

Evaluación comparativa multifuncional de sistemas agrarios mediante AHP: aplicación al olivar ecológico, integrado y convencional de Andalucía

Carlos Parra López^(a)
Javier Calatrava Requena^(a)
Tomás de Haro Giménez^(b)

RESUMEN: Aunque el concepto de multifuncionalidad está plasmado, implícita o explícitamente, en el diseño de las políticas agrarias actuales, su consideración a la hora de analizar y evaluar sistemas agrarios es aún relativamente escasa en la literatura. Para tal fin se propone utilizar el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process - AHP), técnica de decisión multicriterio discreta que se utiliza para la toma de decisiones complejas. La metodología AHP es expuesta junto con un procedimiento propuesto para medir el acuerdo relativo entre decisores y la uniformidad de las alternativas en la toma de decisiones en grupo. Finalmente, AHP es aplicado a la evaluación del olivar ecológico, integrado y convencional de Andalucía considerando criterios de distinta naturaleza —económicos, técnicos, socioculturales y medioambientales— con el fin de determinar la forma o formas de producción más interesantes globalmente en el medio-largo plazo para el conjunto de la sociedad en base al conocimiento de expertos en olivar.

PALABRAS CLAVE: Multifuncionalidad, Proceso Analítico Jerárquico, AHP, Toma de decisiones multicriterio, Toma de decisiones en grupo, Índices de acuerdo relativo, Índices de uniformidad relativa, Olivar.

Clasificación JEL: C65, Q01, Q50.

^(a) Área de Economía y Sociología Agrarias. Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Granada. España.

^(b) Departamento de Economía Agraria. Universidad de Córdoba. España.

Dirigir correspondencia a: Carlos Parra López. Área de Economía y Sociología Agrarias. IFAPA. Apdo. 2027. 18080 Granada, España. E-mail: carparra@teleline.es

Recibido en septiembre de 2004. Aceptado en abril de 2005.

Comparative multifunctional evaluation of farming systems with AHP: Application to organic, integrated and conventional olive groves of Andalusia

ABSTRACT: Even though multifunctionality concept is reflected, implicit or explicitly, in the design of actual agrarian policies, its consideration when analysing and assessing farming systems is relatively limited in the scientific literature. Analytic Hierarchy Process (AHP) is proposed with this aim. AHP is a multicriteria discrete decision support technique that is used in complex decision making. This methodology is stated jointly with a proposed procedure to measure relative agreement among decision makers and uniformity of alternatives' performances in group decision making. Finally AHP is implemented in the assessment of organic, integrated and conventional olive groves in Andalusia considering criteria of a different nature – economic, technical, sociocultural and environmental –. The final purpose is determining the more interesting growing techniques from a holistic point of view for all the society in the medium/long-term on the basis of knowledge of experts on olive.

KEYWORDS: Multifunctionality, Analytic Hierarchy Process, AHP, Multicriteria decision making, Group decision making, Relative agreement indices, Relative uniformity indices, Olive grove.

JEL classification: C65, Q01, Q50.

1. Introducción

A partir de la reforma de la PAC de 1992, en el terreno de la Política Agraria Común se empieza a hablar explícitamente del *papel multifuncional de la agricultura*. La naturaleza *multifuncional* de la agricultura conlleva que a la hora de evaluar la «calidad» de un *sistema agrario*¹ no se trataría de hacerlo en base a un criterio económico-financiero exclusivamente, sino que esta evaluación debería ser *multicriterio* —económica, medioambiental, social, etc.—. Uno de los grandes problemas que se plantean en la gestión económica conjugada con la ambiental y social es que en la misma se suele tratar sistemas muy complejos y situaciones en las que la incertidumbre suele ser muy elevada. En efecto, según Munda (2000), cualquier problema de decisión social se caracteriza por conflictos entre valores e intereses que compiten y diferentes grupos y comunidades que los representan. Esta complejidad de los problemas a resolver y la cantidad de conflictos e intereses involucrados en una resolución racional de los mismos, impide la construcción de modelos muy simplificados de la realidad si no se quiere perder información importante sobre la misma. Según Moreno Jiménez (1997) los problemas de decisión ambientales poseen una serie de características como son la incertidumbre, la complejidad, la irreversibilidad y la consideración de las generaciones futuras, que hacen su resolución realmente difícil. Tradicionalmente este tipo de situaciones se abordaban siguiendo una aproximación económica y simplista que aislaba el problema considerado en un «pequeño mundo» para el que, habitualmente, existían herramientas analíticas para su tratamiento. No obstante, la búsqueda de la solución óptima no debe ser el fin último. La existencia

¹ En el presente trabajo se entiende por sistema de producción agraria un modelo o forma de hacer agricultura, que queda definido por diversos parámetros de distinta naturaleza o dimensión: económicos, técnicos, socioculturales y medioambientales.

de múltiples criterios, habitualmente en conflicto, sugiere una aproximación más realista que el clásico enfoque normativo y orientada fundamentalmente al aprendizaje y mejor conocimiento del proceso de decisión seguido, a la negociación y al consenso.

Diferentes autores han opinado recientemente, según Hernández y Cardells (1999), que los problemas de valoración ambiental podrían plantearse fructíferamente alejándose, por una parte, de la ortodoxia neoclásica, y aproximándose, por otra parte, a la teoría de la decisión multicriterio. El enfoque multicriterio conjetura que, en muchos contextos de decisión, los agentes económicos no optimizan sus decisiones en base a un solo criterio sino que, por el contrario, pretenden buscar un equilibrio o compromiso entre un conjunto de criterios en conflicto, o bien pretenden satisfacer en la medida de lo posible una serie de metas asociadas a dichos criterios. Dentro de los métodos multicriterio se encuentra el Proceso Analítico Jerárquico —*Analytic Hierarchy Process* (AHP) (Saaty, 1977 y 1980). Se trata de un método multicriterio interactivo de creciente impacto tanto a nivel teórico como aplicado. AHP es una *técnica de decisión multicriterio discreta* utilizada en la selección y evaluación ambiental (Moreno Jiménez, 1998; Moreno Jiménez *et al.*, 1999 y 2001) y en la toma de decisiones complejas (p.ej., Golden *et al.*, 1989), ya que propone una metodología que permite la resolución de problemas con múltiples criterios y agentes implicados, en escenarios de gran incertidumbre y riesgo. AHP permite hacer más transparente el proceso de toma de decisiones al ser necesario explicitar las preferencias de los diferentes agentes implicados en la toma de decisiones. AHP además permite, siendo esto una de sus grandes fortalezas, la cuantificación de información cualitativa y el continuo aprendizaje de los agentes que toman las decisiones, siendo posible y recomendable retroalimentar con información resultante las fases iniciales del proceso de toma de decisiones (Moreno Jiménez, 1998 y 2002; Aguarón *et al.*, 1998; Moreno Jiménez *et al.*, 1999; Forman y Selly, 2001).

En las últimas décadas se han empezado a difundir formas de cultivo alternativas a la agricultura convencional o química, que tratan de responder a las nuevas y múltiples funciones que la sociedad demanda a la agricultura, como reacción ante los problemas asociados a la misma relacionados con el medio ambiente, la calidad de los alimentos, la sostenibilidad de la actividad agraria y la pervivencia del mundo rural (Parra López, 2003; Parra López *et al.*, 2004). Entre estas formas alternativas, reconocidas y reglamentadas de manera oficial, destacan la *agricultura ecológica* y la *agricultura de producción integrada*, cuyos desarrollos en cuanto a superficie cultivada y número de agricultores han sido más que notables en los últimos diez años, si bien sus cuotas de implantación son todavía muy pequeñas².

El objetivo principal del presente trabajo es aplicar la metodología AHP para evaluar las múltiples funciones, y no sólo el resultado económico-financiero, de tres sis-

² En el año 2001, aproximadamente un 1,66% de la Superficie Agraria Útil (SAU) estaba acogida a las prácticas ecológicas en España (FiBL, 2002). En Andalucía, en 2000, aproximadamente un 1,50% de la superficie de olivar estaba acogida a las prácticas ecológicas (MAPA, 2001). También en 2000, esta cifra era del 1,07% para las prácticas de producción integrada en olivar (Fernández Sierra, 2000, y datos de Entrevistas sobre difusión de innovaciones a Asociaciones de Producción Integrada (APIs) de olivar. Año 2001. Proyecto C-99-102 (Parra López, 2003).

temas de producción agrarios —olivar convencional, ecológico e integrado—, con el fin de tratar de determinar la forma o formas de producción más interesantes en el medio-largo plazo para el conjunto de la sociedad desde un punto de vista global y multifuncional. Adicionalmente, se propone un procedimiento para la medida del consenso entre agentes decisores y para la medida de la uniformidad de comportamiento de las alternativas propuestas, lo que permitirá detectar los puntos más conflictivos en el proceso de toma de decisiones.

2. Antecedentes

Aunque la aplicación de AHP en otros campos se está difundiendo intensamente³, el número de trabajos existentes en la literatura científica relacionados con la aplicación concreta de esta técnica a la evaluación multifuncional de sistemas agrarios o la valoración ambiental es aún muy reducido.

Según Saaty (1997), AHP ha sido utilizado en la *planificación del desarrollo* en diversos países de Sudamérica. De hecho, fue en Chile donde se utilizó AHP una de las primeras veces, concretamente en 1993, para la toma de *decisiones ambientales*. Se tiene constancia de dos proyectos iniciados en Chile en 1997 en los que se utiliza la metodología AHP en la *planificación del desarrollo agroforestal*. Uno es realizado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-Chile, 1997) con el fin de evaluar programas de forestación rural, y otro por la Universidad de Chile (Universidad de Chile, 1998), con el fin de evaluar usos alternativos del suelo. Otro trabajo en esta línea es el de Alphonse (1997), que sugiere diferentes modelos AHP para evaluar diferentes decisiones en agricultura en países en vías de desarrollo. En otros países de Sudamérica como Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, según Cervantes Vargas (2002), la FAO, en colaboración con los gobiernos respectivos, algunos centros de investigación y grupos de afectados, está empleando la metodología AHP para la valoración de *posibles usos del suelo*.

La metodología AHP también ha sido empleada empíricamente en la *valoración y evaluación ambiental*. Entre otros trabajos (<http://www.expertchoice.com>), destacan el desarrollado por Daniel J. Dzurek en el Instituto del Medio Ambiente y la Política de Honolulu (Hawaii), sobre planificación del uso del Mar del Este en Japón, el de Alessandro Giangrande de la empresa Studio Prometea en Roma, que integra la metodología AHP en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, y el de Larry Deschaine de la empresa Apex Environmental de Rockville, que utiliza AHP para la evaluación de políticas ambientales en Estados Unidos. Dentro de los trabajos de evaluación ambiental se pueden citar otros tres estudios: El de Bernetti *et al.* (1994), quienes han integrado la metodología AHP dentro de un proceso más amplio de toma de decisiones multicriterio en la planificación forestal; el de Peterson *et al.* (1995), que proponen utilizar la metodología AHP para la inventariación y segui-

³ En la página Web de Expert Choice (www.expertchoice.com), por ejemplo, es posible acceder a un completo listado de artículos, libros y trabajos sobre esta técnica, tanto teóricos como de aplicaciones prácticas en diversos campos.

miento de la gestión de los Parques Naturales en Estados Unidos; y el de Pirazzoli y Castellini (2000), quienes evalúan mediante la metodología AHP diferentes ecosistemas de las zonas de montaña desde una perspectiva global, que incluye aspectos socioeconómicos (producción y aspectos sociales) y repercusiones medioambientales en el sistema físico-químico (aire, agua y suelo). En esta línea, Duke y Aull-Hyde (2002) aplican AHP con el fin de comparar el valor social del medio ambiente, la agricultura y algunos atributos de los espacios naturales en Delaware (EE.UU.). En España, Hernández y Cardells (1999) han aplicado el método AHP a la valoración de distintas figuras de protección de los Espacios Naturales de Gran Canaria. También en España, Reyna y Cardells (1999) aplican la metodología AHP a la valoración de siete tipos de ecosistemas naturales de la Comunidad Valenciana mediante expertos. Otros trabajos españoles en los que se ha aplicado AHP en selección y evaluación ambiental son los de Escobar y Moreno Jiménez (1993 y 1994), Moreno Jiménez (1997 y 1998) y Moreno Jiménez *et al.* (1999 y 2001). Otros trabajos que emplean AHP para la toma de decisiones en agricultura son los de Guo y He (1999) y de Mainuddin *et al.* (1997).

Sobre el tema específico de *evaluación multifuncional de sistemas agrarios mediante AHP* existe un precedente del que tengamos constancia. Se trata de un trabajo de Mawampanga y Debertain (1996), en el que se analiza el proceso de toma de decisiones de los agricultores al tener que elegir entre diferentes formas de cultivo. En concreto, se plantea que los agricultores basan su decisión en tres grandes criterios (rentabilidad, temas de salud y temas medioambientales). Las alternativas de cultivo estudiadas son tres: convencional, ecológica y otra que, en cierta medida, podría ser equivalente a la integrada.

Trabajos precedentes, con metodologías diferentes a AHP, en los que generalmente desde una perspectiva interdisciplinar se evalúa comparativamente a la agricultura ecológica con la convencional, y en algún caso con la integrada (*I) son: Ardenclark y Hodges (1987 y 1988), Lampkin y Padel (1994), Berentsen *et al.* (1998), Conacher y Conacher (1998), Clark *et al.* (1998), DEPA (1999), Sánchez Jiménez (1999) (*I), Stolze *et al.* (2000), Wells *et al.* (2000), Hansen *et al.* (2001), Rigby *et al.* (2001), Pacini *et al.* (2003) (*I), Pacini *et al.* (2004) y Rasul y Thapa (2004).

3. Metodología para la evaluación multifuncional del olivar mediante AHP

La resolución de un *problema de toma de decisiones o de selección* consiste, básicamente, en la priorización u ordenación de un conjunto de *alternativas* en base a la evaluación de su grado de satisfacción de una serie de *objetivos* o *criterios*⁴. AHP propone un *proceso* de análisis y síntesis que consta de una serie de pasos o fases

⁴ En la literatura se diferencia entre criterios y objetivos. Un criterio es una regla o canon para discernir una cosa de otra. En base a los mismos se compararán las diferentes alternativas. Un objetivo es un criterio al que se le asigna una dirección de mejora. El grado de cumplimiento o satisfacción de los objetivos por parte de las diferentes alternativas servirá para seleccionar la mejor u ordenarlas.

(Saaty, 1977 y 1980), que se verán a continuación. Para el lector interesado en la metodología AHP remitimos a los trabajos originales de Saaty (1980 y 1994) y a las referencias en español de Saaty (1997) y Moreno Jiménez (2002).

3.1. Definición y análisis del problema

La metodología AHP propone la descomposición del problema en partes más pequeñas, es decir, su *análisis* y estructuración mediante la construcción de una *jerarquía de decisión*. En primer lugar debe ser fijado el *criterio principal o meta* que se pretende alcanzar. La ordenación final de las diferentes *alternativas* se hará en base al grado de satisfacción o cumplimiento de cada una de ellas de este criterio principal. Ahora bien, la consecución del criterio principal puede requerir el cumplimiento de una serie de *criterios* y *subcriterios* más específicos en los que puede que sea descompuesto el criterio principal. Es muy importante que los criterios sean lo más independientes entre sí (en caso de dependencia, Saaty (1996) ha propuesto una nueva metodología basada en AHP, llamada ANP —Analytic Network Process—) e incluir todos los criterios relevantes y no incluir criterios irrelevantes.

En el caso que aquí se propone, el *criterio principal o meta* es determinar cuál o cuáles de las tres alternativas analizadas (sistemas de producción agraria convencional, ecológica o integrada) tiene mayor *valor total* para la sociedad, y es, por tanto, el más deseable a medio-largo plazo en el caso concreto del olivar en Andalucía, región que previamente ha sido tipificada en tres escenarios olivereros en función de su productividad⁵. La información utilizada para *estructurar la jerarquía de decisión* y definir los diferentes criterios y subcriterios a alcanzar ha sido, básicamente, las líneas maestras de la PAC, contenidas en múltiples normativas tanto europeas como nacionales⁶, y los objetivos deseables según los actuales debates al respecto contenidos en la literatura científica y según la opinión de diferentes expertos en la materia consultados. De esta forma, la jerarquía propuesta consta de 4 niveles (incluyendo el nivel de las alternativas)⁷, como puede verse en la figura 1.

3.2. Evaluación del modelo

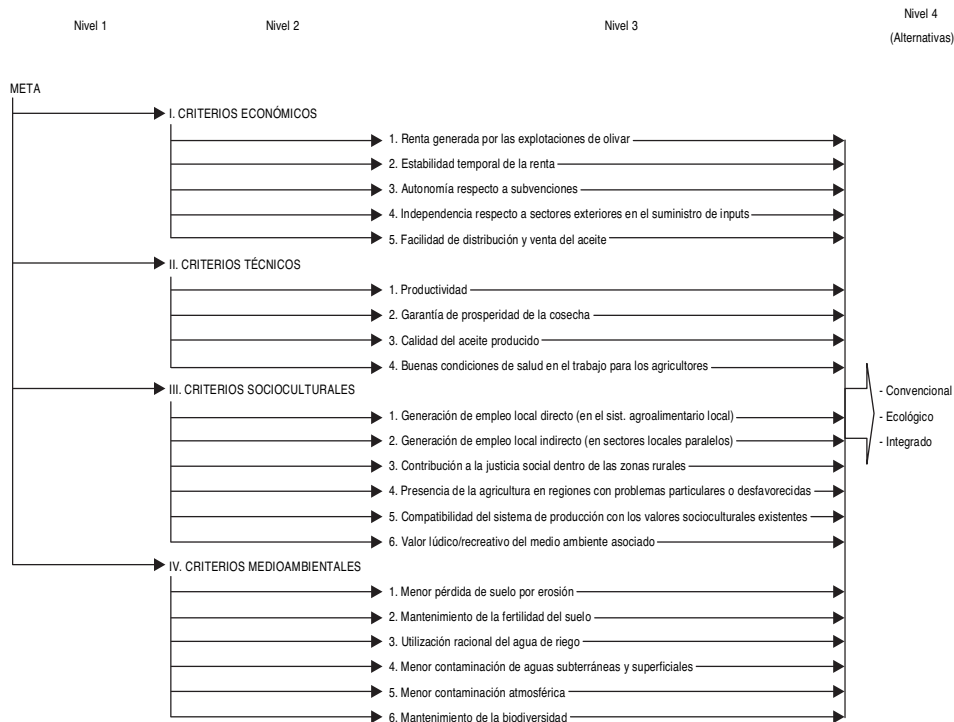
Una vez construida la jerarquía de decisión, las diferentes alternativas han de ser evaluadas con respecto a los diferentes criterios del nivel inmediatamente superior de

⁵ Olivar muy productivo (más de 3.000 kg aceituna ha⁻¹), olivar medio (de 1.500 a 3.000) y olivar poco productivo (menos de 1.500).

⁶ Declaración de Cork sobre desarrollo rural (CEE, 1996), Agenda 2000 (Reglamentos CE 1251/99 a 1268/99), especialmente Reglamento (CE) 1257/99 sobre ayudas al desarrollo rural, Real Decreto 4/2001 sobre ayudas agroambientales, etc.

⁷ El modelo que aquí se presenta se ha extraído de un modelo más general y complejo que consta de tres escenarios productivos (olivar muy productivo, medio y poco productivo) y seis niveles (incluyendo el nivel de las alternativas). Aquí se exponen sólo los resultados obtenidos para el escenario medio, obviando los otros dos. Los resultados para el modelo completo pueden verse en Parra López (2003) y Parra López *et al.* (2004).

FIGURA 1
Modelo AHP para la evaluación multifuncional del olivar



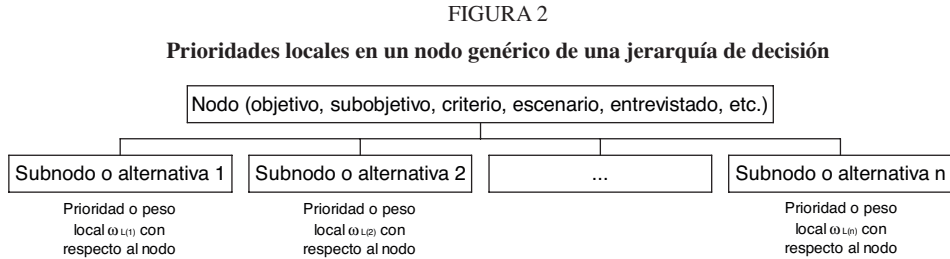
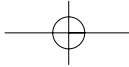
los que dependen directamente (es decir, «cuelgan» en el árbol jerárquico), y éstos con respecto a los criterios del nivel inmediatamente superior en la jerarquía y de los que, a su vez, dependen, y así sucesivamente, hasta llegar al criterio principal o meta.

Lo que se pretende es obtener para cada criterio o, en términos generales, nodo del árbol jerárquico, las *prioridades o pesos locales* ($\omega_{L(i)}$) de los subnodos o alternativas que dependen directamente de él, en términos de importancia, preferencia o verosimilitud (véase figura 2). Los pesos locales respecto a un nodo estarán normalizados, es decir, se impone que se cumpla la condición:

$$\sum_{i=1}^n \omega_{L(i)} = 1 \quad [1]$$

donde $\omega_{L(i)}$ es el peso o prioridad local de un subnodo o alternativa «i» respecto a su nodo padre y n el número de subnodos o alternativas dependientes.

La metodología AHP propone calcular estas prioridades en base a las estimaciones (juicios) de los agentes decisores sobre las *razones* (cocientes) entre las mismas. Para cada criterio de la jerarquía estas razones han de ser estimadas evaluando comparativamente dos a dos (*comparaciones pareadas simples*) todos los subnodos o alternativas de él dependientes ($\omega_{L(i)}/\omega_{L(j)}$). AHP permite realizar las comparaciones pa-

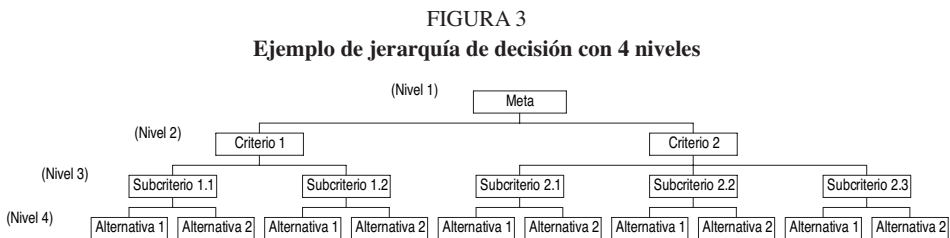


readas en tres diferentes escalas: verbal, gráfica y numérica (Expert Choice, 2000). En base a estas estimaciones de razones, y mediante la resolución de un sistema de ecuaciones con el método de los vectores propios, son calculadas las prioridades locales así como el grado de consistencia de los juicios del agente decisor⁸.

Así, entre enero y julio de 2002 se han efectuado *tests* a 20 *expertos en olivar*, con conocimientos sobre las tres alternativas de producción analizadas, en base a entrevistas en profundidad, en las que se les pedía que evaluaran los tres sistemas de producción según los criterios de la jerarquía AHP de decisión desarrollada, siempre considerando las mejores opciones para el *conjunto de la sociedad* en el medio-largo plazo.

3.3. Síntesis de prioridades

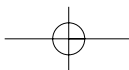
Finalmente, las diferentes alternativas deben ser priorizadas u ordenadas respecto a su grado de satisfacción del criterio principal o de cualquier criterio intermedio del modelo. Para ello, es preciso calcular las *prioridades totales o finales de las alternativas* ($\omega_{T(A_k)}$) con respecto a dicho criterio en base a los pesos de todos los subcriterios que de él dependen y el peso de las alternativas en todos estos subcriterios, mediante una agregación ponderada (véase, por ejemplo, Saaty, 1994).



Así, por ejemplo, para la jerarquía de la Figura 3, las *prioridades globales* de las alternativas con respecto a la meta serían:

$$\omega_{G(A_k)} = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{n_j} \omega_{L(A_k/i, j)} \times \omega_{L(Si/j)} \times \omega_{L(Ci)} \quad [2]$$

⁸ Para un desarrollo en profundidad de la metodología AHP véase, por ejemplo, Saaty (1994).



donde $\omega_{G(Ak)}$ es el peso global de la alternativa k , $\omega_{L(Ak/i,j)}$ es el peso local de la alternativa k respecto al subcriterio i,j , $\omega_{L(Si,j)}$ es el peso local del subcriterio i,j con respecto al criterio i , $\omega_{L(Ci)}$ es el peso local del criterio i respecto a la meta, I es el número total de criterios y n_i es el número total de subcriterios dentro de cada criterio i .

3.4. Toma de decisiones en grupo

La toma de decisiones puede requerir la intervención de diferentes agentes. En esta situación, a veces hay que considerar los juicios, muchas veces contrarios, de diversos individuos o grupos de individuos. Una revisión completa de diferentes métodos de toma de decisión multicriterio en grupo puede encontrarse en Kim y Ahn (1997). En el caso concreto de *toma de decisiones en grupo mediante AHP* (el primer trabajo al respecto es el de Aczel y Saaty, 1983; otros trabajos importantes sobre este tópico son Basak y Saaty, 1993; Barzilai y Golani, 1994; Barzilai, 1997; Forman y Peniwati, 1998), en la literatura se proponen fundamentalmente dos métodos para la agregación de las preferencias individuales (Ramanathan y Ganesh, 1994; Forman y Peniwati, 1998; Moreno Jiménez, 2002):

1. *Agregación de los Juicios Individuales* (Aggregation of Individual Judgments - AIJ), que consiste en agregar en primer lugar los juicios individuales de todos los agentes decisores y en base a los juicios agregados obtener las prioridades medias del grupo.
2. *Agregación de las Prioridades Individuales* (Aggregation of Individual Priorities - AIP), que consiste en calcular en primer lugar para cada agente decisor sus prioridades en base a sus juicios individuales y posteriormente agregar estas prioridades individuales de todos los decisores para obtener la media del grupo.

En cuanto a las funciones de agregación, existen diferentes propuestas (Saaty, 1989; Basak y Saaty, 1993; Barzilai, 1997), aunque la más extendida es la media geométrica ponderada ya que es la única función de agregación separable, que satisface las propiedades de unanimidad, homogeneidad y reciprocidad (Aczel y Saaty, 1983). Para una mayor profundización en la toma de decisiones en grupo tanto con AHP como con otras técnicas puede consultarse Kato y Kunifuji (1997) y Kim y Ahn (1997).

Si bien en diferentes ramas científicas, y en particular en las Ciencias Sociales desde los trabajos de Arrow, diferentes métodos para agregar las preferencias de los individuos y obtener una única opinión como grupo de decisores ha recibido una gran atención (Kim *et al.*, 1998), son relativamente escasos los estudios que traten de medir el consenso entre los diferentes agentes decisores que forman parte de ese grupo, es decir, la varianza de sus preferencias y opiniones. En efecto, en el caso de toma de decisiones en grupo con AHP se suele asumir que el grupo es homogéneo (Saaty, 1989). No obstante, algunos trabajos cuestionan esta suposición y pretenden medir el consenso real entre los decisores. En este sentido, diferentes medidas del consenso han sido propuestas basadas en una formulación vectorial de AHP (Zahir, 1999a y 1999b), en el concepto de distancia al consenso (Shirani *et al.*, 1998) y en el concepto de ángulo entre vectores de preferencias (Bryson, 1996 y 1997; Yeh *et al.*, 2001).

Frente a la complejidad de la formulación vectorial de AHP, la pérdida de información sobre el nivel de acuerdo del concepto de distancia al consenso que estimamos se produce y la debilidad del método del ángulo entre vectores (señalada por Shih *et al.*, 2004), y como aportación novedosa a la metodología AHP, se han definido unos *índices* que permitirán medir el grado de *consenso relativo* entre las opiniones de diferentes grupos de agentes decisores y otros índices que permitirán medir la *similitud de la valoración de los diferentes criterios y alternativas* del modelo según la opinión media de dichos agentes.

En la aplicación práctica presentada, si bien el objetivo general del modelo planteado es priorizar las mejores alternativas de cultivo para el conjunto de la sociedad, la valoración de la jerarquía de decisión ha sido realizada por expertos y no por todos los interesados. Esto está justificado dada la complejidad de las materias tratadas en el modelo. Una hipótesis de partida que se ha establecido es que la orientación profesional de los expertos influye en una valoración favorable del sistema de cultivo por el que tiene mayor relación profesional. Para contrastar esta hipótesis, los agentes decisores (expertos) entrevistados han sido clasificados en tres *tipos* (ecológicos, integrados y convencionales) en función de su mayor relación profesional con cada tipo de cultivo (defensores reconocidos de cada una de las tres formas de producción en su actividad científica, de investigación o técnica). Para cada tipo de expertos se han agregado las opiniones de sus componentes mediante la media geométrica de sus juicios. Igualmente, se ha obtenido la *opinión media conjunta* de los tres tipos de expertos (u *opinión media de los tres tipos de expertos en conjunto*), calculada, también, mediante la media geométrica de los juicios medios de los tres tipos de expertos.

Para determinar el grado de consenso entre los diferentes agentes en cada cluster⁹ de la jerarquía de decisión se ha construido un indicador al que se ha denominado «*Índice de Acuerdo Relativo con la Media*» (*IARM*) de un tipo de expertos en dicho cluster, que se define para un cluster dado como la inversa de las distancias relativas, en valor absoluto, entre las prioridades locales otorgadas por ese tipo de expertos a los subnodos o alternativas del cluster y las prioridades del conjunto global de todos los tipos de expertos en ese mismo cluster. Es decir, es la inversa de la desviación relativa media, en tanto por uno, de las preferencias de un grupo de expertos y las medias de todos los grupos de expertos. Cuanto mayor sea el *IARM* para un tipo de expertos, menor será la desviación y más parecidas serán las opiniones de los mismos como grupo con las de la media conjunta de todos los tipos de expertos. La expresión matemática del *IARM* es:

$$IARM(t) = \frac{1}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n \left| \omega_{L(i),t} - \omega_{L(i),m} \right|}{\omega_{L(i),m}} \right) n} \quad [3]$$

⁹ Conjunto formado por un nodo y los subnodos o alternativas de él dependientes. El consenso en un cluster se refiere a la valoración de las prioridades de los subnodos o alternativas con respecto al nodo padre del que dependen.

$$\text{Cumpliéndose: } 0 \leq \omega_{L(i),t} \leq 1 \text{ y } 0 \leq \omega_{L(i),m} \leq 1, \forall t \text{ y } \forall i \quad [4]$$

$$\text{y } \sum_{i=1}^n \omega_{L(i),t} = 1 \quad \sum_{i=1}^n \omega_{L(i),m} = 1 \quad [5]$$

donde $IARM(t)$ es el Índice de Acuerdo Relativo del tipo de expertos «t» con la media de los tipos de expertos en conjunto en un cluster dado, t es el tipo de expertos (Enc-Conv = encuestados convencionales, EncEcol = encuestados ecológicos y EncInteg = encuestados integrados), $\omega_{L(i),t}$ es la prioridad local media del subnodo o alternativa i con respecto a su nodo padre para el tipo t de expertos, $\omega_{L(i),m}$ es la prioridad local media del subnodo o alternativa i con respecto a su nodo padre para la media de los tres tipos de expertos en conjunto, i es el subnodo o alternativa i , hijo del nodo analizado, y n es el número total de subnodos o alternativas hijos del nodo analizado.

Además, se ha elaborado un «Índice de Acuerdo Relativo Global» ($IARG$) entre los agentes (en este caso, tipos de expertos) en un cluster dado, que no es sino la media armónica de los $IARM$ de los tres tipos de expertos en dicho cluster:

$$IARG = \frac{1}{\left(\frac{\sum_{\forall t} \frac{1}{IARM(t)}}{T} \right)} \quad [6]$$

donde T es el número de tipos de expertos (en el trabajo presentado sería 3).

Como ya se ha indicado el $IARM$ de un tipo de decisores en un cluster dado es la inversa de la desviación relativa de sus prioridades con respecto a la media de todos los grupos de decisores en ese cluster. Al definir el $IARG$ de todos los tipos de decisores en ese mismo cluster como la media armónica de los $IARM$ de todos los tipos de decisores, se puede demostrar que el $IARG$ es la inversa de la desviación relativa media de las prioridades de cada grupo con respecto a la media de todos los grupos de decisores en ese cluster. En definitiva, el $IARG$ es también la inversa de una desviación relativa lmedia, en tanto por uno. Cuanto mayor sea el $IARG$ en un cluster mayor será el consenso entre las opiniones de los diferentes tipos de expertos.

Además, se ha considerado interesante determinar si las prioridades locales de los subnodos o alternativas de cada cluster son semejantes o diferentes entre sí según la opinión *media* de los tres tipos de expertos en conjunto. Con tal fin se ha construido un indicador que se ha denominado «Índice de Uniformidad Relativa de las Prioridades» ($IURP$) en un cluster dado, cuya interpretación es similar a la del $IARM$ e $IARG$, siendo la inversa de las distancias relativas, en valor absoluto, entre las prioridades locales otorgadas por la media de todos los tipos de expertos a los subnodos o alternativas del cluster y las prioridades uniformes en ese mismo cluster. Cuanto mayor sea el $IURP$ en un cluster, más semejantes serán las prioridades locales medias del mismo, es decir, más similar será la importancia que los diferentes subnodos o alternativas del cluster tienen para el conjunto de los expertos. Este índice no nos indica nada sobre el acuerdo/desacuerdo entre los decisores sino sobre la uniformidad/desu-

niformidad del comportamiento de los subnodos o alternativas con respecto al nodo de que dependen. Matemáticamente el *IURP* es:

$$IURP = \frac{1}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n \frac{|\omega_{L(i),m} - \omega_{h(n)}|}{\omega_{h(n)}}}{n} \right)} \quad [7]$$

Definiéndose:

$$\omega_{h(n)} = \frac{1}{n} \quad [8]$$

donde $\omega_{h(n)}$ son prioridades homogéneas e idénticas entre sí. Si, por ejemplo, el número de subnodos o alternativas es 4 ($n = 4$), se tendría que $\omega_{h(4)}$ es igual a $1/4 = 0,25$.

Los *IARM*, *IARG* e *IURP* se pueden calcular tanto para los clusters evaluados directamente por los evaluadores —clusters no sintéticos— (en este caso se habla de índices de acuerdo y uniformidad relativos de las prioridades locales), como para aquellos en los que las alternativas han sido sintetizadas —clusters sintéticos— (este caso se habla de índices de acuerdo y uniformidad relativos de las prioridades totales).

Además, se han definido dos nuevos indicadores, con el fin de segmentar el nivel de acuerdo y uniformidad relativos entre las opiniones de los encuestados: el *grado de acuerdo relativo* y el *grado de uniformidad relativa*. Estos dos indicadores se calculan en base a los *IARG* e *IURP*, respectivamente, de todos los clusters de la jerarquía sobre los que los encuestados han emitido sus juicios (clusters no sintéticos)¹⁰. Una vez calculados los *IARG* e *IURP* de todos los clusters no sintéticos, se ordenan en forma ascendente (por un lado los *IARG* y por otro los *IURP*) y se dividen en tres segmentos (tres para los *IARG* y otros tres diferentes para los *IURP*), todos con el mismo número de elementos (los límites de los segmentos son los percentiles 1/3 y 2/3, de los *IARG* e *IURP*, separadamente, esto es: $P_{1/3}^{IARG}$ y $P_{2/3}^{IARG}$, para los índices de acuerdo, y $P_{1/3}^{IURP}$ y $P_{2/3}^{IURP}$, para los índices de uniformidad). Así, el primer tercio serían clusters con un grado de acuerdo (uniformidad) *bajo*, el siguiente, con un grado de acuerdo (uniformidad) *medio*, y el tercero con un grado de acuerdo (uniformidad) *alto* (véase cuadro 1).

Es muy importante hacer notar que estos índices definidos son *relativos*, en el sentido de que son exclusivos y diferentes para cada modelo AHP, y que sirven para clasificar el nivel de acuerdo y uniformidad de cada cluster en relación al nivel de

¹⁰ Los *IARG* e *IURP* en los clusters sintéticos no se tienen en cuenta ya que en los mismos los juicios no han sido expresados directamente por los encuestados sino que se han calculado en base a los de los juicios en los clusters no sintéticos, por lo que su consideración para segmentar los grados de acuerdo o uniformidad relativos sólo añadiría redundancias.

CUADRO 1

Límites del grado de acuerdo y uniformidad relativos

Grado de acuerdo /uniformidad	Índice de Acuerdo Relativo Global (IARG)	Índice de Uniformidad Relativa de las Prioridades (IURP)
Bajo	$IARG \leq P_{1/3}^{IARG} (8,98)$	$IURP \leq P_{1/3}^{IURP} (6,31)$
Medio	$P_{1/3}^{IARG} (8,98) < IARG \leq P_{2/3}^{IARG} (15,80)$	$P_{1/3}^{IURP} (6,31) < IURP \leq P_{2/3}^{IURP} (14,42)$
Alto	$P_{2/3}^{IARG} (15,80) < IARG$	$P_{2/3}^{IURP} (14,42) < IURP$

$P_{1/3}^{IARG}$, $P_{2/3}^{IARG}$: Percentiles 1/3 y 2/3 para los índices de acuerdo relativo.

$P_{1/3}^{IURP}$ y $P_{2/3}^{IURP}$, Percentiles 1/3 y 2/3 para los índices de uniformidad relativa.

Los percentiles obtenidos en el modelo del olivar aparecen entre paréntesis.

acuerdo y uniformidad del resto de los clusters del modelo evaluado. Si bien los índices propuestos se podrían utilizar en términos absolutos (como se ha visto, éstos se refieren a la inversa del porcentaje de una diferencia y se podrían segmentar diferentes grados de semejanza simplemente fijando unos umbrales de los porcentajes elegidos arbitrariamente, como hacen todos los trabajos previos citados), se ha preferido utilizarlos en términos relativos para detectar los puntos de mayor acuerdo y desacuerdo dentro de cada modelo particular estudiado ya que, en concordancia con la filosofía de la racionalidad procedimental (Moreno Jiménez, 1997), estamos más interesados en mejorar el proceso de toma de decisiones «concreto» a que nos enfrentamos que ofrecer una fórmula válida para cualquier problema. Así, hablar de unos índices en términos absolutos supondría que un mismo valor de los mismos en cualquier problema de decisión supondría el mismo nivel de acuerdo entre los decisores, obviando que el mayor o menor grado de afinidad e intereses de los individuos del grupo decisor pueda hacer que dicho valor sea o no significativo. Por ello, se prefiere *ordenar* los clusters del modelo en función del acuerdo o uniformidad en los mismos y «forzar» la segmentación en tres grupos, ya que se prefiere detectar los puntos más conflictivos en un modelo «concreto» y con unos decisores «concretos» y poder mejorar la toma de decisiones en el caso «concreto» que se está analizando. De esta manera, no es posible extrapolar umbrales de acuerdo válidos para cualquier problema pero sí es extrapolable la metodología propuesta y la detección del acuerdo y uniformidad relativa en cualquier modelo AHP.

3.5. Análisis de sensibilidad

Una vez que un modelo AHP ha sido evaluado, un importante paso posterior es determinar el grado de fiabilidad y estabilidad de los resultados obtenidos mediante un *análisis de sensibilidad*. El análisis ex-post de comportamiento del modelo planteado, permitirá evaluar cómo pueden afectar a los resultados obtenidos cambios en las *ponderaciones o pesos* inicialmente indicados por los decisores. En este análisis se determinará, para un nodo dado, el efecto del aumento/disminución del *peso o prioridad local* de un único subnodo hijo o alternativa hija (mientras que el resto de pesos de sus subnodos o alternativas hermanos disminuyen/aumentan proporcionalmente a sus valores iniciales) sobre las *prioridades sintéticas de las alternativas* con respecto a dicho nodo.

4. Resultados y discusión

La implementación del modelo AHP permite la obtención tanto de los pesos o prioridades locales de los diferentes subnodos o alternativas, como las prioridades totales o finales de las alternativas. En la aplicación realizada se ha utilizado, básicamente, el software *Expert Choice* (Forman *et al.*, 1983). Únicamente se presentarán datos sobre la *opinión media de los tres tipos de expertos en conjunto* sobre el criterio general (determinar qué sistema de producción agraria —convencional, ecológico o integrado— tiene mayor *valor total* para la sociedad) y los cuatro criterios principales (económicos, técnicos, socioculturales y medioambientales) de la jerarquía de decisión para el escenario del olivar medio¹¹.

Esta información se ha sintetizado en una serie de gráficos, denominados «camino de valor» (gráfico 1 a gráfico 5), en los que en el eje de abscisas aparecen los subcriterios, cuyas prioridades locales se representan por las barras verticales que parten del subcriterio respectivo según la escala de la izquierda. Las líneas quebradas de la parte superior representan las prioridades totales de las alternativas con respecto a cada subcriterio y al nodo superior del cluster (overall) según la escala de la derecha. Además, se ha elaborado el cuadro 2 donde aparecen los índices y grados de acuerdo y uniformidad relativos entre los tres tipos de expertos para las prioridades totales de las alternativas y para las prioridades locales en los cuatro grandes subcriterios. En el cuadro 3 esta información se detalla para las prioridades totales de las alternativas en todos los nodos del modelo y se muestran los Índices de Acuerdo Relativo con la Media (IARM) de los diferentes grupos de expertos.

CUADRO 2

Acuerdo global y uniformidad relativos en las prioridades totales de las alternativas y en las prioridades locales de los principales subcriterios del modelo

Criterios	Prioridades totales de las alternativas				Prioridades locales de los subcriterios			
	IARG	Grado de acuerdo relativo	IURP	Grado de uniformidad relativa	IARG	Grado de acuerdo relativo	IURP	Grado de uniformidad relativa
Meta	18,11	•••	16,85	•••	18,67	•••	17,24	•••
Criterios económicos	27,55	•••	51,72	•••	12,88	••	14,71	•••
Criterios técnicos	15,90	•••	14,42	•••	8,79	•	17,54	•••
Criterios socioculturales	27,78	•••	23,08	•••	34,89	•••	12,82	••
Criterios medioambientales	8,80	•	7,01	••	8,70	•	5,78	•

••• = Alto; •• = Medio; • = Bajo

¹¹ Los resultados completos pueden consultarse en Parra López (2003) y Parra López *et al.* (2004).

CUADRO 3

Acuerdo (con la media y global) y uniformidad relativos en las prioridades totales de las alternativas en todos los nodos del modelo

Criterio	Acuerdo					Uniformidad	
	IARM (Enc Conv)	IARM (Enc Ecol)	IARM (Enc Integ)	IARG	Grado de acuerdo relativo	IURP	Grado de uniformidad relativa
Meta	21,62	12,45	25,58	18,11	•••	16,85	•••
I. Criterios económicos	22,34	33,06	29,51	27,55	•••	51,72	•••
I.1. Renta generada por las explotaciones de olivar	14,14	18,71	49,82	20,79	•••	26,55	•••
I.2. Estabilidad temporal de la renta (minimización del riesgo económico)	15,63	33,26	10,25	15,65	••	14,02	••
I.3. Autonomía respecto a subvenciones	63,74	45,95	37,88	46,98	•••	9,46	••
I.4. Independencia respecto a sectores exteriores en el suministro de inputs	20,22	26,25	40,37	26,71	•••	6,98	••
I.5. Facilidad de distribución y venta del aceite	17,77	6,45	7,94	8,90	•	28,30	•••
II. Criterios técnicos	17,10	10,46	28,96	15,90	•••	14,42	•••
II.1. Productividad	52,10	32,17	34,11	37,69	•••	12,10	••
II.2. Garantía de prosperidad de la cosecha (minimización del riesgo técnico)	28,52	15,55	18,86	19,69	•••	29,13	•••
II.3. Calidad del aceite producido	11,42	5,78	12,69	8,84	•	9,06	••
II.4. Buenas condiciones de salud en el trabajo para los agricultores	11,42	7,29	21,28	11,04	••	5,07	•
III. Criterios socioculturales	23,08	22,73	48,36	27,78	•••	23,08	•••
III.1. Generación de empleo local directo (en el sistema agroalimentario local)	11,24	100,00	10,31	15,31	••	20,69	•••
III.2. Generación de empleo local indirecto (en sectores locales paralelos)	23,55	9,51	15,70	14,20	••	15,31	•••
III.3. Contribución a la justicia social dentro de las zonas rurales	32,39	20,09	77,34	32,06	•••	75,00	•••
III.4. Presencia de la agricultura en regiones con problemas particulares o desfavorecidas	20,36	17,21	9,47	14,10	••	7,98	••
III.5. Compatibilidad del sistema de producción con los valores socioculturales existentes	16,66	5,85	4,14	6,35	•	5,64	•
III.6. Valor lúdico/recreativo del medio ambiente asociado	17,48	8,98	21,51	13,95	••	11,72	••
IV. Criterios medioambientales	16,26	6,79	7,56	8,80	•	7,01	••
IV.1. Menor pérdida de suelo por erosión	11,66	6,62	4,99	6,86	•	7,54	••
IV.2. Mantenimiento de la fertilidad del suelo	16,24	2,91	4,03	4,59	•	10,91	••
IV.3. Utilización racional del agua de riego	10,33	11,41	6,24	8,70	•	10,79	••
IV.4. Menor contaminación de aguas subterráneas y superficiales	14,47	5,43	9,10	8,26	•	5,19	•
IV.5. Menor contaminación atmosférica	40,64	7,04	8,47	10,53	••	5,70	•
IV.6. Mantenimiento de la biodiversidad	10,77	12,89	13,55	12,28	••	5,61	•

EncConv = Encuestados convencionales; EncEcol = Encuestados ecológicos; EncInteg = Encuestados integrados

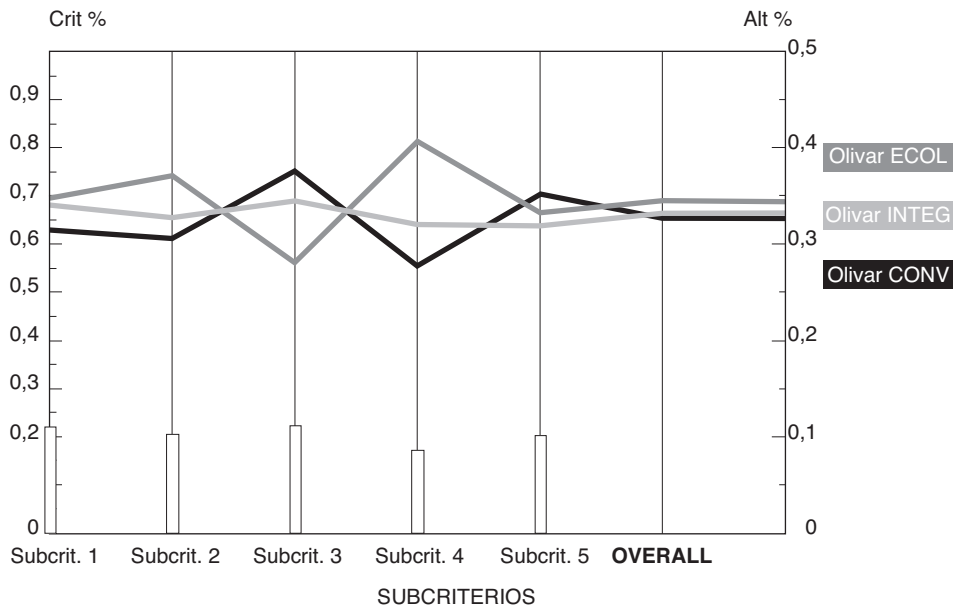
••• = Alto; •• = Medio; • = Bajo

4.1. Evaluación económica

El grado de acuerdo relativo entre los tres tipos de expertos es alto al señalar que la valoración económica global de los tres sistemas de producción analizados (alternativas) es muy parecida, es decir, su grado de uniformidad relativa es alto (véase cuadro 2, columna de prioridades totales de las alternativas), aunque destaca ligeramente el ecológico, como puede verse en el gráfico 1 (línea de «overall»).

En cuanto a los pesos de los diferentes subcriterios económicos, la opinión media es que son muy parecidos, es decir, presentan un grado de uniformidad relativa alto, aunque sobre este asunto el grado de acuerdo relativo entre los entrevistados es medio (véase cuadro 2, columna de prioridades locales de los subcriterios). El criterio más importante según la media de los tres tipos de expertos es la autonomía respecto a subvenciones y el menos la independencia respecto a sectores exteriores en el suministro de inputs (gráfico 1, barras verticales que parten del nombre de cada subcriterio).

GRÁFICO 1
Prioridades respecto a los criterios económicos



Subcrit. 1	Renta generada
Subcrit. 2	Estabilidad temporal de la renta
Subcrit. 3	Autonomía respecto a subvenciones
Subcrit. 4	Independencia respecto a sectores exteriores en el suministro de inputs
Subcrit. 5	Facilidad de distribución y venta del aceite

La valoración de cada una de las formas de producción es distinta con respecto a los diferentes subcriterios económicos (véase gráfico 1, líneas quebradas de la parte superior). Así, el comportamiento en cuanto a la renta generada por las explotaciones de olivar ecológico es ligeramente mejor que las de integrado y bastante mejor que el convencional¹². El olivar ecológico es también superior a los otros dos en cuanto a la estabilidad temporal de la renta y a la independencia respecto a sectores exteriores en el suministro de inputs. El olivar convencional, por el contrario, es mejor valorado que los otros dos en cuanto a su autonomía respecto a subvenciones y su facilidad de distribución y venta. El olivar integrado presenta en prácticamente todos los subcriterios económicos un comportamiento medio entre los otros dos.

4.2. Evaluación técnica

El grado de acuerdo relativo entre los expertos es alto al indicar al que las tres formas de producción no se diferencian sustancialmente en el cumplimiento de los criterios técnicos marcados (es decir, el grado de uniformidad relativa de las alternativas es alto). No obstante, el olivar ecológico destaca ligeramente sobre el integrado y éste sobre el convencional (gráfico 2).

Los pesos de los diferentes subcriterios técnicos según la media de los tres tipos de expertos presentan un grado de uniformidad relativa alto, si bien es un tema sobre el que el acuerdo relativo entre los expertos es bajo. Llama la atención el hecho de que la productividad sea el subcriterio ligeramente menos valorado y las buenas condiciones de salud en el trabajo para los agricultores el ligeramente más, según la media de todos los expertos. El olivar ecológico es valorado como superior al integrado y éste superior al convencional en todos los subcriterios con la excepción del subcriterio de productividad, en que el orden de las alternativas sería justamente el contrario: olivar convencional, integrado y ecológico (gráfico 2).

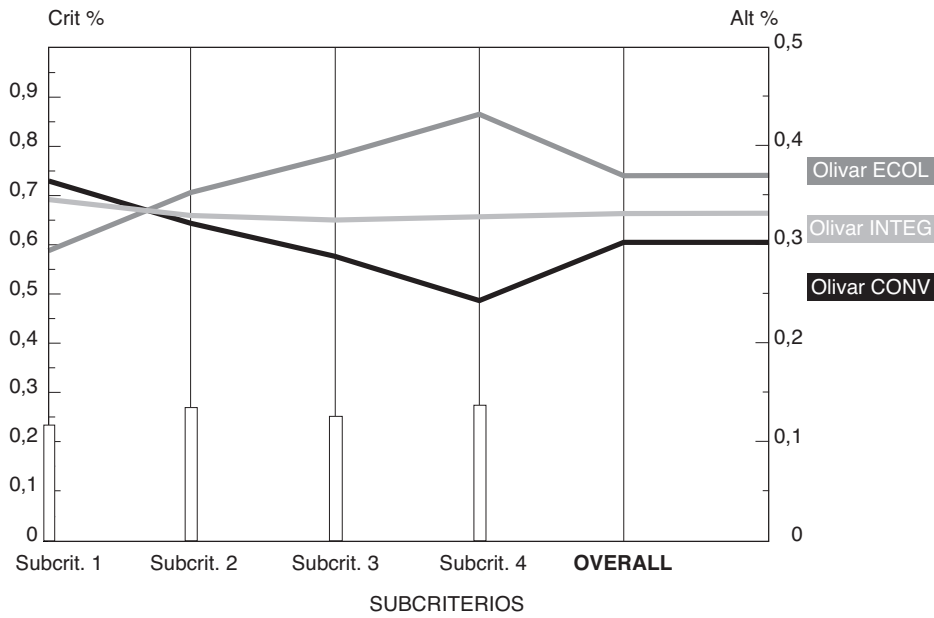
4.3. Evaluación sociocultural

El grado de acuerdo relativo entre los tres tipos de encuestados es alto, coincidiendo en señalar que el comportamiento de las tres alternativas respecto a los criterios socioculturales es similar. No obstante, el olivar ecológico es considerado globalmente ligeramente superior a los otros dos en esta cuestión (gráfico 3).

Además, todos los encuestados están muy de acuerdo en que el peso de todos los subcriterios es ligeramente diferente (los subcriterios presentan un grado de uniformidad relativa medio). Así, la generación de empleo local directo y la presencia de la agricultura en regiones con problemas particulares o desfavorecidas son

¹² Según Lampkin y Padel (1994), la rentabilidad financiera en el corto-medio plazo de la agricultura ecológica es menor que la convencional. No obstante, admiten que en el largo plazo esta situación podría cambiar. Por el contrario, también en el corto plazo, Sánchez Jiménez (1999), obtiene una mayor rentabilidad del olivar ecológico sobre el convencional. Según este autor el olivar integrado sería el más rentable de los tres. Debemos recordar que en el presente trabajo se está comparando estos sistemas agrarios en el largo plazo.

GRÁFICO 2
Prioridades respecto a los criterios técnicos



Subcrit. 1	Productividad
Subcrit. 2	Garantía de prosperidad de la cosecha
Subcrit. 3	Calidad del aceite producido
Subcrit. 4	Buenas condiciones de salud en el trabajo para los agricultores

los subcriterios socioculturales más importantes mientras que el valor lúdico/recreativo del medio ambiente asociado al olivar y la compatibilidad del sistema de producción con los valores socioculturales existentes en la región son los menos importantes.

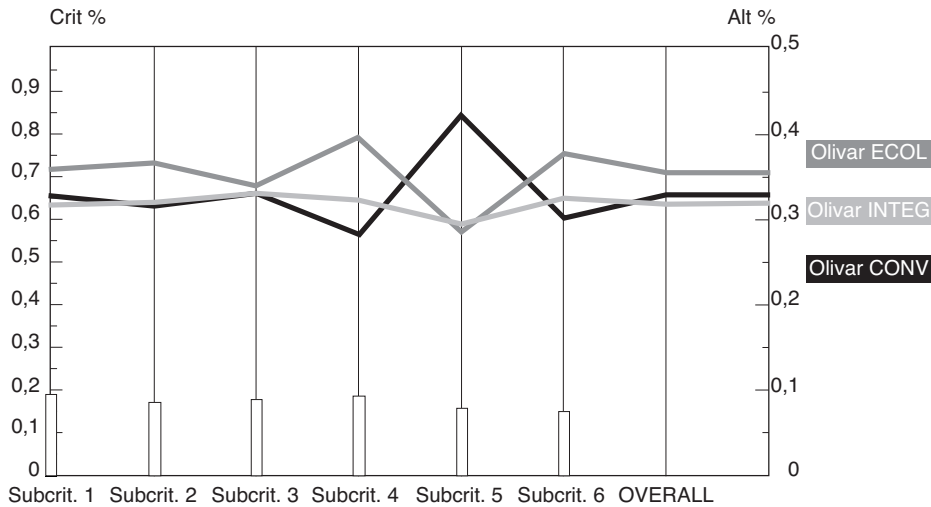
El olivar ecológico es la mejor alternativa en todos los subcriterios, con la excepción del subcriterio de compatibilidad con los valores socioculturales existentes en que es, justo al contrario, la peor alternativa.

4.4. Evaluación medioambiental

Éste es uno de los temas sobre los que hay una mayor controversia y diferencia de opiniones entre los especialistas. De hecho, el grado de acuerdo relativo entre los mismos es bajo. Como puede verse en el cuadro 3, los índices IARM indican que en las cuestiones medioambientales las opiniones de los expertos ecológicos e integrados son las que más se alejan de la opinión media de todos los expertos (IARM más bajos), siendo esta desviación hacia una valoración más favorable de la forma de producción con la que están relacionados profesionalmente (Parra López, 2003).

GRÁFICO 3

Prioridades respecto a los criterios socioculturales



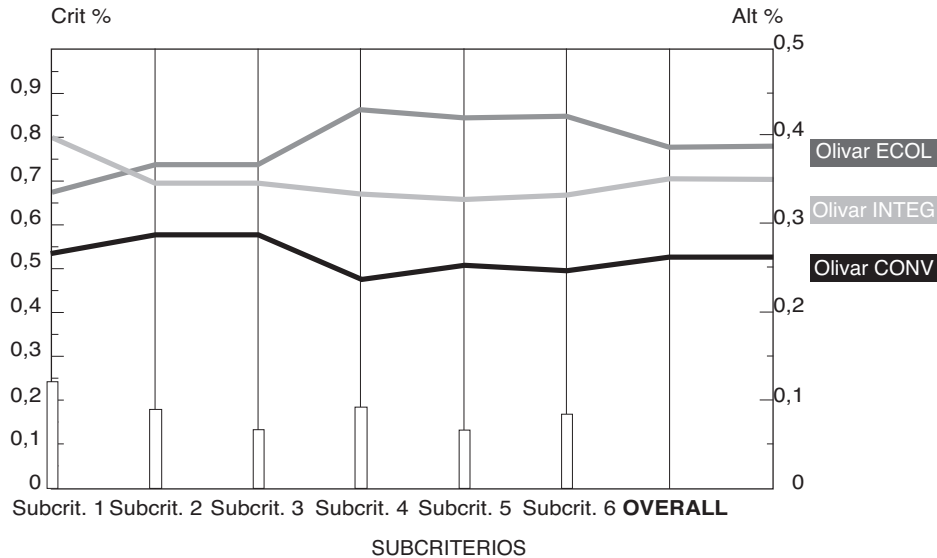
SUBCRITERIOS

Subcrit. 1	Generación de empleo local directo (en el sistema agroalimentario local)
Subcrit. 2	Generación de empleo local indirecto (en sectores locales paralelos)
Subcrit. 3	Contribución a la justicia social dentro de la zonas rurales
Subcrit. 4	Presencia de la agricultura en regiones con problemas particular es o desfavorecidas
Subcrit. 5	Compatibilidad del sistema de producción con los valores socioculturales existentes
Subcrit. 6	Valor lúdico/recreativo del medio ambiente asociado

De hecho, el comportamiento de las tres alternativas presenta un grado de uniformidad relativa medio, es decir, se diferencian más que en todos los criterios vistos hasta ahora. De la opinión media se puede concluir que la alternativa ecológica presenta la mejor valoración global con respecto a los criterios medioambientales, seguida de la integrada y, a mayor distancia, de la convencional (gráfico 4). Esta controversia de opiniones concuerda con las contradictorias evidencias empíricas obtenidas al comparar diferentes consecuencias medioambientales de la agricultura ecológica y la convencional (Hansen *et al.*, 2001). No obstante, los resultados aquí obtenidos están en acuerdo en general con los de trabajos previos sobre impactos medioambientales concretos —p.ej., erosión, fertilidad del suelo, efecto de los pesticidas, etc.— (Pacini *et al.*, 2003 y 2004; Hansen *et al.*, 2001; Rigby *et al.*, 2001; Wells *et al.*, 2000 y Sánchez Jiménez, 1999). Además, el mejor comportamiento medioambiental global del olivar ecológico sobre el convencional está en consonancia con las conclusiones de una investigación a nivel europeo de Stolze *et al.* (2000), el caso de estudio en el Reino Unido de Cobb *et al.* (1999) y el caso de estudio de la Toscana

GRÁFICO 4

Prioridades respecto a los criterios medioambientales



SUBCRITERIOS	
Subcrit. 1	Menor pérdida de suelo por erosión
Subcrit. 2	Mantenimiento de la fertilidad del suelo
Subcrit. 3	Utilización racional del agua de riego
Subcrit. 4	Menor contaminación de aguas subterráneas y superficiales
Subcrit. 5	Menor contaminación atmosférica
Subcrit. 6	Mantenimiento de la biodiversidad

italiana de Pacini *et al.* (2004). El mejor comportamiento medioambiental global de la agricultura ecológica frente a la integrada también es comprobado por Pacini *et al.* (2003).

Con respecto al peso de los subcriterios medioambientales, las opiniones de los tres tipos de expertos son muy diferentes (grado de acuerdo relativo bajo) y la opinión media de los tres indica una asignación de pesos muy diferente a cada uno de ellos (grado de uniformidad relativa bajo). El orden de importancia decreciente de los subcriterios medioambientales es: 1) menor pérdida de suelo por erosión, 2) menor contaminación de aguas subterráneas y superficiales, 3) mantenimiento de la fertilidad del suelo, 4) mantenimiento de la biodiversidad, 5) utilización racional del agua de riego y 6) menor contaminación atmosférica.

En todos los subcriterios medioambientales el olivar convencional presenta el peor comportamiento, según la opinión media de los expertos. La alternativa ecológica presenta la mejor respuesta en todos los subcriterios, excepto en la menor pérdida de suelo por erosión, donde la mejor alternativa es el olivar integrado.

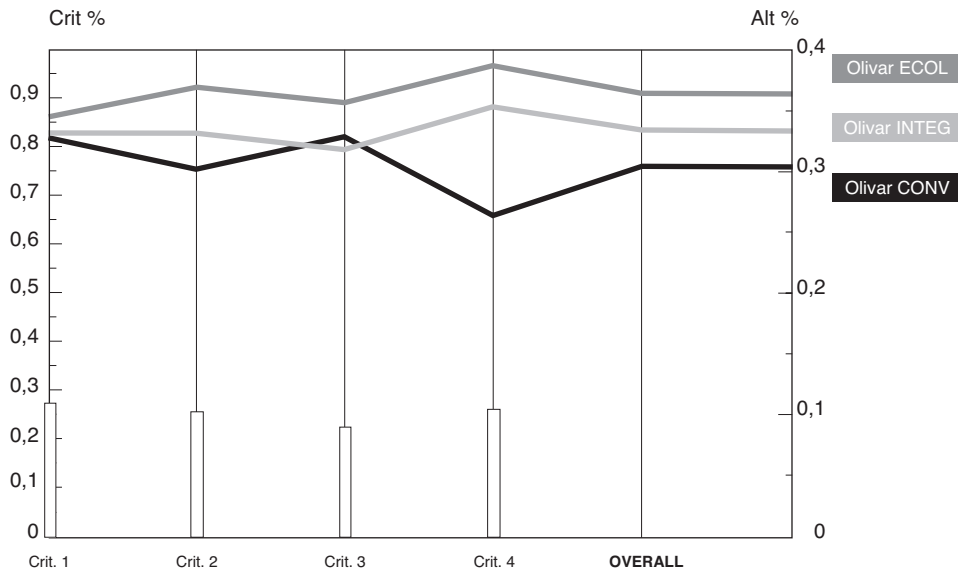
4.5. Evaluación global

De la ponderación global del modelo se obtiene que las opiniones de los tres tipos de expertos son muy coincidentes (grado de acuerdo relativo alto) en señalar un comportamiento muy parecido de las tres alternativas respecto al criterio general o meta (grado de uniformidad relativa alto) (cuadro 2, columna de prioridades totales de las alternativas). No obstante, destaca ligeramente el olivar ecológico como la mejor forma de producción global, seguido del integrado y, en último lugar, figuraría el convencional (gráfico 5, línea de «overall»).

Según la opinión media de los tres tipos de expertos, los cuatro grandes criterios del modelo jerárquico tienen una importancia semejante a la hora de valorar los tres sistemas de producción, es decir, sus prioridades presentan un grado de uniformidad relativa alto (cuadro 2, columna de prioridades locales de los subcriterios). De esta forma, los criterios económicos, medioambientales y técnicos, en este orden, pesan

GRÁFICO 5

Prioridades respecto al criterio general o meta



SUBCRITERIOS

Subcrit. 1	Criterios económicos
Subcrit. 2	Criterios técnicos
Subcrit. 3	Criterios socioculturales
Subcrit. 4	Criterios medioambientales

casi lo mismo, y el criterio sociocultural algo menos. Además, el grado de acuerdo relativo entre los tres tipos de expertos sobre este asunto es alto.

Como se ha visto, el olivar ecológico parece ser superior a las otras dos alternativas en los cuatro grandes criterios de la jerarquía de decisión y por lo tanto lo es también a nivel global¹³. La segunda mejor alternativa a nivel global es el olivar integrado, por delante del olivar convencional en todos los criterios excepto en los socioculturales.

4.6. Estabilidad de los resultados

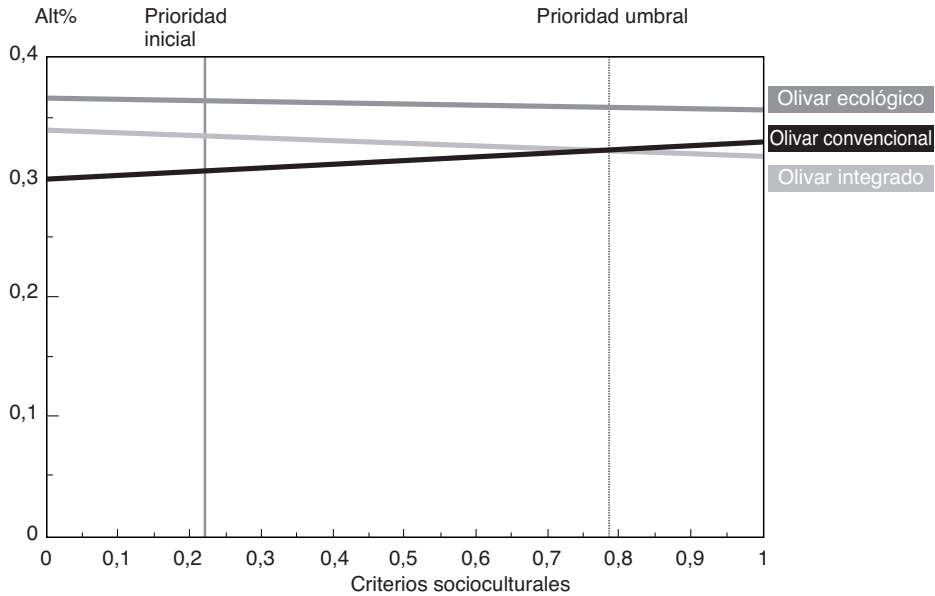
Como puede apreciarse en el gráfico 5 el olivar ecológico es superior a las otras dos alternativas en todos los grandes objetivos de la jerarquía de decisión. La segunda mejor alternativa es el olivar integrado, por delante del olivar convencional en todos los objetivos excepto en los socioculturales. Sería posible, pues, que el olivar convencional superase al integrado en el cumplimiento global de la meta si se incrementase lo suficiente la prioridad local de los objetivos socioculturales (y se disminuyese proporcionalmente la del resto de objetivos) hasta un umbral determinado. Como puede comprobarse en el gráfico 6, las prioridades umbrales de cambio de orden de las alternativas serían aproximadamente 0,78, es decir, hasta este valor tendría que subir el peso de los objetivos socioculturales (desde su valor inicial de 0,22) para que el olivar convencional fuese mejor valorado que el integrado en el cumplimiento global de la meta. Es decir, se tendría que multiplicar por 3,55 (factor de multiplicación) respecto a su valor inicial. El mismo análisis se puede realizar para cada uno de los cuatro grandes objetivos del modelo. En el cuadro 4 se resumen los resultados obtenidos.

Si consideramos que un factor de multiplicación menor o igual a 2 implica que el cambio de orden de las alternativas en ese cluster es probable, si es más de 4 que es muy poco probable, y si tiene un valor intermedio que es poco probable, en la práctica es poco probable que se produzca el cambio de orden de las alternativas a nivel de meta, es decir, la priorización obtenida (Olivar ecológico > Olivar integrado > Olivar convencional) sería bastante estable. A nivel de los cuatro grandes objetivos sólo en los económicos y socioculturales el orden obtenido sería algo inestable (factor de multiplicación ≤ 2). En cualquier caso el valor inicial de las prioridades de algunos subcriterios tendría que multiplicarse por más de 1,5 con respecto al valor asignado por los tres grupos de expertos.

¹³ El grado de fiabilidad de los resultados obtenidos ha sido verificado con un análisis de sensibilidad ex-post del comportamiento del modelo planteado (Parra López, 2003; Parra López, 2004), que permite determinar el efecto que produciría el cambio de los juicios dados por los expertos en todos los clusters del modelo sobre las prioridades totales de las alternativas en el cumplimiento global de todos los criterios de la jerarquía de decisión propuesta. Los resultados del análisis de sensibilidad confirman que el olivar ecológico es mejor que el integrado y éste, a su vez, mejor que el convencional, con una probabilidad de 98,5%. No obstante, se pueden matizar y afinar ligeramente los resultados, ya que si bien lo anterior es cierto, también hay una probabilidad del 1,5% de que el olivar integrado sea mejor que el ecológico.

GRÁFICO 6

Gradientes de sensibilidad de respuesta respecto a prioridades locales en la meta

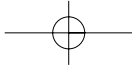


CUADRO 4

Resumen del análisis de estabilidad

Criterios	Subcriterio a cambiar	Prioridad inicial del subcriterio (a)	Prioridad umbral de cambio (b)	Factor de multiplicación ($fm = b/a$)	Priorización inicial respecto al criterio	Priorización final respecto al criterio	Probabilidad del cambio
Meta	Obj. socioculturales	0,22	0,78	3,55	E > I > C	E > C > I	••
Criterios económicos	Autonomía respecto a subvenciones	0,22	0,34	1,55	E > I > C	C > I > E	•••
	Facilidad de distribución y venta del aceite	0,20	0,30	1,50	E > I > C	E > C > I	•••
Criterios técnicos	Productividad	0,20	0,57	2,85	E > I > C	C > E > I	••
		0,23	0,55	2,39	E > I > C	I > E > C	••
		0,23	0,60	2,61	E > I > C	I > C > E	••
Criterios socio-culturales	Compatibilidad del sistema de producción con los valores socioculturales existentes	0,23	0,70	3,04	E > I > C	C > I > E	••
		0,15	0,29	1,93	E > C > I	C > E > I	•••
Criterios medio-ambientales	Menor pérdida de suelo por erosión	0,15	0,85	5,67	E > C > I	C > I > E	•
Criterios medio-ambientales	Menor pérdida de suelo por erosión	0,23	0,50	2,17	E > I > C	I > E > C	••

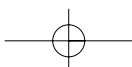
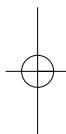
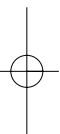
••• = Probable ($fm \leq 2$); •• = Poco probable ($2 < fm \leq 4$); • = Muy poco probable ($4 < fm$).



5. Conclusiones

Del trabajo realizado se desprenden las siguientes conclusiones:

- El enfoque multicriterio se revela especialmente apropiado al tratar de analizar el papel multifuncional de los sistemas agrarios.
- La metodología AHP permite cuantificar información cualitativa, subjetiva e intangible que es de la que se suele disponer en los problemas de toma de decisión en escenarios de elevada incertidumbre y riesgo y en los que se deban considerar criterios medioambientales, socioculturales, etc. Además, esta cuantificación no tiene por qué ser *necesariamente monetaria* como en otros métodos.
- AHP se caracteriza por su flexibilidad de aplicación (permite utilizar tanto juicios de los agentes decisores como «hard data» cuando se dispone de ellos), su relativa facilidad de implementación (existe software específico, Expert Choice, entre otros) y su vocación práctica (ofrecer soluciones prácticas en la toma de decisiones complejas con tiempo y recursos limitados).
- El procedimiento propuesto para la toma de decisiones en grupo permite captar eficazmente, por un lado, el nivel de acuerdo relativo entre diferentes tipos de agentes implicados en el proceso y, por otro, el nivel de uniformidad relativa de la valoración de las alternativas según la opinión media.
- La información suministrada por los índices propuestos permite detectar aquellos puntos más conflictivos en el proceso de toma de decisiones, donde las opiniones medias de los grupos de agentes implicados en el proceso son más diferentes, así como aquellos en los que, considerando la opinión media general, la valoración de las alternativas sea relativamente más parecida o diferente.
- Una vez detectados los temas de mayor controversia es posible tener este hecho en cuenta para posibles análisis posteriores (p.ej., análisis de sensibilidad a posteriori) y para guiar futuras investigaciones tendentes a profundizar en dichos temas, con el fin de utilizar la nueva información para retroalimentar el proceso de toma de decisiones mediante AHP.
- En la aplicación concreta al olivar de Andalucía se da un acuerdo relativo general entre los expertos sobre una ligera superioridad global del olivar ecológico sobre el integrado y de éste sobre el convencional, al comparar en términos relativos el acuerdo en este tema con el resto de temas sobre los que se cuestiona en el modelo jerárquico. Esta priorización ha sido testada afirmativamente en el análisis de sensibilidad. No obstante, las diferencias entre las tres formas de cultivo no son muy importantes, teniendo en cuenta el grado de similitud de la valoración por los expertos de dichas formas de cultivo en todos los criterios del modelo planteado.
- Las dos formas de producción alternativas —ecológica e integrada— son mejores globalmente, siempre según la opinión de los expertos, desde un punto de vista multifuncional que la convencional, teniendo mayor valor para el conjunto de la sociedad en el medio-largo plazo y siendo más sostenibles en



el tiempo, en el sentido de que conservan la tierra, el agua y los recursos genéticos vegetales y animales, degradan menos el medio ambiente y son técnicamente apropiadas, económicamente viables y socialmente aceptables.

- Se ha comprobado positivamente la hipótesis de que la orientación profesional de los expertos influye en la valoración favorable del sistema de cultivo por el que tienen mayor interés profesional. Así, en muchas de las cuestiones en que ha sido detectado un acuerdo bajo o medio entre los expertos, trabajos previos (Parra López, 2003) en los que se analiza en detalle las prioridades concretas otorgadas por cada grupo, permiten afirmar que existe un ligero sesgo en las opiniones de los grupos de los expertos favorable al sistema de producción agrario con el que están más relacionados, especialmente en las cuestiones medioambientales.
- El olivar ecológico es superior a las otras dos alternativas de cultivo globalmente y en cada uno de los cuatro criterios principales del modelo, siendo alto el grado de acuerdo relativo entre los expertos a este respecto, excepto en cuanto a los criterios medioambientales en los que hay mayor controversia. Es, por tanto, en las cuestiones ambientales donde se debería investigar más profundamente en futuros trabajos con el fin de clarificar muchas de estas cuestiones.

Agradecimientos

Este trabajo está basado en resultados parciales del Proyecto de Investigación C-99-102, *Análisis económico y medioambiental de las formas de cultivo ecológico, integrado y convencional, en producciones agrarias andaluzas (olivar)*, desarrollado en el Departamento de Economía y Sociología Agrarias del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) en Granada. Queremos expresar nuestro agradecimiento por la subvención concedida. También querríamos agradecer el interés y esfuerzo de los expertos entrevistados cuyo conocimiento es la base de este estudio.

Bibliografía

- Aczel, J. y Saaty, T.L. (1983). «Procedures for Synthesizing Ratio Judgements». *Journal of Mathematical Psychology*, 27(1):93-102.
- Aguarón, J.; Escobar, M.T. y Moreno Jiménez, J.M. (1998). «Estructuras de Preferencia e Intervalos de Estabilidad». *Dos Herramientas de Gestión Ambiental. XII Anales de Economía Aplicada*. Córdoba. ISBN: 84-86785-38-3 (CD).
- Alphonse, C.B. (1997). «Application of the Analytic Hierarchy Process in Agriculture in Developing Countries». *Agricultural Systems*, 53:97-112.
- Ardenclarke, C. y Hodges, R.D. (1987). «The environmental-effects of conventional and organic biological farming systems. 1. Soil-erosion, with special reference to Britain». *Biological Agriculture & Horticulture*, 4(4):309-357.

- Ardenclark, C. y Hodges, R.D. (1988). «The environmental-effects of conventional and organic biological farming systems. 2. Soil ecology, soil fertility and nutrient cycles». *Biological Agriculture & Horticulture*, 5(3):223-287.
- Barzilai, J. (1997). «Deriving weights from pairwise comparison matrices». *Journal of the Operational Research Society*, 48:1226-1232.
- Barzilai, J. y Golany, B. (1994). «AHP rank reversal, normalization and aggregation rules». *INFOR* 32: 57-64.
- Basak, I. y Saaty, T.L. (1993). «Group Decision Making using the Analytic Hierarchy Process». *Mathematical and Computer Modelling*, 17 (4/5):101-109.
- Berentsen, P.B.M.; Giesen, G.W.J. y Schneiders, M.M.F.H. (1998). «Conversion from Conventional to Biological Dairy Farming: Economic and Environmental Consequences at Farm Level». *Biological Agriculture & Horticulture*, 16(3):311-328.
- Bernetti, I.; Casini, L.; Romano, D. y Scotti, R. (1994). *Environmental and Land Use Issues in Multi-Purpose Forest Management: An Application to the Vallombrosa National Forest (Tuscany)*. 34th EAAE Seminar. Available at: <http://www.unifi.it/unifi/deeaf/bernetti-WEB/download/pubblica/p31.pdf>.
- Bryson, N. (1996). «Group decision-making and the analytic hierarchy process: Exploring the consensus-relevant information content». *Computers & Operations Research*, 23(1):27-35.
- Bryson, N. (1997). «Consensus formation in group support systems using the qualitative discriminant process». *Annals of Operations Research*, 71:75-91.
- CEE (1996). *Declaración de Cork: un medio rural con vida*. European Conference on Rural Development. 9 November.
- Cervantes Vargas, J. (2002). *Aplicación del método AHP a la valoración social y ambiental del embalse de Vadamojon*. Trabajo para Suficiencia Investigadora. Dpto. Economía y Política Agrarias. Universidad de Córdoba.
- Clark, M. S.; Ferris, H.; Klonsky, K.; Lanini, W.T.; van Bruggen, A.H.C. y Zalom, F.G. (1998). «Agronomic, economic, and environmental comparison of pest management in conventional and alternative tomato and corn systems in northern California». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 68:51-71.
- Cobb, D.; Feber, R.; Hopkins, A.; Stockdale, L.; O'Riordan, T.; Clements, B.; Firbank, L.; Goulding, K.; Jarvis, S. y Macdonald, D. (1999). «Integrating the environmental and economic consequences of converting to organic agriculture: evidence from a case study». *Land Use Policy*, 16:207-221.
- Conacher, J. y Conacher, A. (1998). «Organic farming and the environment, with particular reference to Australia: a review». *Biological Agriculture & Horticulture*, 16:45-171.
- DEPA (1999). *Økologiske scenarier for Danmark*. Danish Environmental Protection Agency. Available at: <http://www.mst.dk/199903publikat/87-7909-292-6/oekologi.pdf>.
- Duke, J.M. y Aull-Hyde, R. (2002). «Identifying public preferences for land preservation using the analytic hierarchy process». *Ecological Economics*, 42:131-145.
- Escobar, M.T. y Moreno Jiménez, J.M. (1993). «Utilización del Proceso Analítico Jerárquico en la planificación del río Tisza». *Estudios de Economía Aplicada*, vol. II:436-447.
- Escobar, M.T. y Moreno Jiménez, J.M. (1994). «Técnicas Multicriterio Discretas en la Planificación de Cuencas Fluviales». *Estudios de Economía Aplicada*, 1:7-29.
- Expert Choice (2000). *Expert Choice 2000. Quick Start Guide and Tutorials. Advanced Decision Support Software*. Expert Choice, Inc. Pittsburgh.
- Fernández Sierra, C. (2000). *Datos sobre olivar integrado en Andalucía*. Agrocolor. Unpublished.

- FiBL (2002). *Organic Farming in Europe - Provisional Statistics 2001*. Forschungsinstitut fuer biologischen Landbau (FiBL), Research Institute of Organic Agriculture. Available at: http://www.organic-europe.net/country_reports/default.asp.
- Forman, E. y Peniwati, K. (1998). «Aggregating individual judgements and priorities with the Analytic Hierarchy Process». *European Journal of Operational Research*, 108:165-169.
- Forman, E. y Selly, M.A. (2001). *Decisions by objectives*. Expert Choice Inc. 402 pp. Available at: <http://www.expertchoice.com>.
- Forman, E.; Saaty, T.L.; Selly, M.A. y Waldron, R. (1983). *Expert Choice. Decision Support Software*. McLean, VA.
- Golden, B.L.; Wasil, E.A. y Harker, P.T. (1989). *The Analytic Hierarchy Process: Applications and Studies*. Springer-Verlag. Heidelberg.
- Guo, L.S. y He, Y.S. (1999). «Integrated Multi-criterial Decision Model: a Case Study for the Allocation of Facilities in Chinese Agriculture». *J. Agric. Engng. Res.*, 73:87-94. Available at: <http://www.idealibrary.com>.
- Hansen, B.; Alrøe, H.F. y Kristensen, E.S. (2001). Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 83:11-26.
- Hernández, A. y Cardells, F. (1999). *Aplicación del método de las jerarquías analíticas a la valoración del uso recreativo de los espacios naturales de Canarias*. Available at: <http://www.gobcan.es/medioambiente/revista/1999/13/61/index.html>.
- INIA-Chile (1997). *Adaptación del Análisis Multicriterio al Seguimiento y Evaluación de Programas de Forestación Rural en la X Región, Chile*. Project abstract available at: <http://www.rimisp.cl/proyectos/97/programa%20de%20mejoramiento/proprecib/p13.html>
- Kato, N. y Kunifuji, S. (1997). «Consensus-making support system for creative problem solving». *Rev. Knowledge-Based Systems*, 10:59-66.
- Kim, S.H. y Ahn, B.S. (1997). «Group decision making procedure considering preference strength under incomplete information». *Computers Operational Research*, 24(12):1101-1112.
- Kim, S.H.; Choi, S.H. y Ahn, B.S. (1998). «Interactive group decision process with evolutionary database». *Decision Support Systems*, 23(4):333-345.
- Lampkin, N. y Padel, S. (eds.) (1994). *The Economics of Organic Farming*. CAB International. Wallingford.
- Mainuddin, M.; Das Gupta, A. y Onta, P.R. (1997). «Optimal crop planning model for an existing groundwater irrigation project in Thailand». *Agricultural Water Management*, 33:43-62.
- MAPA (2001). *Estadísticas 2000. Agricultura Ecológica. España*. MAPA. Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de Alimentación. Subdirección General de Denominaciones de Calidad y Relaciones Interprofesionales y Contractuales. Madrid.
- Mawampanga, M.N. y Debertin, D.L. (1996). Choosing between alternative farming systems: an application of the analytic hierarchy process. *Agricultural Economics*, 18(3):385-401.
- Moreno Jiménez, J.M. (1997). Priorización y toma de decisiones ambientales. *Actas del I Encuentro Iberoamericano sobre Evaluación y Decisión Multicriterio*. Santiago de Chile. Julio, pp. 113-145.
- Moreno Jiménez, J.M. (1998). «Una aproximación multicriterio en la selección entre alternativas ambientales. El proceso analítico jerárquico». En: Martínez, E. y Escudey, M. (eds.). *Evaluación Multicriterio: Reflexiones básicas y experiencias en América Latina*. Capítulo 8, 137-163. UNESCO — Universidad de Chile. ISBN: 956-7069-28-X.

- Moreno Jiménez, J.M. (2002). «El Proceso Analítico Jerárquico. Fundamentos. Metodología y Aplicaciones». En: Caballero, R. y Fernández, G.M. Toma de decisiones con criterios múltiples. *RECT@. Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*. Serie Monografías, núm. 1, 21-53.
- Moreno Jiménez, J.M.; Aguarón, J. y Escobar, M.T. (2001). «Metodología científica en valoración y selección ambiental». *Pesquisa Operacional*, 21:3-18. (Revista de la Sociedad Brasileña de Investigación Operativa).
- Moreno Jiménez, J.M.; Aguarón, J.; Escobar, M.T. y Turón, A. (1999). «The Multicriteria Procedural Rationality on SISDEMA». *European Journal of Operational Research*, 119(2):388-403.
- Munda, G. (2000). *Teoría de Evaluación Multicriterio: una breve perspectiva general*. Dpto. Economía e Historia Económica. Universitat Autònoma de Barcelona. Unpublished.
- Pacini, C.; Wossink, A.; Giesen, G. y Huirne, R. (2004). «Ecological-economic modelling to support multi-objective policy making: a farming systems approach implemented for Tuscany». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 102:349-364.
- Pacini, C.; Wossink, A.; Giesen, G.; Vazzana, C. y Huirne, R. (2003). «Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 95:273-288.
- Parra López, C. (2003). *Sistemas de producción ecológica, integrada y convencional en olivar: Estudio de difusión de innovaciones y evaluación multifuncional*. Tesis Doctoral. Departamento de Economía, Sociología y Política Agrarias. Universidad de Córdoba.
- Parra López, C.; Calatrava R.J. y De Haro G.T. (2004). *Análisis multifuncional de sistemas agrarios: Aplicación del método del Proceso Analítico Jerárquico al olivar de producción convencional, ecológica e integrada en Andalucía*. Ed. Unicaja. España.
- Peterson, D.L.; Silsbee, D.G. y Schmoltdt, D.L. (1995). *A Planning Approach for Developing Inventory and Monitoring Programs In National Parks*. U.S. Department of the Interior National Park Service. Available at: <http://www.nature.nps.gov/im/monitor/peterson.pdf>.
- Pirazzoli, C. y Castellini, A. (2000). Application of a Model for Evaluating the Environmental Sustainability of Cultures in Hill and Mountain Areas. *Agricultural Economics Review*, 1(1).
- Ramanathan, R. y Ganesh, L.S. (1994). Group Preference Aggregation Methods employed in AHP: An Evaluation and an Intrinsic Process for Deriving Member's Weightages. *European Journal of Operational Research*, 79:249-265.
- Rasul, G. y Thapa, G.B. (2004). Sustainability of ecological and conventional agricultural systems in Bangladesh: an assessment based on environmental, economic and social perspectives. *Agricultural Systems*, 79:327-351.
- Reyna, D.S. y Cardells, R.F. (1999). «Valoración AHP de los ecosistemas naturales de la Comunidad Valenciana». *Revista Valenciana D'Estudis Autònoms*, 57, 2.º trimestre. Valencia. España.
- Rigby, D.; Woodhouse, P.; Young, T. y Burton, M. (2001). «Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice». *Ecological Economics*, 39:463-478.
- Saaty, T.L. (1977). «A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures». *Journal of Mathematical Psychology*, 15:234-281.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill, New York. Reprinted in 1996 by RWS Publications, Pittsburgh.
- Saaty, T.L. (1989). «Group Decision Making and the AHP». En: Golden, B.L. et al. (eds.). *The Analytic Hierarchy Process. Applications and Studies*. Springer-Verlag. Berlin, pp. 59-67.

- Saaty, T.L. (1994). *The Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. Vol. VI, AHP Series. RWS Publications. 527 págs.
- Saaty, T.L. (1996). *The analytic network process*. RWS Publications, Expert Choice, Inc.
- Saaty, T.L. (1997). *Toma de decisiones para líderes: El proceso analítico jerárquico para la toma de decisiones en un mundo complejo*. RWS Publications.
- Sánchez Jiménez, S. (1999). *El control de costes en el cultivo del olivar*. Tesis Doctoral. Dpto. Administración de Empresas, Contabilidad y Sociología. Universidad de Jaén. España.
- Shih, H.S.; Wang, C.H. y Lee, E.S. (2004). «A multiattribute GDSS for aiding problem-solving». *Mathematical and Computer Modelling*, 39(11-12):1397-1412.
- Shirani, A.; Aiken, M. y Paolillo, J.G.P. (1998). «Group decision support systems and incentive structures». *Information & Management*, 33(5):231-240.
- Stolze, M.; Piorr, A.; Häring, A. y Dabbert, S. (2000). *The environmental impact of organic farming in Europe*. Organic Farming in Europe: Economics and Policy, Vol. 6. University of Hohenheim, Germany.
- Universidad de Chile (1998). *El Impacto del Proceso de Modernización Agrícola en el Recurso Suelo por la Práctica de Cultivos en Laderas: Metodología Multicriterio*. Available at: <http://www.rimisp.cl/proyectos/97/programa%20de%20mejoramiento/proprecib/p15.html>.
- Wells, A.T.; Chan, K.Y. y Cornish, P S. (2000). «Comparison of conventional and alternative vegetable farming systems on the properties of a yellow earth in New South Wales». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 80:47-60.
- Yeh, J.M.; Kreng, B. y Lin, C. (2001). «A consensus approach for synthesizing the elements of comparison matrix in the Analytic Hierarchy Process». *International Journal of Systems Science*, 32(11):1353-1363.
- Zahir, S. (1999a). «Geometry of decision making and the vector space formulation of the analytic hierarchy process». *European Journal of Operational Research*, 112(2):373-396.
- Zahir, S. (1999b). «Clusters in a group: Decision making in the vector space formulation of the analytic hierarchy process». *European Journal of Operational Research*, 112:620-634.