,710(***)  | -2,593(***)  | -3,476(***)  | -2,044(***)  | 20,559       |
| Maquinaria empleada (horas/ha)          | 0,0055(***)  | -0,0372(*)  | -0,0008(**)  | 0,0012(***)  | 0,0026(***)  | 0,0041(***)  | 0,0055(***)  | 0,0025(*)    | -0,0418(**)  |
| <b>Plan de cultivo</b>                  |              |             |              |              |              |              |              |              |              |
| Superficie trigo (%)                    | -0,0086      | 0,4071      | 0,0088       | 0,0001       | -0,0028      | -0,0057      | -0,0086      | 0,0236       | 0,4307       |
| Superficie cebada (%)                   | -0,0272      | 0,1034      | 0,0026       | -0,0060      | -0,0131      | -0,0201      | -0,0272      | -0,0032      | 0,1204       |
| Superficie maíz (%)                     | (a)          | (a)         | (a)          | (a)          | (a)          | (a)          | (a)          | (a)          | (a)          |
| Superficie alfalfa (%)                  | -0,0603(**)  | 0,4749      | 0,0118       | -0,0123      | -0,0283(*)   | -0,0443(**)  | -0,0603(**)  | -0,0094      | 0,5440       |
| Superficie girasol (%)                  | -0,0589(**)  | 0,2039      | 0,0042       | -0,0140(*)   | -0,0289(**)  | -0,0439(**)  | -0,0589(**)  | -0,0111      | 0,2296       |
| Superficie remolacha (%)                | -0,0455      | 0,9196      | 0,0208       | -0,0075      | -0,0202      | -0,0328      | -0,0455      | -0,0075      | 0,9835       |
| Superficie barbecho (%)                 | -0,0923(**)  | -0,4925     | -0,0039      | -0,0225(*)   | -0,0457(**)  | -0,0690(**)  | -0,0923(**)  | -0,0798(**)  | -0,5222      |
| N                                       | 243          | 243         | 243          | 243          | 243          | 243          | 243          | 243          | 243          |
| Log likelihood                          | 379,17       | 155,11      | 144,64       | 685,45       | 538,80       | 446,34       | 379,17       | 389,73       | 157,95       |
| LR X <sup>2</sup>                       | 268,09(***)  | 29,96(**)   | 32,28(***)   | 232,73(***)  | 257,66(***)  | 264,83(***)  | 268,09(***)  | 179,20(***)  | 30,32(**)    |
| Pseudo-R <sup>2</sup>                   | 0,5469       | 0,0881      | 0,1256       | 0,2045       | 0,3142       | 0,4218       | 0,5469       | 0,2985       | 0,0876       |

Fuente: Elaboración propia.

(a) Superficie de maíz eliminada de la regresión por problemas de colinealidad.

(\*) Coeficiente con  $p < 0,1$ .

(\*\*) Coeficiente con  $p < 0,05$ .

(\*\*\*) Coeficiente con  $p < 0,01$ .

Finalmente cabe comentar que los resultados en relación al plan de cultivo apenas son concluyentes, por lo que difícilmente puede analizarse la sostenibilidad en base a la superficie asignada a las diferentes alternativas de cultivo.

## 5. Conclusiones

Las conclusiones que se derivan del trabajo realizado pueden dividirse en metodológicas y empíricas. Dentro de las *conclusiones de carácter metodológico*, conviene destacar en primer lugar la utilidad práctica de la metodología propuesta, en la medida que se basa en las siguientes características deseables:

1. Una visión integral de la sostenibilidad agraria, que contempla adecuadamente su triple dimensionalidad (económica, social y ambiental).
2. Un enfoque local, en la medida que la metodología se adapta de forma específica a cada sistema agrario, y considera como unidad de análisis la explotación agraria, como unidad básica de gestión sobre la cual inciden las diferentes políticas públicas.
3. Una cuidada selección de indicadores de sostenibilidad, realizada sobre la base de criterios de fiabilidad (directamente relacionados con las presiones e impactos más relevantes de la agricultura en cada caso de estudio) y aplicabilidad (permite su cálculo operativo a partir de información primaria directamente obtenida de los productores agrarios).
4. La agregación de los múltiples indicadores de sostenibilidad en índices o indicadores sintéticos, a través de los cuales se facilita la comprensión de un concepto complejo como es el de la sostenibilidad agraria, permitiendo a la vez que dicho concepto sea operativo.
5. Un análisis conjunto de diferentes índices de sostenibilidad obtenidos mediante distintas técnicas (combinaciones de diferentes métodos de agregación y de ponderación de los indicadores de base), lo cual permite alcanzar resultados más robustos en relación al desempeño sostenible de las explotaciones agrarias.

Teniendo en cuenta todas estas características, cabe comentar que la evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones agrarias a través de la metodología propuesta puede considerarse una herramienta potencialmente útil para los decisores públicos encargados de diseñar y aplicar la política agraria. Efectivamente, los resultados de los indicadores sintéticos así obtenidos podrían utilizarse como elementos de información clave al objeto de apoyar la toma de decisiones pública encaminadas a la mejora de la «gobernanza» del sector. Los resultados obtenidos a partir de la aplicación de esta metodología a los casos de estudios analizados en este trabajo dan buena prueba de ello.

En el sentido antes apuntado, las *conclusiones de carácter empírico* que pueden alcanzarse de la investigación realizada están relacionadas con las políticas que cabría aplicar para mejorar la sostenibilidad de los dos sistemas agrarios analizados:

1. *Política de rentas agrarias.* Esta investigación ha evidenciado que las subvenciones del primer pilar de la PAC (ayudas acopladas y pago único de explotación) no están correlacionadas en la zona de estudio con el desempeño sostenible de sus beneficiarios. Este hecho debería llevar a reflexionar sobre los criterios de reparto actuales de tales subvenciones y la conveniencia de reformar este sistema. En este sentido, dentro del marco actual, cabría evaluar la posibilidad de aplicar la condicionalidad y la modulación en función de la valoración de un indicador sintético de sostenibilidad. Así, la aplicación de una condicionalidad reformada podría exigir un valor mínimo del mismo a nivel de explotación para que sus titulares pudiesen recibir estas ayudas públicas. Igualmente, dicho valor del índice de sostenibilidad podría servir como criterio modulador del nivel de apoyo a los productores. Así, la cuantía de las subvenciones finalmente a percibir por estos se establecería como un porcentaje variable del nivel máximo establecido, porcentaje que se determinaría en función del valor del ISSA de la explotación.
2. *Política de estructuras agrarias.* Los resultados han evidenciado cómo las explotaciones más sostenibles son aquéllas que tienen una dimensión mediana-grande y están gestionadas por agricultores profesionales, jóvenes, socios de cooperativas y con formación agraria. Teniendo en cuenta estas características, cabe afirmar la necesidad de reforzar las políticas ya existentes de incorporación de jóvenes agricultores, de formación continua agraria y de fomento del cooperativismo al objeto de

mejorar la sostenibilidad de los dos sistemas agrarios analizados. Además, dentro del mismo Eje 1 de la política de desarrollo rural, deberían instrumentarse nuevos programas orientados a incrementar el tamaño de las explotaciones, fomentando que los agricultores objetivo (jóvenes, profesionales y formados) puedan aumentar la dimensión de sus explotaciones, al menos hasta un límite compatible con el modelo de agricultura familiar (p. ej., hasta un tamaño que requiera 2 UTA para su aprovechamiento). En este sentido debería estudiarse la conveniencia de implementar medidas que favorezcan una mayor la movilidad de la tierra, tanto a través de la compra-venta (p. ej., mayores bonificaciones en el impuesto de transmisiones patrimoniales, préstamos subvencionados para adquisición de nuevas tierras, bancos públicos de tierras, etc.) como por arrendamiento (p. ej., incentivos fiscales como las bonificación del IBI para los titulares que arrienden sus tierras o una disminución de la presión fiscal para las actividades agrarias desarrolladas en tierras arrendadas). Finalmente, dentro de la política de estructuras, cabría igualmente comentar la posibilidad de favorecer los modelos de explotación más sostenibles a través de los planes de mejora de explotaciones agrarias. En esta línea deberían reforzarse los criterios de selección de dichos planes en la zona de estudio, de manera que se priorizase la aprobación de aquellos presentados por explotaciones agrarias que demuestren que con la ejecución de tales planes incrementan su sostenibilidad (mejora de las características estructurales relacionadas con ésta).

3. *Política de desarrollo rural y contratos territoriales.* La nueva Ley de Desarrollo Rural Sostenible ha creado los 'contratos territoriales' como un nuevo instrumento político. Este instrumento permite la formalización de contratos entre los agricultores y las administraciones públicas, por los cuales los productores se comprometen a proporcionar una serie de bienes públicos (ambientales y sociales) a cambio de una contraprestación económica. En este sentido, en la concreción del articulado de estos contratos podría considerarse igualmente como exigencia a los productores unos niveles mínimos de un indicador sintético de sostenibilidad socio-ambiental, como elemento cuantificador de la provisión de bienes públicos. Asimismo cabría la posibilidad de favorecer la suscripción de estos contratos por parte de las explotaciones con estructuras (dimensión y características de los titulares) más sostenibles, a través de la aplicación de unos criterios priorizadores adecuados a la hora de asignar estos contratos.

La aplicación de un ISSA en todos los instrumentos anteriores tendría como mayor inconveniente práctico la documentación oficial de su cálculo para cada explotación individual. En este sentido podría valorarse que estos cálculos fuesen parte integrante de los informes de asesoramiento, establecidos por la normativa europea tras la reforma de la PAC de 2003. Estos informes hasta la fecha son voluntarios para los agricultores, pero en el futuro podrían exigirse a cualquier productor que solicitase ayudas públicas. En este caso, el valor de estos índices calculado por las empresas auditoras externas durante la elaboración de dichos informes podría tener valor documental frente a la administración al objeto de poder certificar la valoración individualizada de dicho ISSA.

Para terminar cabría hacer un comentario sobre la posibilidad de transferencia de beneficios que se puede realizar a partir de los resultados obtenidos de esta investigación. En este sentido cabe afirmar que los resultados obtenidos para los dos sistemas agrarios analizados presentan un elevado grado de similitud. Además, es importante destacar que estas coincidencias están plenamente justificadas en el plano teórico y empírico por la literatura existente, con trabajos que soportan, desde otros enfoques metodológicos, estos mismos resultados. Ambas circunstancias dan pie a pensar que los elementos estructurales que determinan la sostenibilidad de las explotaciones son, en buena medida, horizontales para cualquier sistema agrario. En cualquier caso, la extrapolación de resultados a otros tipos de agricultura debe realizarse con prudencia. Efectivamente, como se señalaba en la introducción, la sostenibilidad debe entenderse como una construcción social, que requiere una cuantificación específica para cada lugar y para cada momento. En este sentido sería recomendable obtener nuevas evidencias empíricas en otros sistemas agrarios diferenciados, al objeto de poder analizar estas particularidades espacio-temporales.

## Referencias bibliográficas

- > ALVAREZ, A. y ARIAS, C. (2004), «Technical efficiency and farm size: a conditional analysis», *Agricultural Economics*, 30(3), pp. 241-250.
- > ANDERSEN, E.; ELBERSEN, B.; GODESCHALK, F. y VERHOOG, D. (2007), «Farm management indicators and farm typologies as a basis for assessments in a changing policy environment». *Journal of Environmental Management*, 82(3), pp. 353-362.

- > ANDREOLI, M. y TELLARINI, V. (2000), «Farm sustainability evaluation: methodology and practice», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 77(1), pp. 43-52.
- > ATANCE, I. (2003), «Las ayudas agroambientales como instrumento único de intervención en sistemas productivos de alto valor medioambiental», *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 198, pp. 75-98.
- > ATANCE, I.; GÓMEZ-LIMÓN, J. A. y BARREIRO, J. (2006), «El reto de la multifuncionalidad agraria: Oferta de bienes privados y públicos en el Sur de Palencia», *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 210, pp. 155-200.
- > BELL, S. y MORSE, S. (2008), *Sustainability indicators. Measuring the incommensurable?* Earthscan, London.
- > BOCKSTALLER, C.; GIRARDIN, P. y VAN DER VERF, H.M. (1997), «Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems». *European Journal of Agronomy*, 7(2), pp. 261-270.
- > BÖHRINGER, C. y JOCHEM, P. (2007), «Measuring the immeasurable. A survey of sustainability indices», *Ecological Economics*, 63(1), pp. 1-8.
- > BOSSEL, H. (2001), «Assessing viability and sustainability: a systems-based approach for deriving comprehensive indicator sets», *Conservation Ecology*, 5(2), pp. 1-12.
- > DÍAZ-BALTEIRO, L. y ROMERO, C. (2004), «In search of natural systems sustainability index», *Ecological Economics*, 49(3), pp. 401-405.
- > EBERT, U. y WELSCH, H. (2004), «Meaningful environmental indices: a social choice approach», *Journal of Environmental Economics and Management*, 47(2), pp. 270-283.
- > EEA, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2005), *Agriculture and environment in EU-15 – the IRENA indicator report*, Report No. 6/2005. EEA, Copenhagen.
- > EEA, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2006), *Integration of environment into EU agriculture policy – the IRENA indicator-based assessment report*. Report No. 2/2006. EEA, Copenhagen.
- > FREUDENBERG, M. (2003), *Composite indicators of country performance: a critical assessment*, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2003/16. OECD, Paris.

- > GALLOPÍN, G. C. (1997), «Indicators and their use: information for decision making», en MOLDAN, B. y BILLHARTZ, S. (eds.) *Sustainability indicators: report of the project on indicators of sustainable development*. Scope y Wiley and Sons, Chichester (UK), pp. 13-27.
- > GIRARDIN P.; BOCKSTALLER, C. y VAN DER WERF, H. (2000), «Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment: the AGRO\*ECO method», *Environmental Impact Assessment Review*, 20(2), pp. 227-239.
- > GÓMEZ-LIMÓN, J.A. y ATANCE, I. (2004), «Identification of public objectives related to agricultural sector support», *Journal of Policy Modeling*, 26(8-9), pp. 1045-1071.
- > GÓMEZ-LIMÓN, J.A. y RIESGO, L. (2008), «Diseños alternativos para un índice de sostenibilidad agrícola: El caso de la agricultura de regadío del Duero», *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 219, pp. 135-180.
- > HAJKOWICZ, S. (2006), «Multi-attributed environmental index construction». *Ecological Economics*, 57(1), pp. 122-139.
- > HANSEN, J.W. (1996), «Is agricultural sustainability a useful concept?», *Agricultural Systems*, 50(1), pp. 117-143.
- > HELFAND, S.M. y EDWARD, S.L. (2004), «Farm Size and the Determinants of Productive Efficiency in the Brazilian Center-West», *Agricultural Economics*, 31(2-3), pp. 241-249.
- > HUETING, R. y REIJNDERS, L. (2004), «Broad sustainability contra sustainability: the proper construction of sustainability indicators», *Ecological Economics*, 50(3-4), pp. 249-260.
- > JACOBS, R.; SMITH, P. y GODDARD, M. (2004), *Measuring performance: an examination of composite performance indicators*. CHE Technical Paper Series, No. 29. Centre for Health Economics – University of York, York (UK).
- > JAMISON, D.T. y LAU, L.J. (1982), *Farmer education and farm efficiency*. World Bank-Johns Hopkins University Press, Baltimore (USA).
- > KALLAS, Z.; GÓMEZ-LIMÓN, J.A. y ARRIAZA, M. (2007a), «Are citizens willing to pay for agricultural multifunctionality?», *Agricultural Economics*, 36(3), pp. 405-419.
- > KALLAS, Z.; GÓMEZ-LIMÓN, J.A. y BARREIRO, J. (2007b), «Decomposing the value of agricultural multifunctionality: Combining contingent valuation and the analytical hierarchy process», *Journal of Agricultural Economics*, 58(2), pp. 218-241.

- > KARAGIANNIS, G. y SARRIS, A. (2005), «Measuring and explaining scale efficiency with the parametric approach: the case of Greek tobacco growers», *Agricultural Economics*, 33(3), pp. 441-451.
- > KUMBHAKAR, S.C.; BISWAS, B. y BAILEY, D.V. (1989), «A study of economic efficiency of Utah dairy farmers: a system approach», *The review of Economics and Statistics*, 71, pp. 595-604.
- > LEFROY, R.D.B.; BECHSTEDT, H.D. y RAIS, M. (2000), «Indicators for sustainable land management based on farmer survey in Vietnam, Indonesia, and Thailand», *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 81(1), pp. 137-146.
- > LEWIS, K.A. y BARDON, K.S. (1998), «EMA: A computer-based informal environmental management system for agriculture», *Environmental Modelling and Software*, 13(2), pp. 123-137.
- > LLEWELYN, R.V. y WILLIAMS, J.R. (1996), «Nonparametric Analysis of Technical, Pure Technical and Scale Efficiencies for Food Crop Production in East Java, Indonesia», *Agricultural Economics*, 15(1), pp. 113-126.
- > LÓPEZ-RIDAURA, S.; VAN KEULEN, H.; VAN ITTERSUM, M.K. y LEFFELAAR, P.A. (2005), «Multiscale methodological framework to derive criteria and indicators for sustainability evaluation of peasant natural resource management systems», *Environment, Development and Sustainability*, 7(1), pp. 51-69.
- > LOWRANCE, R.; HENDRIX, P.F. y ODUM, E.P. (1986), «A hierarchical approach to sustainable agriculture», *American Journal of Alternative Agriculture*, 1(1), pp. 169-173.
- > MAFF, MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD (2000), *Towards sustainable agriculture (a pilot set of indicators)*, MAFF, London.
- > MAPA, MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2004), *Libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural*, MAPA, Madrid.
- > MARÍ, S. y JULIÁ, J.F. (2002), «Agricultura y desarrollo rural. Contribuciones de las cooperativas agrarias». *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 41, pp. 25-52.
- > McRAE, T.; SMITH, C.A.S. y GREGORICH, L.J. (eds.) (2000), *Environmental sustainability of Canadian agriculture. Report of the Agri-Environmental Indicator Project*. AAFC-Agriculture and agri-food Canada, Ottawa.

- > MORENO-PÉREZ, O.M. y ORTIZ-MIRANDA, D. (2008), «Understanding structural adjustment in Spanish arable crop farms: policies, technology and multifunctionality», *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(2), pp. 153-165.
- > MORSE, S.; McNAMARA, N.; ACHOLO, M. y OKWOLI, B. (2001), «Sustainability indicators: the problem of integration», *Sustainable Development*, 9(1), pp. 1-15.
- > MUNDA, G. (2005), «Measuring sustainability: a multi-criterion framework», *Environment, Development and Sustainability*, 7(1), pp. 117-134.
- > MUNDA, G. (2008), *Social multi-criteria evaluation for a sustainable economy*, Springer-Verlag, New York.
- > NIEMEIJER, D. (2002), «Developing indicators for environmental policy: data-driven and theory-driven approaches examined by example», *Environmental Science and Policy*, 5(1), pp. 91-103.
- > OECD, ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (1993), *OECD core set of indicators for environmental performance reviews. A synthesis report by the Group on the State of the Environment*, Environment monographs, 83. OECD, Paris.
- > OECD, ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (1999a), *Environmental indicators for agriculture. Volume 1 – Concepts and framework*. OECD, Paris.
- > OECD, ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (1999b), *Environmental indicators for agriculture. Volume 2 – Issues and design*, OECD, Paris.
- > OECD, ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (2001), *Environmental indicators for agriculture. Volume 3 – Methods and Results*, OECD, Paris.
- > OECD, ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT y JRC, JOINT RESEARCH CENTRE (2008), *Handbook on constructing composite indicators. Methodology and user guide*, OECD, Paris.
- > OÑATE, J. J.; ANDERSEN, E.; PECO, B. y PRIMDAHL, J. (2000), «Agri-environmental schemes and the European agricultural landscapes: the role of indicators as valuing tools for evaluation», *Landscape Ecology*, 15(2), pp. 271-280.

- > PANNELL, D.J. y GLENN, N. A. (2000), «A framework for the economic evaluation and selection of sustainability indicators in agriculture», *Ecological Economics*, 33(1), pp. 135-149.
- > PAYRAUDEAU, S. y VAN DER WERF, H. M. G. (2005), «Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 107(1), pp. 1-19.
- > PECO, B.; MALO, J.E.; OÑATE, J.J.; SUÁREZ, F. y SUMPSI, J.M. (1999), «Agri-environmental indicators for extensive land-use systems in the Iberian Peninsula», en BROUWER, F.M. y CRABTREE, J.R. (eds.), *Environmental indicators and agricultural policy*, CAB International, Wallingford (UK), pp. 137-156.
- > PECO, B.; SUÁREZ, F.; OÑATE, J.J.; MALO, J.E.; AGUIRRE, J. y CUMMINGS, C. (1998), «Definición y utilización de indicadores agroambientales: la experiencia de un proyecto FAIR», *Agricultura y Sociedad*, 86, pp. 207-220.
- > PHILLIPS, J.M. (1994), «Farmer Education and Farmer Efficiency: A Meta-Analysis», *Economic Development and Cultural Change*, 43(1), pp. 149-165.
- > PIRAZZOLI, C. y CASTELLINI, A. (2000), «Application of a model for evaluating the environmental sustainability of cultures in hill and mountain areas. The case of berries and fruit chestnut in Northern Italy», *Agricultural Economics Review*, 1(1), pp. 57-70.
- > QIU, H.J.; ZHU, W.B.; WANG, H.B. y CHENG, X. (2007), «Analysis and Design of Agricultural Sustainability Indicators System», *Agricultural Sciences in China*, 6(4), pp. 475-486.
- > RAO, N.H. y ROGERS, P.P. (2006), «Assessment of agricultural sustainability», *Current Science*, 91(4), pp. 439-448.
- > RIGBY, D.; HOWLETT, D. y WOODHOUSE, P. (2000), *A review of indicators of agricultural and rural livelihood sustainability*. Working Paper No.1 on Sustainability indicators for natural resource management and policy, University of Manchester, Manchester.
- > RIGBY, D.; WOODHOUSE, P.; YOUNG, T. y BURTON, M. (2001), «Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice», *Ecological Economics*, 39(3), pp. 463-478.
- > SAATY, T.L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw, New York.

- > SANDS, G. R. y PODMORE, T. H. (2000), «A generalized environmental sustainability index for agricultural systems», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 79(1), pp. 29-41.
- > SAUVENIER, X.; VALCKZ, J.; VAN CAUWENBERGH, N. *et al.* (2006), *Framework for Assessing Sustainability Levels in Belgian Agricultural Systems – SAFE*. Final Report – SPSD II CP 28. Belgian Science Policy, Brussels.
- > SIMAR, L y WILSON, P. (2007), «Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes», *Journal of Econometrics*, 136(11), pp. 31-64.
- > SMYTH, A. y DUMANSKI, J. (1993), *FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management*. World Soil Resources Report, 73. Land and Water Development Division, FAO, Rome.
- > STOCKLE, C.O.; PAPENDICK, R.I.; SAXTON, K.E.; CAMPBELL, G.S. y VAN EVERT, F.K. (1994), «A framework for evaluating the sustainability of agricultural production systems», *American Journal of Alternative Agriculture*, 9(1-2), pp. 45-50.
- > TELLARINI, V. y CAPORALI, F. (2000), «An input/output methodology to evaluate farms as sustainable agroecosystems: an application of indicators to farms in central Italy», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 77(1-2), pp. 111-123.
- > TISDELL, C. (1996), «Economic indicators to assess the sustainability of conservation farming projects: an evaluation», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 57(1), pp. 117-131.
- > TURNHOUT, E.; HISSCHEMOLLER, M. y EIJSACKERS, H. (2007), «Ecological indicators: between the two fires of science and policy». *Ecological Indicators*, 7(2), pp. 215–228.
- > UN, UNITED NATIONS (1996), *Indicators of sustainable development framework and methodologies*, UN, New York.
- > UN, UNITED NATIONS (2008), *Indicadores de los objetivos de desarrollo del Milenio*, UN, New York.
- > VALENTINOV, V. (2007), «Why are cooperatives important in agriculture? An organizational economics perspective», *Journal of Institutional Economics*, 3(1), pp. 55-69.

- > VAN CALKER, K.J.; BERENTSEN, P.B.M.; ROMERO, C.; GIESEN, G.W.J. y HUIRNE, R.B.M. (2006), «Development and application of a multi-attribute sustainability function for Dutch dairy farming systems», *Ecological Economics*, 57(3), pp. 640-658.
- > VAN CAUWENBERGH, N.; BIALA, K.; BIELDERS, C. *et al.* (2007), «SAFE. A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120(2-4), pp. 229-242.
- > 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(1), 149-161.
- > VANSLEMBROUCK, I.; VAN HUYLENBROECK, G. y VERBEKE, W. (2002), «Determinants of the willingness of Belgian farmers to participate in agri-environmental measures», *Journal of Agricultural Economics*, 51(3), pp. 489-511.
- > WASCHER, D.W. (ed.) (2000), *Agri-environmental indicators for sustainable agriculture in Europe*, Technical report series. European Centre for Nature Conservation, Tilburg.
- > WYNN, G.; CRABTREE, B. y POTTS, J. (2001), «Modelling farmer entry into the environmentally sensitive area schemes in Scotland», *Journal of Agricultural Economics*, 52(1), pp. 65-82.