

Conservación y eficiencia productiva: impacto de los programas agro-ambientales en la eficiencia de las explotaciones cerealistas de secano¹

J. Barreiro-Hurlé*,¹, J.M. Martínez-Paz**, M. Espinosa-Goded*

* Área de Economía y Sociología Agraria (AESA), Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) – Junta de Andalucía, Centro Camino de Purchil, Apdo de Correos 2027, 18080 Granada

** Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo - 30100 Murcia

¹ Autor al que debe dirigirse la correspondencia, Tel. 00 34 958 895 260. Fax. 00 34 958 895 203, Correo-e: jesus.barreirohurle@gmail.com

Resumen

En este trabajo se estudia la eficiencia técnica de producción de las explotaciones agrarias y su relación con la participación en un programa agroambiental específico existente en Andalucía. Así, en primer lugar se construye una función frontera de producción, mono-output y multi-input mediante la técnica del Análisis Envoltante de Datos (DEA), evaluando la eficiencia técnica relativa del conjunto de 128 explotaciones cerealistas de secano. Los resultados obtenidos muestran para la totalidad de las explotaciones un nivel de eficiencia técnica pura alto (83%), pero con presencia de economías de escala decrecientes que dan lugar a una eficiencia de escala media (74%), con lo que la eficiencia técnica global alcanza un nivel medio (59%). En segundo lugar se realiza un análisis comparativo de la eficiencia entre los agricultores participantes y no en programas agroambientales, del que cabe destacar como las explotaciones acogidas tienen un nivel de eficiencia técnica pura significativamente inferior respecto a las no acogidas. Un análisis más profundo de los factores que inciden en la eficiencia técnica pura, utilizando un modelo de regresión censurada, rebaja dicho diferencial a la mitad, al considerar otros factores de las explotaciones que también inciden en los niveles de eficiencia medidos.

Palabras clave: Agricultura, Conservación de la Naturaleza, Análisis Envoltante de Datos, Medida de Barbecho Agroambiental, Granada, Andalucía.

Summary

Impact of agri-environmental scheme participation on dry-land cereal farms' efficiency

This paper analyses farm productive technical efficiency and its relationship with enrolment in an agri-environmental program in Andalucía (Spain). First, a mono-output multi-input production frontier function is estimated for 128 dry-land cereal farms using data envelopment analysis (DEA). The results obtained show high efficiency indexes for all farms (83%). However, scale efficiency is lower (74%) due to the presence of decreasing economies of scale, which leads to medium global efficiency in the

¹ El presente trabajo ha sido financiado por el INIA-MICCIN y los fondos comunitarios FEDER en el marco del proyecto DISOPTIPOL (RTA2005-020). JBH participa en el programa de incorporación de doctores al sistema INIA-CCAA parcialmente financiado por el FSE. Los autores quieren agradecer los comentarios realizados por dos revisores anónimos a la versión original remitida a la revista. Dichos comentarios han permitido mejorar la presentación del artículo publicado, por supuesto, cualquier error que persista en éste es responsabilidad única de los autores.

agro-ecosystem (59%). When considering the impact of agri-environmental programs, comparing efficiency levels between enrolled and non-enrolled farm a significant difference is found, with lower efficiency indexes found for participating farms. When considering additional factors that can explain efficiency differences, these are reduced although significant negative impacts are still associated with participation in agri-environmental schemes

Key words: Agriculture, nature conservation, Data Envelopment Analysis, Agri-environmental fallow scheme, Granada, Andalusia, Spain.

Introducción y objetivos

La última reforma de la política agraria comunitaria (PAC), el denominado acuerdo de Luxemburgo (CUE, 2003), supone un nuevo empuje hacia una agricultura más competitiva en los mercados internacionales compatible con asegurar el mantenimiento de un sector agrario europeo que preserve sus características positivas con respecto al medio ambiente y el desarrollo del mundo rural, la denominada multifuncionalidad de la agricultura (Gómez-Limón y Barreiro-Hurlé, 2007). Como una de las herramientas principales para conseguir sus objetivos, esta reforma introducía la condicionalidad, lo cual implica que para poder recibir cualquier tipo de pagos directos, las explotaciones deben cumplir con una serie de requisitos ambientales, agrarios y de bienestar animal. La introducción de esta herramienta ha supuesto un cambio sustancial en el diseño de las medidas agro-ambientales ya que desde la misma, los requisitos necesarios para que una medida sea aprobada deben estar por encima de la condicionalidad (Kristensen y Primdahl, 2006). El objetivo del presente trabajo intenta evaluar la compatibilidad de estos dos objetivos desde un punto de vista de análisis de la eficiencia, analizando los posibles efectos que la implementación de las medidas agro-ambientales tiene sobre la competitividad de las explotaciones agrarias.

Las medidas agro-ambientales han sido la principal herramienta para incentivar la mejora de la relación entre agricultura y

medio ambiente en la Unión Europea. Desde su puesta en marcha en 1992 se ha ido incrementado su presencia en la política agraria llegando a suponer en la actualidad un gasto anual de 3.700 millones de euros y afectando a más de 35 millones de hectáreas en el conjunto de la UE-15 (DG AGRI, 2006). Estas medidas son de carácter voluntario y los agricultores que se acogen a las mismas implementan una serie de prácticas tendentes a mejorar el estado del medio ambiente a cambio de un pago anual, calculado como lucro cesante o costes adicionales. Casi todos estos programas agroambientales han sido dirigidos a una gestión más extensiva de la actividad agraria reduciendo la cantidad de inputs utilizados. Es de esperar que en el futuro, a pesar del cambio en los derechos de propiedad sobre el impacto ambiental que supone la condicionalidad, su peso siga siendo significativo. En un contexto de reforma de la política agraria hacia una mayor competitividad de las producciones parece relevante investigar el efecto que dichas medidas tienen sobre la eficiencia productiva de las explotaciones y si es compatible la supervivencia de las explotaciones que siguen modelos de producción respetuosos con el medio ambiente en entornos sin apoyo público.

El estudio de la eficiencia en el sector agrario tiene una amplia tradición, tal y como queda de manifiesto en los meta-análisis que sobre este tipo de trabajos realizan Bravo-Ureta y Pinheiro (1993), que analizan 39 casos, Abdourahmane *et al.* (2001), que

recogen 51 estimaciones de eficiencia técnica proveniente de 32 trabajos o el más reciente de Bravo-Ureta *et al.* (2007) que analiza 167 estudios de eficiencia técnica a nivel de explotación. En España estos trabajos son relativamente menos abundantes, destacando sin duda los dedicados al estudio de la eficiencia de las explotaciones lecheras y ganaderas, entre los que cabe señalar los de Alvarez y González (1999), Cuesta (2000), Alvarez y Arias (2004), Orea *et al.* (2004) o Iraizoz *et al.* (2005). Otros análisis de eficiencia técnica a nivel de explotación para la agricultura española son los de Iraizoz *et al.* (2003), horticultura Navarra, Rodríguez *et al.* (2004), regadío andaluz según los distintos distritos de riego, Colino y Martínez (2007), horticultura intensiva de la Región de Murcia, o Amores y Contreras (2007), olivar andaluz según tipologías de explotaciones.

Sin embargo la interacción entre eficiencia y medio ambiente ha sido menos estudiada. Cabe citar la revisión de Tyteca (1996), que realiza un repaso de los métodos de análisis utilizados hasta el momento en el estudio de la relación eficiencia y parámetros ambientales. Piot-Lepetit *et al.* (1997) analizan el potencial de reducción de usos de fertilizantes y pesticidas (externalidades negativas en cuanto a contaminación) manteniendo el output constante para sistemas cerealistas en Francia. En sus conclusiones resaltan la posibilidad de conseguir beneficios ambientales sin necesidad de compensar por pérdidas de rentas (el sistema en el que se basan los pagos agro-ambientales). Picazo-Tadeo y Reig-Martínez (2006 y 2007) han utilizado el DEA para evaluar distintos aspectos del impacto ambiental de la producción de cítricos. Por un lado analizan el impacto sobre los beneficios empresariales de las explotaciones de una regulación obligatoria sobre reducción de inputs contaminantes (nitrógeno) y su posible compensación vía ganancias en eficiencia. Sus resultados demuestran que en muchos

casos la restricción económica asociada a la disminución de contaminación puede ser compensada con ganancias en eficiencia. A partir de este análisis, comparan la eficiencia de distintos instrumentos económicos para llegar a la disminución de contaminación deseada y, observan como un impuesto sobre el input no deseado tiene unos costes de regulación mucho más elevados que simplemente extendiendo el uso de buenas prácticas agrarias. Por su parte, Piot-Lepetit y Le Moing (2007) analizan la senda de evolución de la eficiencia tras la implantación de la directiva de nitratos en el sector porcino francés, sus resultados refuerzan los obtenidos en los modelos estáticos anteriormente citados, mostrando como, tras la introducción de la restricción ambiental, las explotaciones aumentaron su eficiencia para más que compensar los costes adicionales asociados a la misma.

Como antecedente directo al estudio de la eficiencia en el contexto de programas agro-ambientales cabe citar el trabajo de Latacz-Lohman (2004). En este trabajo se propone el análisis de eficiencia como alternativa al análisis coste beneficio para evaluar las medidas agroambientales. Este desarrollo teórico considera un modelo multi-output (que incluiría un output ambiental en el caso de que el programa buscara aumentar la provisión de bienes públicos) y multi-input (que incluiría un input ambiental en el caso de que el programa buscara minimizar la generación de males públicos). Su enfoque sería similar al que se ha venido realizando para la agricultura ecológica, entendida como alternativa tecnológica más que como programa agro-ambiental, donde la eficiencia mono-output de la agricultura tradicional es superior a la ecológica pero al considerar como output complementario la diversidad biológica, la diferencia en la eficiencia se vuelve positiva para los productores ecológicos (Arandia y Aldanondo, 2007; Sipiläinen *et al.*, 2008).

Debido a la complejidad asociada a la obtención de medidas sobre los beneficios o costes ambientales asociados con medidas agro-ambientales este enfoque es difícilmente aplicable, especialmente cuando sus beneficios no se relacionan con un input determinado (i.e. uso de nitrógeno). Para superar esta falta de datos sobre impactos ambientales, se puede analizar las diferencias en eficiencia existentes entre distintos grupos de agricultores. Este es el enfoque seguido por Barnes (2006) quien identifica el impacto de la actitud ante la multifuncionalidad en la eficiencia de las explotaciones lácteas en Escocia. Sus resultados, basados en un análisis de segunda etapa, concluyen que la eficiencia productiva de las explotaciones aumenta cuanto más positiva es la actitud hacia la multifuncionalidad y menos hacia una visión meramente productivista de la actividad ganadera. Esta relación, a primera vista contra-intuitiva, se justifica en una gestión basada en la minimización de inputs, resultados similares a los presentados tanto por Picazo-Tadeo y Reig-Martínez (2006) como por Lepetit *et al.* (1997).

En el presente trabajo se opta por una aproximación que mejora el análisis de Barnes (2006) utilizando un indicador de comportamiento frente a los indicadores de actitud utilizados por este autor. Es decir, se contrasta el impacto sobre la eficiencia de la participación real en programas agro-ambientales. Sin embargo, este enfoque no llega a replicar el modelo teórico propuesto por Latacz-Lohman (2004) dado que se carece de un indicador del output que intenta potenciar el programa agro-ambiental que permitiera llegar a desarrollar un modelo multi-output que comparase eficiencia productiva y eficiencia ambiental para los participantes y no participantes en programas agro-ambientales. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es cuantificar el impacto en la eficiencia productiva de la participación en los mismos. Si este impacto fuera significativo y negativo, el enfoque de Latacz-Lohman (2004) cobraría

aún más importancia, sin embargo si la participación en programas agro-ambientales no tiene un efecto significativo en la eficiencia técnica el debate dejaría de ser relevante.

El resto del trabajo se estructura de la manera siguiente. En primer lugar se describe el caso de estudio seleccionado para comprobar las hipótesis propuestas así como el cuestionario utilizado y los fundamentos del análisis de eficiencia aplicado. Seguidamente se presentan los resultados obtenidos tanto para el análisis de eficiencia como para la identificación de factores de eficiencia para terminar el trabajo con una serie de conclusiones derivadas de los resultados así como futuras líneas de investigación

Metodología

Datos y variables

Las consideraciones anteriormente expuestas han sido contrastadas para una medida agro-ambiental del periodo de programación 2000-2006 en Andalucía. En concreto la medida escogida es la del barbecho agro-ambiental (MBA). Los principales requisitos de esta medida quedan recogidos en la tabla 1. En general esta medida puede ser clasificada como poco exigente en cuanto a las prácticas de manejo requeridas para su implementación. Los requisitos se asemejan al manejo tradicional existente en las zonas de secano extremo en Andalucía y la compensación asociada a la sub-medida 1 es suficiente para compensar los costes de sub-contratación de la maquinaria necesaria para picar la paja. El único factor potencialmente limitante para que los agricultores no se acojan a esta medida está asociado a la carga ganadera (Barreiro-Hurlé y Espinosa-Goded, 2007a).

El trabajo de campo se ha llevado a cabo en las comarcas de Baza, Guadix y Huéscar en

Tabla 1. Requisitos de la medida Barbecho Agroambiental
Table 1. Environmental fallow measure requirements

| | | |
|--------------|---|---|
| Requisitos | Explotaciones en comarcas IB > 10 Explotaciones con superficie agraria útil de herbáceos en secano Superficie mínima de acogida: 1 hectárea | |
| Compromisos | Medida | Mantener el cuaderno de explotación Mantener la superficie de rastrojo al menos cinco meses No utilizar productos fitosanitarios durante el periodo de no cultivo La carga ganadera no podrá superar el 80% de la máxima que le corresponde según el Código de Buenas Prácticas Agrarias (1 UGM/ha) Prohibición de cosechar por la noche |
| | Submedida 1 (adicional) | No levantar el rastrojo del cereal en todas las parcelas destinadas al barbecho medioambiental Picar y dejar la paja del cereal sobre el terreno, en al menos el 50% de la superficie de dichas parcelas El periodo de pastoreo en la rastrojera del cereal no podrá exceder de tres meses, ni ser de tal intensidad que deje el suelo desnudo y desprotegido frente a la erosión |
| Compensación | Medida | 40,87 €/ha y año |
| | Submedida | 19,26 €/ha y año |

Fuente: BOE (2002) y elaboración propia
Source: BOE (2002) and own elaboration.

la provincia de Granada. Esta provincia representa el 45% de los pagos totales de esta medida en Andalucía y además es la única provincia andaluza donde el peso de los programas de extensificación se asemeja a la media del resto del país (Andalucía 2%; Gra-

nada 8%, Media general para España 14%). La tabla 2 recoge los principales datos respecto a la población objetivo del estudio (explotaciones elegibles para la medida) diferenciando entre acogidos y no acogidos a la MBA.

Tabla 2. Tamaño de la población objetivo, tamaño muestral y distribución entre acogidos y no acogidos
Table 2. Objective population size, sample size and sample distribution between enrolled and non-enrolled farmers

| | Acogidos | | No acogidos | | Total | |
|---------|-----------|---------|-------------|---------|-----------|---------|
| | Población | Muestra | Población | Muestra | Población | Muestra |
| Baza | 69 | 21 | 742 | 63 | 811 | 84 |
| Guadix | 188 | 59 | 829 | 55 | 1.017 | 114 |
| Huéscar | 131 | 40 | 874 | 62 | 1.005 | 102 |
| Total | 388 | 120 | 2.445 | 180 | 2.833 | 300 |

Fuente: elaboración propia a partir del Censo Agrario de 1999 y los informes de seguimiento de las medidas agro-ambientales en Andalucía
Source: Own elaboration using 1999 Agricultural Census and Agri-environmental scheme monitoring reports for Andalusia.

Como se puede observar esta medida ha tenido un porcentaje de acogida del 16% respecto a agricultores, cifra que se reduce al 4,5% si nos fijamos en la superficie elegible total. Comparando las cifras de agricultores acogidos con los datos disponibles para el conjunto de la comunidad autónoma y del país, podemos observar que a pesar de ser bajo, es bastante superior a la media de ambos (6% y 5% respectivamente, Barreiro-Hurlé y Espinosa-Goded, 2007b).

El cuestionario utilizado fue redactado por el equipo de investigación tras una revisión de la literatura sobre adopción de programas agroambientales y la estructura productiva del sector agrario en la zona de estudio. Una primera versión fue probada en con una muestra de cinco agricultores lo que llevó a algunos cambios en las preguntas para asegurar una comprensión homogénea por parte de los agricultores. Los agricultores encuestados se eligieron de manera aleatoria para cada estrato (agricultores acogidos y no acogidos en cada municipio). El trabajo de campo fue llevado a cabo durante el periodo Junio - Agosto de 2006 mediante entrevistas personales realizadas por encuestadores con formación agronómica y que previamente habían recibido formación específica por parte de los miembros del equipo de investigación.

El cuestionario recogía tres tipos de información. En primer lugar se buscaba caracterizar las explotaciones en su vertiente productiva tanto en inputs como en outputs, seguidamente se preguntaban una serie de cuestiones respecto a actitudes y opiniones respecto a la política agroambiental y la participación de las explotaciones en la misma. Por último se obtenían una serie de datos socio-demográficos para caracterizar al titular de la explotación. Del total de las encuestas realizadas solo se han podido utilizar 128, ya que en el resto faltaba información sobre alguna variable necesaria para el

cálculo del modelo de eficiencia o/y el análisis de segunda etapa. Con este tamaño muestral, el error de muestreo del total de 2.833 explotaciones se encontraría entre el 5,3% (proporciones extremas) y el 8,8% (proporciones intermedias) para el caso de una variable binaria, por lo que pese que los análisis presentados en este trabajo no buscan directamente inferencias poblacionales, el rango de error permitirá realizarlas.

El Análisis Envolvente de Datos (DEA)

El concepto básico utilizado en el análisis de la eficiencia es el de frontera de producción (Coelli et al., 1998), a partir del cual se comparan los niveles de inputs utilizados y los niveles de outputs obtenidos por cada unidad de producción (DMU) con aquellos que se corresponderían con la aplicación totalmente eficiente de la tecnología de producción existente. De esta manera, la divergencia entre ambos puede ser considerada una medida de la eficiencia relativa en la que opera cada DMU. Para construir las fronteras eficientes respecto a las cuáles se evaluará la eficiencia existen distintas alternativas, éstas pueden ser agrupadas en torno a dos grandes familias en función de la técnica utilizada (Fried et al., 1993). En primer lugar están las denominadas técnicas econométricas, que parten de la estimación de una forma funcional a partir de las observaciones disponibles, incorporando las modificaciones necesarias para lograr la característica de frontera. El segundo gran grupo son las Técnicas de programación matemática, que no imponen ninguna restricción sobre la forma funcional de la frontera, aunque implica la no separabilidad de los efectos aleatorios sobre la producción de los efectos de la existencia de ineficiencias (Seiford y Thrall, 1980).

La opción elegida para el presente trabajo, el Análisis Envolvente de Datos (DEA), se

encuentra dentro este segundo grupo. El DEA permite evaluar la eficiencia de cada DMU que producen uno o varios outputs a partir de un conjunto común de inputs. La eficiencia de cada unidad se define como el cociente de la suma ponderada de outputs respecto a la suma ponderada de inputs, tal que la misma no es evaluada respecto a una frontera de producción ideal, sino por comparación con las unidades más eficientes de la muestra. Por lo tanto, el concepto usado en todo el análisis es una medida de eficiencia relativa. Sus fundamentos teóricos fueron propuestos por Charnes *et al.* (1978) a partir de la formulación realizada por Farrell (1957) de la isocuanta unitaria, siendo numerosas las extensiones y modificaciones que con posterioridad surgen en lo relativo a la orientación de la medida o la asunción de distintos tipos de escalas en la producción (Seiford, 1996). Por lo que se refiere a la orientación de la eficiencia relativa puede realizarse enfrentando la producción observada y la máxima alcanzable dado un nivel de factores (orientación al output) o considerar el mínimo de factores requeridos y los factores realmente observados para el nivel de producto obtenido (orientación al input). El objetivo de este análisis es obtener una medida de la menor distancia posible, en un espacio de tantas dimensiones como inputs existan en el modelo, entre los parámetros que caracterizan a la DMU en estudio y los mejores resultados del grupo analizado. A través de esta distancia se puede medir la eficiencia de cada DMU, definida como el porcentaje de la distancia existente entre el valor observado y su valor óptimo, siendo éste el obtenido a partir de las explotaciones más eficientes de entre todas las del grupo.

Por lo que se refiere a la existencia de diversos tipos de escala en la producción, la técnica DEA contempla en su formulación la posible existencia de rendimientos de escala

variables, lo cual permite, además de identificar la eficiencia técnica total (CRS), descomponer la misma en dos componentes: la eficiencia técnica pura (VRS) y la eficiencia de escala (SE). El lector interesado en un desarrollo completo de todos los aspectos de esta técnica, su formulación y extensiones puede dirigirse a alguna de las muchas referencias existentes en la actualidad, como por ejemplo Färe *et al.* (1994) y Álvarez (2001).

Una vez calculados los índices de eficiencia relativos para cada DMU, es frecuente realizar una segunda etapa en el análisis. En esta segunda etapa se intentan relacionar los índices de eficiencia calculados con otras variables de las DMU y, que a priori, se considera puedan estar asociadas con una mejor o peor gestión de los recursos. Estas variables son los denominados factores de eficiencia (Fried *et al.*, 1999). El objeto de dicho análisis es el de encontrar patrones de comportamiento entre las DMU más eficientes, derivándose de éstos líneas de acción que pudieran ser implementadas de cara a mejorar los niveles de eficiencia del conjunto de DMU del sector o a identificar efectos que sobre la eficiencia puedan tener algunas decisiones empresariales.

En el presente trabajo, y dado que su objetivo básico es relacionar la eficiencia con el acogimiento a programas agroambientales, el primer análisis que se ha realizado es estudiar si existe relación entre los índices de eficiencia calculados para cada explotación agraria y el hecho de que estar o no acogidos a programas agroambientales. Dado el carácter no normal de los índices de eficiencia, es necesario utilizar pruebas no paramétricas, y por tanto en este trabajo se ha optado por el test de rangos de Mann-Whitney (Lehmann, 1985).

En segundo lugar se ha estudiado la incidencia sobre el índice de eficiencia técnica pura

(θ_{VRS}) de un conjunto de variables de las que se disponía información, y que no han sido utilizadas en la construcción de la frontera. El método elegido, dada la naturaleza acotada tanto superior como inferiormente del índice de eficiencia, ha sido una regresión tobit doblemente censurada, que es, junto con el uso de métodos de bootstrap para muestras con pocas unidades muestrales, la alternativa de estimación necesaria para evitar el problema de estimadores sesgados asociado al uso de regresiones MCO en este tipo de datos (Simar y Wilson, 2007). Por tanto en la aplicación se ha estimado un modelo de regresión truncada donde la variable dependiente es el índice de eficiencia técnica pura (θ_{VRS}), que se explica en base a un conjunto de factores de eficiencia (X_{fe}).

$$\begin{aligned} \theta_{VRS} &= F(\beta, X_{fe}) + \varepsilon \\ \varepsilon &\in N(0, \sigma^2) \\ (0 \leq \theta_{VRS} \leq 100) \end{aligned} \quad [1]$$

Resultados

Estimación de la eficiencia

Para el cálculo de la eficiencia de las explotaciones agrarias encuestadas siguiendo la formulación presentada en el apartado de metodología, se ha considerado una función de producción con un output y cuatro inputs. Como output se ha considerado la producción bruta de cereal (PROD). Dicha producción se ha calculado como el rendimiento medio declarado por los agricultores multiplicado por la superficie de este cultivo de cada explotación. Los cuatro inputs usados son la superficie dedicada a trigo de secano (SUP) medida en hectáreas, la mano de obra utilizada en la explotación para el cereal de secano, distinguiendo entre mano de obra asalariada

(MOA) y mano de obra familiar (MOF), ambas medidas en jornales equivalentes año, y la maquinaria utilizada en la explotación de cereal, tanto en propiedad como arrendada, (MAQ) medida en caballos vapor.

Esta formulación puede ser entendida como representativa de una función de producción clásica, incorporando los inputs de tierra (SUP), trabajo (MOA y MOF) y la capital (MAQ). Los inputs considerados son los característicos del proceso de producción que se viene analizando y que resultan diferenciales entre las explotaciones analizadas. Otras variables, que formarían parte de una función técnica de producción (calidad de los factores, nitrógeno, etc.) no se incluyen en la determinación de la frontera, ya que su elevadísima homogeneidad en toda la muestra no aportaría información adicional. A pesar de que la tierra suele ser considerada como un factor de producción fijo, en la especificación elegida se la define como input variable ya que los agricultores tienen la posibilidad de actuar sobre la dotación de la misma en el corto plazo. Los agricultores tienen la opción de retirar parte de la superficie de cultivo de cereal y acoger la misma a la política de barbecho voluntario adicional. Así mismo, se ha optado por la división de la mano de obra en dos tipos, asalariada y familiar, por la diferente calidad de trabajo que *a priori* se supone a ambos tipos, además del factor cualitativo que supone el uso de mano de obra asalariada, en el sentido de asociar su presencia a explotaciones con mayor carácter empresarial (Traore *et al.*, 1998). Respecto a la maquinaria, ésta ha medido como la potencia total de tracción del parque de la explotación o de la maquinaria arrendada, en caballos vapor, lo que permite homogeneizar en una unidad toda la casuística existente en este input.

La tabla 3 recoge una estadística descriptiva de las variables que intervienen en la

Tabla 3. Estadística descriptiva de los inputs y output considerados
 Table 3. Descriptive statistics for inputs and outputs considered

| Muestra completa (N = 128) | | | | |
|------------------------------------|-----------|----------|------------|-----------|
| Variable (unidad) | Media | Mínimo | Máximo | Std. Dev |
| PROD (kg) | 41.122,59 | 948,00 | 294.000,00 | 45.755,50 |
| MAQ (CV) | 43,18 | 1,10 | 227,96 | 39,07 |
| MOA (Jornales) | 7,25 | 0,00 | 112,00 | 18,95 |
| MOF (Jornales) | 65,81 | 0,00 | 226,67 | 61,59 |
| SUP (has) | 30,99 | 0,79 | 207,00 | 34,24 |
| Explotaciones no acogidas (N = 73) | | | | |
| Variable (unidad) | Media | Mínimo | Máximo | Std. Dev. |
| PROD (kg) | 37.288,60 | 948,00 | 180.000,00 | 34.030,84 |
| MAQ (CV) | 40,48 | 1,10 | 165,00 | 31,84 |
| MOA (Jornales) | 5,05 | 0,00 | 98,16 | 16,45 |
| MOF (Jornales) | 64,86 | 0,00 | 198,14 | 61,41 |
| SUP (has) | 28,71 | 0,79 | 150,00 | 27,34 |
| Explotaciones acogidas (N = 55) | | | | |
| Variable (unidad) | Media | Mínimo | Máximo | Std. Dev. |
| PROD (kg) | 46.211,35 | 1.920,00 | 294.000,00 | 57.735,42 |
| MAQ (CV) | 46,78 | 2,20 | 227,96 | 47,07 |
| MOA (Jornales) | 10,18 | 0,00 | 112,00 | 21,65 |
| MOF (Jornales) | 67,08 | 1,24 | 226,67 | 62,36 |
| SUP (has) | 34,02 | 1,60 | 207,00 | 41,77 |

Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta.
 Source: Own elaboration with survey data.

frontera, tanto a nivel agregado como en los dos grupos de explotaciones, según estén o no acogidos a la MBA.

Tomando como base las variables que se acaban de describir, se han estimado los índices de eficiencia para las 128 explotaciones de las que se disponía de información completa. Se ha optado por realizar una orientación al input, ya que acciones expansivas de este tipo de producciones carecen de sentido en el contexto edafo-climático

de la zona de estudio y la orientación productiva considerada (cereal en secano). Así se opta por analizar la posibilidad de optimizar el empleo de recursos existentes, desde la perspectiva de una posible reducción en el uso de inputs por parte de las explotaciones que resulten ineficientes.

La estadística descriptiva de los índices de eficiencia queda recogida en la tabla 4. En primer lugar es importante destacar el alto nivel de eficiencia técnica pura de las explo-

taciones estudiadas, con una media de 83,16 y una mediana de 100². Este dato es característico de tecnologías maduras y bien implementadas, por lo cual se puede considerar que la orientación técnica de cereal en secano es una tecnología de estas características. En este contexto, solo sería posible una reducción equiproporcional de los inputs apenas superior al 16% sin modificar los actuales niveles de producción. Sin embargo, el índice de eficiencia de escala³ es medio (74,36%), indicativo de un mal dimensionamiento de las explotaciones. Ello implica que las explotaciones podrían mejorar significati-

vamente su productividad mediante ganancias en escala; dado que prácticamente la totalidad de las explotaciones ineficientes en escala (el 92%) operan en la zona de rendimientos decrecientes. Este resultado señalaría que la búsqueda del óptimo técnico debe implicar una reducción de la dotación factorial relativa, adicional a la ya señalada por los niveles de eficiencia técnica pura. La combinación de ambas medidas, técnica pura (elevada) y escala (media-baja), hace que el nivel de eficiencia técnica total sea medio.

Como complemento a la información anterior, la tabla 5 recoge la distribución de la

Tabla 4. Estadística básica de los índices de eficiencia
 Table 4. Efficiency Indexes descriptive statistics

| | Media | Mediana | Mínimo | Máximo | Std. Dev. |
|---|-------|---------|--------|--------|-----------|
| θ_{VRS} Eficiencia Técnica Pura | 83,16 | 100,00 | 27,99 | 100 | 24,43 |
| θ_{CRS} Eficiencia Técnica Total | 59,17 | 54,55 | 26,67 | 100 | 19,05 |
| θ_{SE} Eficiencia de Escala | 74,36 | 69,81 | 40,00 | 100 | 19,44 |

Fuente: Elaboración propia a partir del modelo DEA.
 Source: Own elaboration with results of the DEA analysis

Tabla 5. Análisis de las explotaciones eficientes y no eficientes
 Table 5. Efficient and non-efficient farm analysis

| | Media (Todas) | Nº Eficientes (%) | Media (No eficientes) |
|---|---------------|-------------------|-----------------------|
| θ_{VRS} Eficiencia Técnica Pura | 83,16 | 82 (64,01%) | 53,16 |
| θ_{CRS} Eficiencia Técnica Total | 59,17 | 10 (7,8%) | 55,74 |
| θ_{SE} Eficiencia de Escala | 74,36 | 12 (9,38%) | 71,10 |

Fuente: Elaboración propia a partir del modelo DEA.
 Source: Own elaboration with results of the DEA analysis.

2 Con el fin de dar un valor de referencia, señalar que en el reciente meta-análisis de niveles de eficiencia del sector agrario realizado por Bravo-Ureta (2007) se presenta un valor medio del índice de eficiencia técnica 76,8 para los 23 estudios sobre las explotaciones de trigo que recoge, con un mínimo de 44,0 y un máximo de 97,2.

3 Esta medida va más allá de la consideración de escala en términos clásicos de extensión superficial, al ser una medida global de los retornos de todos los factores productivos. Así, un análisis de correlación simple entre la eficiencia en escala y la superficie de la explotación dedicada a cereal indica que existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre la superficie y la eficiencia de escala y técnica total, no así con la eficiencia técnica pura

muestra entre empresas eficientes y no eficientes. Como era de esperar, el número de empresas en la frontera cuando se asumen rendimientos a escala variables (VRS) es elevado, mientras que sólo doce explotaciones son totalmente eficientes en escala. Estas siete explotaciones resultan también eficientes desde una óptica de retornos constantes (CRS) y por tanto resultan ser totalmente eficientes. Aunque como se refleja en la tabla 5, en términos agregados la posible reducción media de inputs era baja, si consideramos solo las empresas ineficientes técnicamente esta aumenta considerablemente, pudiendo afirmar que algo más de un tercio de las explotaciones tienen un sobre-dimensionamiento en su dotación global de factores.

Eficiencia y programas agroambientales

Con los resultados presentados anteriormente se pueden acometer los análisis que conducen a la consecución del objetivo del trabajo, detectar el impacto sobre los índices

de eficiencia estimados del acogimiento de las explotaciones al programa agro-ambiental "barbecho tradicional". Un primer análisis consiste en dividir la muestra en función de que las explotaciones estuvieran o no acogidas a dicho programa en la campaña de referencia, y calcular los estadísticos medios de los índices de eficiencia para cada uno de los dos grupos, los resultados de este análisis quedan recogidos en la tabla 6.

De los resultados presentados se puede concluir que las explotaciones no acogidas al programa agroambiental son más eficientes, cuantificándose esta mayor eficiencia en 10,29 puntos porcentuales (11,75%). Esta diferencia se reduce a poco más de 5% al estudiar eficiencia técnica total, al tener las empresas acogidas una eficiencia de escala casi 5 puntos porcentuales más elevada.

Para detectar si estas diferencias son estadísticamente significativas se ha desarrollado un contraste de diferencia de medias entre ambos grupos. Los resultados de dicho contraste muestran que la eficiencia técnica

Tabla 6. Ratios de eficiencia: explotaciones acogidas vs no acogidas
Table 6. Efficiency ratios: enrolled vs non-enrolled farms

| | No Acogidas | | | | |
|---|-------------|---------|--------|--------|-----------|
| | Media | Mediana | Mínimo | Máximo | Std. Dev. |
| N = 73 | | | | | |
| θ_{VRS} Eficiencia Técnica Pura | 87,59 | 100,00 | 29,37 | 100,00 | 21,69 |
| θ_{CRS} Eficiencia Técnica Total | 61,45 | 57,91 | 27,45 | 100,00 | 19,43 |
| θ_{SE} Eficiencia de Escala | 72,27 | 65,34 | 40,58 | 100,00 | 19,15 |
| | Acogidas | | | | |
| | Media | Mediana | Mínimo | Máximo | Std. Dev. |
| N = 55 | | | | | |
| θ_{VRS} Eficiencia Técnica Pura | 77,30 | 100,00 | 27,99 | 100,00 | 26,75 |
| θ_{CRS} Eficiencia Técnica Total | 56,21 | 54,54 | 26,67 | 100,00 | 18,29 |
| θ_{SE} Eficiencia de Escala | 77,12 | 80,65 | 40,00 | 100,00 | 19,64 |

Fuente: Elaboración propia a partir del modelo DEA.
Source: Own elaboration with results of the DEA analysis.

pura es menor en las explotaciones acogidas que en aquellas que no lo están ($p < 0,05$), y que dicho efecto se trasmite a la eficiencia técnica total ($p < 0,10$), siendo no significativas la divergencias en cuanto a la eficiencia de escala (tabla 7).

Con el fin de profundizar en el estudio de las causas que originan estas diferencias de eficiencia se han calculado la productividades aparentes de cada uno de los inputs del modelo de eficiencia, que se presentan en la tabla 8,

tanto para la muestra total como para cada uno de los dos grupos respecto al acogimiento o no a los programas agroambientales.

Las diferencia entre las productividades aparentes no son estadísticamente significativas, ya en ninguno de los cuatro casos el test de rangos Mann-Whitney resulta significativo con $p < 0,10$. Con lo que podemos concluir que no es un factor productivo en particular el que genera las diferencia de eficiencias detectadas.

Tabla 7. Contraste de Mann-Whitney para diferencias de eficiencia entre explotaciones acogidas y no acogidas

Table 7. Mann-Whitney test for differences in efficiency for enrolled and non-enrolled farms

| | Z-stat | p-level |
|---|--------|---------|
| θ_{VRS} Eficiencia Técnica Pura | -2,198 | 0,028 |
| θ_{CRS} Eficiencia Técnica Total | -1,699 | 0,089 |
| θ_{SE} Eficiencia de Escala | -1,033 | 0,302 |

Fuente: Elaboración propia a partir del modelo DEA.
Source: Own elaboration with results of the DEA analysis.

Tabla 8. Estadística descriptiva de las productividades aparentes de los inputs
Table 8. Descriptive statistics for apparent productivity of considered inputs

| Variable (unidad) | Todas | | No acogidas | | Acogidas | |
|--------------------|----------|-----------|-------------|-----------|----------|-----------|
| | Media | Std. Dev. | Media | Std. Dev. | Media | Std. Dev. |
| PA_MAQ (kg/CV) | 935,49 | 440,14 | 840,03 | 421,53 | 1.005,12 | 507,36 |
| PA_MOA (kg/Jornal) | 4.055,51 | 4.322,29 | 3.735,57 | 3.356,70 | 4.385,50 | 4.983,28 |
| PA_MOF (kg/Jornal) | 1.389,67 | 4.098,95 | 1.679,18 | 3.692,51 | 2.544,58 | 4285,7 |
| PA_SUP (Kg/has) | 1.310,16 | 326,30 | 1.240,48 | 268,15 | 1.327,59 | 447,13 |

Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta.
Source: Own elaboration using survey data

Factores de eficiencia

De manera adicional, y como ya se expuso en el apartado de metodología, los trabajos sobre eficiencia permiten realizar un análisis

complementario para detectar aquellas características de la explotación o del agricultor que, sin formar parte de la función de producción, pueden explicar los niveles de eficiencia alcanzados por cada unidad. En

este trabajo, el análisis de segunda etapa permite, además de obtener el clásico perfil del empresario más eficiente, profundizar en el análisis de las diferencias en eficiencia técnica detectadas entre los acogidos y no acogidos. De esta forma se aísla el impacto que sobre la eficiencia tienen los programas agroambientales, al retirar la influencia de otras características propias de la explotación que también inciden en la misma.

Como variables independientes, o factores de eficiencia, se consideraron variables que recogían las orientaciones productivas de la explotación cuando no eran únicamente de cereal en secano. De éstas solo resultaron significativas la presencia de ganado y olivar, así como su especialización relativa en cereal. Así

mismo se consideró la posible influencia de la aversión al riesgo, tanto de manera subjetiva (clasificación del agricultor como pionero o conservador ante nuevas inversiones) como de manera objetiva (contratación o no de seguros agrarios). En ambos casos la relación no resultó ser significativa. Por último, además de las variables socio-demográficas reportadas, se consideraron el nivel de estudios reglados del agricultor y su evaluación subjetiva sobre el conocimiento sobre la PAC, dando en ambos casos resultados no significativos.

Los resultados de la estimación de la ecuación [1] quedan recogidos en la Tabla 9⁴, mantenido aquellos factores que resultaron significativos al nivel de 10%.

Tabla 9. Factores de eficiencia: estimación Tobit para θ_{VRS}
Table 9. Efficiency factors: Tobit estimation for θ_{VRS}

| Variable | Definición | Coefficiente | z-Stat. | p-valor |
|-----------|--|--------------|---------|---------|
| C | Término constante | 8,654 | 3,663 | 0,000 |
| ACOMBA | Explotación acogida al programa agroambiental (1 si acogida) | -4,756 | -1,745 | 0,081 |
| COOP_OPAS | Agricultor miembro asociaciones profesionales (1 si miembro) | -0,925 | -2,113 | 0,063 |
| EDAD | Edad del responsable de la explotación | -0,166 | -1,674 | 0,094 |
| GANADO | Explotación con presencia de ganado (1 si presencia) | -1,789 | -3,432 | 0,000 |
| FORM_AGRA | Agricultor posee formación agraria reglada (1 si posee) | 3,586 | 1,623 | 0,099 |
| AG_ECOL | Agricultor acogido a la agricultura ecológica (1 si acogido) | -2,076 | -3,061 | 0,002 |
| OLIVAR | Agricultor con actividad olivarera (1 si con actividad) | -4,287 | -3,372 | 0,001 |
| ING_CER | Ingresos de la explotación provenientes de la actividad cerealista (%) | -0,088 | -1,629 | 0,010 |

$R^2 = 0,3379 / N = 128$

Fuente: Elaboración propia con resultados del modelo DEA y datos de la encuesta
Source: Own elaboration with results of the DEA analysis and survey data.

4 Las variables incluídas en el modelo han sido contrastadas para detectar la presencia de multicolinealidad de cara a evitar el posible sesgo de los parámetros. Los resultados de los citados contrastes ha sido negativo por lo cual no ha sido necesario corregir las estimaciones

En primer lugar podemos identificar el perfil de agricultor más eficiente, que se correspondería con un agricultor joven, que no pertenece a asociaciones agrarias (cooperativas u organizaciones profesionales agrarias), no acogido a programas agroambientales, que no sigue prácticas de agricultura ecológica, cuya explotación no posee ganado propio ni parcelas de olivar, y que posee algún tipo de formación agraria reglada. A su vez las explotaciones ven caer sus niveles de eficiencia conforme la ratio de los ingresos de la misma que provienen de la venta del cereal aumenta. Por lo que se refiere al objetivo del trabajo, el hecho de estar o no acogido a programas agroambientales, el modelo confirma que los acogidos son menos eficientes en 4,7 puntos porcentuales que las que no lo están. Este impacto en la eficiencia es sensiblemente menor a la diferencia detectada de forma directa en el análisis de medias realizado en el apartado anterior, que se elevaba al más del doble (10,3 puntos)

Los resultados obtenidos están en línea con los presentados por Barnes (2006), quien también relaciona mejoras en eficiencia con la formación de los titulares de explotación y disminuciones con la pertenencia a cooperativas. Ferrier y Porter (1991) demuestran que la pertenencia a asociaciones cooperativistas produce unos niveles de eficiencia menor en los productores de leche de Estados Unidos. El trabajo de Dios-Palomares et al., (2003) también detecta, para explotaciones del Alto Guadalquivir, la relación positiva entre la eficiencia y la formación del responsable de la explotación. Respecto al efecto negativo sobre la eficiencia técnica en la producción de cereal de tener otros cultivos en la explotación, cabe señalar que en el mismo sentido parecen apuntar los resultados obtenidos por de Koeijer (2003), que analizando la eficiencia técnica por separado para cada producción en explota-

ciones pluricultivo (trigo, remolacha y patata) en Alemania, obtiene una relación inversa entre las eficiencia técnica en un cultivo y las eficiencias técnicas obtenidas para los otros dos.

Conclusiones

Los resultados presentados permiten concluir que existe un impacto negativo del acogimiento a programas agroambientales sobre la eficiencia, siendo dicho impacto reducido aunque significativo. Las explotaciones acogidas al programa de barbecho agroambiental son en media algo menos eficientes desde una óptica técnica pura que su contrafactual no acogidas, aunque compensan parcialmente esta brecha con una eficiencia en escala ligeramente superior. Así la diferencia de algo más de 10 puntos porcentuales en el índice de eficiencia técnica pura a favor de las explotaciones no acogidas se ve disminuida a menos de la mitad cuando se tienen en cuenta otros factores que, afectando a los niveles de eficiencia, también resultan diferenciales para los dos tipos de explotaciones que se vienen analizando. Las pérdidas de eficiencia detectadas parecen constatar que los programas agro-ambientales tienen un impacto limitado.

De estos resultados pueden derivarse dos recomendaciones sobre el diseño de la política agroambiental: una referida al cálculo de las primas compensatorias y otra a la complementariedad de la política agroambiental y otras políticas agrarias. Por lo que se refiere al cálculo de las primas, el reglamento 1698/2005 sobre Ayudas al Desarrollo Rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) (CUE, 2005) prevé en su artículo 39-4 que éstas deberán ser calculadas usando un enfoque de oferta basado en el lucro cesante y los costes adi-

cionales. La capacidad de incentivar a la participación de las primas calculadas de esta manera es limitada dado que la disposición a acogerse puede verse afectada por las actitudes ante el riesgo de los agricultores (Cooper y Signorello, 2007) y la posible existencia de costes fijos en el proceso de adopción (Barreiro-Hurlé et al., 2008). Los resultados presentados en este trabajo identifican una causa adicional a la no adecuación de este enfoque a la hora de calcular las primas, ya que estaría obviando los efectos que sobre la productividad tiene el acogimiento a programas agroambientales.

Por otro lado, de cara a mejorar la participación también sería posible combinar la política agroambiental con medidas tendientes a mejorar la competitividad de las explotaciones agrarias, al menos en el caso de estudio considerado. De esta manera se podría compensar el efecto negativo sobre la eficiencia derivado de acogerse a estos programas con las ganancias derivadas de los programas de modernización. Esta conclusión reforzaría la apuesta por una política de estructuras clásica como herramienta que favorece la multifuncionalidad de la agricultura, al menos en su vertiente ambiental, recogida en Atance et al. (2006). Por lo tanto, esta medida, junto con una labor de extensión agraria que favorezca la innovación, podría ser también una solución para la menor eficiencia de las explotaciones derivada de la escala no óptima de las mismas comentada en la presentación de resultados.

Sin embargo, los resultados obtenidos deben ser considerados con cautela ya que la medida evaluada es una medida escasamente restrictiva que ha desaparecido en el nuevo marco de programación del desarrollo rural en Andalucía. Los requisitos pueden asimilarse a las buenas prácticas agrarias y medioambientales actualmente en vigor dentro del marco de la reforma intermedia. Estudios sobre el impacto del coste de la condicionalidad han

estimado que su implementación supone una reducción del ingreso medio para los agricultores del 15% aunque con una gran variabilidad en función de las orientaciones productivas, y un mayor peso para el sector ganadero (Varela-Ortega y Simó 2007). Los resultados presentados permiten ver que dicha reducción de ingresos puede ser compensada con ganancias en eficiencia en la línea presentada por Picazo-Tadeo y Reig-Martínez (2006). Así mismo, el estudio de la eficiencia se ha centrado sólo en inputs y outputs comerciales, por lo cual sería necesario ver si una consideración más amplia de la eficiencia, en la línea de los trabajos sobre agricultura ecológica de Arandía y Aldanondo (2007) o Sipiläinen et al. (2008), confirmaría los mismos.

Como continuación lógica del presente trabajo cabe comprobar estos resultados con otras medidas agroambientales más exigentes, cuantificar el coste en eficiencia de la condicionalidad y en caso de que alguno de estos dos requisitos sí tuviera impactos significativos sobre la eficiencia productiva, contrastar si ésta estaría compensada con ganancias en eficiencia ampliada con outputs ambientales. Desde un punto de vista metodológico cabría ver si los resultados obtenidos son confirmados mediante la aplicación de otros enfoques distintos de análisis de la eficiencia, como puede ser un modelo DEA de programas o su extensión a modelos con variable de entorno en etapas sucesivas, tal y como los planteados en Dios-Palomares et al. (2006).

Referencias

- Abdourahmane T, Bravo-Ureta B, Rivas T, 2001. "Technical efficiency in developing country agriculture: a meta-analysis". *Agricultural Economics*, 25: 235-243.
- Álvarez A, González E, 1999. "Using cross-section data to adjust technical efficiency indexes esti-

mated with panel data". *American Journal of Agriculture Economics*, 81: 894-901.

Álvarez A (Ed.), 2001. *La medición de la eficiencia y la productividad*. (Madrid, Ed. Pirámide).

Álvarez A, Arias C, 2004. "Technical efficiency and farm size: a conditional analysis". *Agricultural Economics* 30: 241-250.

Amores AF, Contreras I, 2007. "New approach for the assignment of new European agricultural subsidies using scores from data envelopment analysis: Application to olive-growing farms in Andalusia (Spain)". *European Journal of Operational Research*. (in press) doi:10.1016/j.ejor.2007.06.059

Arandía A, Aldanondo A, 2007. Eficiencia técnica y medioambiental de las explotaciones vinícolas ecológicas versus convencionales. *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 215-216: 155-184.

Atance I, Gómez-Limón JA, Barreiro-Hurlé J, 2006. "El reto de la multifuncionalidad agraria: Oferta de bienes privados y públicos en el Sur de Palencia". *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 210(2): 155-200

Barnes A, 2006. "Does multifunctionality affect technical efficiency? A non-parametric analysis of the Scottish dairy farms". *Journal of Environmental Management*, 80(3): 287-294.

Barreiro-Hurlé J, Espinosa M 2007a. "Marginal farmers and agri-environmental schemes: evaluating policy design adequacy for the Environmental Fallow measure". *Contributed Paper, I Mediterranean Conference of Agro-food Social Scientists*, Barcelona, April 23-25.

Barreiro-Hurlé J, Espinosa-Goded M, 2007b. "La política agroambiental como herramienta para la multifuncionalidad" en Gómez-Limón y Barreiro-Hurlé (coords.) *La multifuncionalidad de la agricultura en España*. EUMEDIA y MAPA, Madrid: 107-128.

Barreiro-Hurlé J, Espinosa-Goded M, Dupraz P, 2008. "Re-considering agri-environmental schemes premiums: the impact of fixed cost in sign-up decisions". *XIIth Congress European*

Association of Agricultural Economists, Ghent (Belgium).

Boletín Oficial del Estado (BOE), 2002. Real Decreto 708/2002, de 19 de Julio, por el que se establecen medidas complementarias al Programa de Desarrollo Rural para las Medidas de Acompañamiento de la Política Agraria Común. Boletín Oficial del Estado n. 175 del 23 de Julio.

Bravo-Ureta B, Pinheiro A, 1993. "Efficiency Analysis of Developing Country Agriculture: A Review of the Frontier Function Literature". *Agricultural and Resource Economics Review*, 22(1): 88-101.

Bravo-Ureta B, Solís D, Moreira-López V, Maripani J, Thiam A, Rivas T, 2007. "Technical efficiency in farming: a meta-regression analysis". *Journal of Productivity Analysis*, 27(1): 57-72

Charnes A, Coope, W, Rhodes E, 1978. "Measuring the efficiency of decision making units". *European Journal of Operational Research*, 2(6): 429-444.

Coelli T, Prasada-Rao D, Battese G, 1998. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Kluwer Academic Publishers. Boston.

Colino J, Martínez-Paz J, 2007. "Productividad, disposición al pago y eficiencia técnica en el uso del agua: la horticultura intensiva de la Región de Murcia". *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 7(14): 109-125.

Consejo de la Unión Europea (CUE), 2003. Reglamento 1782/2003 del Consejo de 29 de Septiembre de 2003 por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayudas a los agricultores y por el que se modifican los reglamentos (EEC) No 2019/93, (EC) No 1452/2001, (EC) No 1453/2001, (EC) No 1454/2001, (EC) No 1868/94, (EC) No 1251/1999, (EC) No 1254/1999, (EC) No 1673/2000, (EEC) No 2358/71 and (EC) No 2529/2001. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L270/1.

Consejo de la Unión Europea (CUE), 2005. Reglamento 1698/2005 del Consejo de 20 de

- septiembre de 2005 relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER). Diario Oficial de la Unión Europea L277.
- Cooper J, Signorello G, 2008. "Farmer premiums for the voluntary adoption of conservation plans". *Journal of Environmental Planning and Management*, 51(1): 1-14.
- Cuesta R, 2000. "A production model with firm-specific temporal variation in technical inefficiency: with application to Spanish dairy farms". *Journal of Productivity Analysis* 13: 139-158.
- de Koeijer TJ, Wossink G, Smit A, Janssens S, Renkema J, Struik P, 2003. "Assessment of the quality of farmers' environmental management and its effects on resource use efficiency: a Dutch case study". *Agriculture System* 78: 85-103.
- Dios-Palomares R, Martínez-Paz J, Vicario A, 2003. "Eficiencia versus innovaciones en explotaciones agrarias". *Estudios de economía aplicada*, 21(3): 485-501.
- Dios-Palomares R, Martínez-Paz J, Martínez-Carasco F, 2006. "Variables de entorno en el análisis de eficiencia. Un método de tres etapas con variables categóricas" *Estudios de economía aplicada*, 24(1): 559-581
- Directorate General for Agriculture and Rural Development (DG AGRI), 2006. *Rural Development in the European Union: Statistical and Economic Information - Report 2006*. European Commission: Brussels. Disponible en ec.europa.eu/agriculture/ [Consultado el 13/12/2007].
- Färe R, Grosskopf S y Lovell C, 1994. *Production Frontiers*. Cambridge University Press. London.
- Farrell M, 1957. "The measurement of productive efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society, A CXX*, part 3, 253-290.
- Ferrier G, Porter P, 1991 "The productive efficiency of united-states milk processing cooperatives". *Journal of Agricultural Economics*, 42: 161-173.
- Fried H, Lovell C, Schmidt S (Eds), 1993) *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and applications*. Oxford University Press, New York.
- Fried H, Schmidt S, Yaisawarng S, 1999) "Incorporating the operating environment into a non-parametric measure of technical efficiency". *Journal of Productivity Analysis* 12 (3): 249-267.
- Gómez-Limón JA, Barreiro-Hurlé J (coords.), 2007. *La multifuncionalidad de la agricultura en España*. EUMEDIA y MAPA, Madrid.
- Iraizoz B, Bardaji I, Rapun M, 2005. "The Spanish beef sector in the 1990s: impact of the BSE crisis on efficiency and profitability". *Applied Economics*, 37: 473-484.
- Iraizoz B, Rapun M, Zabaleta I, 2003. "Assessing the technical efficiency of horticultural production in Navarra, Spain". *Agricultural Systems*, 78: 387-403.
- Kristensæen L, Primdahl J, 2006. *The relationship between cross-compliance and agri-environmental schemes*. Research Paper D-13, Cross Compliance Network, Institute for European Environmental Policy, Brussels, 37 pp. Disponible en <http://www.ieep.eu/projectminisites/cross-compliance/index.php> [Consultado 01/02/2008].
- Latacz-Lohman U, 2004. *Dealing with limited information in designing and evaluating agri-environmental policy*. 90th European EAAE Seminar "Multifunctional agriculture, policies and markets: understanding the critical linkages", Rennes (France), 28-29 October. Disponible en http://merlin.lusignan.inra.fr:8080/eaae/website/pdf/121_Latacz [Consultado 08/02/2008].
- Lehmann E, 1985. *Nonparametrics: Statistical Methods Based on Ranks*. San Francisco: McGraw-Hill.
- Orea L, Roibas D, Wall A, 2004. "Choosing the technical efficiency orientation to analyze firms' technology: a model selection test approach". *Journal of Productivity Analysis*, 22: 51-71.
- Picazo-Tadeo A, Reig-Martínez E, 2006. "Agricultural externalities and environmental regulation: evaluating good practices in citrus production". *Applied Economics* 38 (11): 1327-1334.

- Picazo-Tadeo A, Reig-Martínez E, 2007. "Farmers' costs of environmental regulation: reducing the consumption of nitrogen in citrus farming". *Economic Modelling* 24(2): 312-328.
- Piot-Lepetit I, Le Moing M, 2007. "Productivity and environmental regulation: the effect of the nitrates directive in the French pig sector". *Environmental and Resource Economics* 38(4): 433-446
- Piot-Lepetit I, Vermersch D, Weaver R, 1997. "Agriculture's environmental externalities: DEA evidence for French agriculture". *Applied Economics* 29(3): 331-338.
- Rodríguez J, Camacho E, López R, 2004. "Application of Data Envelopment Analysis to Studies of Irrigation Efficiency in Andalusia". *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 130(3): 210-226.
- Seiford L, 1996. "Data Envelopment Analysis: The evolution of the state of the Art (1978-1995)". *Journal of Productivity Analysis* 7(1): 99-137.
- Seiford L, Thrall R, 1990. "Recent Developments in DEA: The Mathematical Approach to Frontier Analysis". *Journal of Econometrics* 46(1-2): 7-38.
- Simar L, Wilson P, 2007. "Estimation and inference in two-stage, semiparametric models of production processes". *Journal of econometrics* 136(11): 31-64.
- Sipiläinen T, Marklund P, Huhtala A, 2008 "Efficiency in agricultural production of biodiversity: organic versus conventional practices". Paper presented at the 107th EAAE Seminar "Modelling of Agricultural and Rural Development Policies", Seville, Jan. 29th - Feb. 1st. Disponible en agecon.lib.umn.edu/cgi-bin/pdf_view.pl?paperid=29494&ftype=pdf [consultado el 18/02/2008].
- Traore N, Laundry R, Amara N, 1998. "On-farm adoption of conservation practices: the role of farm and farmer characteristics, perceptions, and health hazards". *Land Economics* 74 (1): 114-127.
- Tyteca D, 1996 "On the measurement of the environmental performance of firms- a literature review and a productive efficiency perspective". *Journal of Environmental Management*, 46, 281-308.
- Varela-Ortega C, Simó A, 2007. *Facilitating the CAP reform: compliance and competitiveness of European agriculture*. STRP working document D-5 Spain, 61 pp. Disponible en www.cross-compliance-fp6.eu/content/documents/D5-SPAIN_FINAL.pdf [consultado el 18/02/2008].

(Aceptado para publicación el 11 de diciembre de 2008)