



Estudio de la eficiencia del olivar andaluz mediante técnicas de análisis envolvente aplicadas a la nueva Política Agraria Comunitaria (premio)

Antonio Félix de Amores Hernández

VIII Premio Unicaja de Investigación Agraria

Reunidos en la Ciudad de Málaga el día 29 de Mayo de 2006 un jurado presidido por Braulio Medel Cámara y compuesto por Isaías Pérez Saldaña, representado por Carlos Enrique Ojeda Rojo, José Javier Rodríguez Alcaide, José Emilio Guerrero Ginel, José Manuel Domínguez Martínez y Francisco Villalba Cabello, decidió por unanimidad conceder a esta investigación el VIII PREMIO UNICAJA DE INVESTIGACIÓN AGRARIA. El premio fue convocado por Analistas Económicos de Andalucía en el otoño de 2005 y cuenta con el patrocinio de la Fundación UNICAJA.

Estudio de la eficiencia del olivar andaluz mediante técnicas de análisis envolvente aplicadas a la nueva Política Agraria Comunitaria

Equipo de Investigación y Edición

Investigación	Antonio Félix de Amores Hernández
Producción y Coordinación Gráfica	M ^a Dolores Fernández-Ortega Jiménez
Administración	Rosa Díaz Montañez
Proyecto, Realización, y Edición	



Elaboración:

Analistas Económicos de Andalucía

C/ Ancla, nº 2 - 6ª planta. 29015 MÁLAGA

Tel.: 952 22 53 05 - 06

Fax: 952 21 20 73

e-mail: aea@unicaja.es

www.analistaseconomicos.com

D.L.: MA-1.878-2006

I.S.B.N.-10: 84-95191-90-3

I.S.B.N.-13: 978-84-95191-90-8

La responsabilidad de las opiniones emitidas en este documento corresponde exclusivamente al autor que no son, necesariamente, las de UNICAJA o Analistas Económicos de Andalucía.

Reservados todos los derechos. Queda prohibido reproducir parte alguna de esta publicación, su tratamiento informático o la transcripción por cualquier medio, electrónico, mecánico, reprografía y otro sin el permiso previo y por escrito del editor.

© Analistas Económicos de Andalucía, 2006

*A mi padre,
para que este trabajo,
ayude a su olivar*

AGRADECIMIENTOS

*De bien nacidos es
ser agradecidos.
Dicho popular*

En Andalucía, es habitual el dicho anteriormente citado y como bien nacido me siento, con estas palabras quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los que me han ayudado, comprendido y animado a no desfallecer durante esta etapa, a pesar de los sucesos acaecidos mientras lo realizaba, pero que, sin duda, ha estado lleno de ilusiones, esfuerzos y experiencias:

En primer lugar deseo agradecer la cesión de los datos utilizados en el estudio empírico al Fondo Andaluz de Garantía Agraria de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, en la persona de su Ilmo. Dtor. Gral., D. Félix Martínez-Aljama y al Prof. Dr. D. Antonio Titos Moreno del Departamento de Economía, Sociología y Política Agraria de la Universidad de Córdoba, por sus gestiones al respecto.

Quiero dar también las gracias a mis compañeros de la Unidad Académica de Métodos Cuantitativos del Departamento de Economía, Métodos Cuantitativos e Historia Económica de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, por su ayuda y ánimo en los malos momentos.

En especial al Prof. Dr. D. Ignacio Contreras Rubio, sin cuya ayuda no habría sido capaz de desentrañar los misterios del DEA y desde luego todo habría sido mucho más aburrido, por sus enseñanzas, consejos y revisiones, incluso desde Canterbury, y a todos los L^AT_EX-pertos que tanto me han ayudado. También me gustaría reconocer la inestimable ayuda de la Profa. Dra. Dña. Macarena Tejada Tejada, del Área de Geografía Física del Departamento de Geografía, Historia y Filosofía de la UPO, en la elaboración de la cartografía que aparece en este trabajo.

Así mismo me gustaría agradecer a la Fundación UNICAJA, a Analistas Económicos de Andalucía y al jurado del VIII Premio UNICAJA de Investigación Agraria el reconocimiento de este trabajo y su interés por apoyar la investigación socio-económica.

Finalmente, pero con más entusiasmo si cabe, quiero dar las gracias a los más cercanos a mí, que me han aguantado los malos humores, me han perdonado los días de cansancio y me han impulsado en los momentos bajos de ánimo. En especial: a mi tía, Ma José, por su paciencia y meticulosidad para revisar la corrección lingüística de este trabajo, a pesar de ser una materia tan lejana a sus amadas lenguas clásicas; a mi madre por su apoyo incondicional, sus cuidados, su fuerza y su comprensión; a mi padre por haberme inspirado a hacer este trabajo desde su pasión por la agricultura y la verdad, su constancia, paciencia y serenidad; y a la persona cuya confianza y empuje ha sido imprescindible para acabar este trabajo, Maribel, por los momentos vividos y por contagiarme con su gran ilusión y capacidad de trabajo.

Sinceramente gracias.

Estudio de la eficiencia del olivar andaluz mediante técnicas de análisis envolvente aplicadas a la nueva Política Agraria Comunitaria

Índice

	AGRADECIMIENTOS	9
	PRESENTACIÓN	14
CAPITULO I	INTRODUCCIÓN	17
	I.1 ANTECEDENTES	19
	I.2 OBJETIVOS	24
	I.3 ESTRUCTURA	25
CAPITULO II	METODOLOGÍA	27
	II.1 MÉTODO CIENTÍFICO	29
	II.2 ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS.....	31
	II.3 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE DEA	35
	II.4 NOTACIÓN	37
	II.5 CONJUNTO DE POSIBILIDADES DE PRODUCCIÓN Y FRONTERA DE EFICIENCIA	38
	II.6 MODELOS BÁSICOS.....	46
	II.7 RENDIMIENTOS A ESCALA	61
	II.8 DESCOMPOSICIÓN DEL COEFICIENTE DE EFICIENCIA	64
	II.9 OTROS TIPOS DE VARIABLES.....	67
	II.10 INFORMACIÓN ADICIONAL Y JUICIOS DE VALOR	70
	II.11 CONTRASTES DE HIPÓTESIS.....	73
	II.12 ANÁLISIS PROPUESTO	78
	II.13 FUENTES.....	87
CAPITULO III	RESULTADO	95
	III.1 EFICIENCIA TÉCNICA	100
	III.2 EFICIENCIA LOCAL PURA.....	113
	III.3 EFICIENCIA DE ESCALA.....	124
CAPITULO IV	CONCLUSIONES	135
	IV.1 RECOMENDACIONES.....	138
	IV.2 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	140
	BIBLIOGRAFÍA	143

*Guadalquivir tan verde
de aceite antiguo.
Si el barquero me pierde,
yo me santiguo.*

*GERARDO DIEGO †1987
TORERILLO EN TRIANA*

Presentación

Braulio Medel Cámara. Presidente de Unicaja.

U

NICAJA, consciente de la importancia que el sector agrario tiene en la sociedad y economía andaluza, patrocina la octava edición del **Premio UNICAJA de Investigación Agraria**, con el fin de estimular el conocimiento científico en el ámbito agrario. La continuidad de estos Premios, desde su creación en 1998, refleja la decidida apuesta de nuestra entidad por la promoción de la investigación, como fuente de conocimiento para generar avances tecnológicos que sean instrumento y motor del desarrollo regional en dicho sector, permitiendo mejorar su competitividad y rentabilidad, y contribuyendo a la modernización de la sociedad andaluza. El cumplimiento de este compromiso se refuerza con la elaboración del Informe Anual del Sector Agrario en Andalucía, que este año ha alcanzado su decimosexta edición.

En la octava convocatoria, se otorgó el premio al “Estudio de la Eficiencia del Olivar Andaluz mediante Técnicas de Análisis Envolvente Aplicadas a la nueva PAC”, presentado por el investigador Antonio Félix de Amores Hernández, profesor de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. En este trabajo, el jurado valoró que la investigación efectúa un análisis muy oportuno, bien elaborado y con un uso adecuado de métodos analíticos adecuados al objeto del estudio, de un sector con una gran importancia en la economía regional. El trabajo hace un análisis de la eficiencia del sector, con una especial atención a los distintos ámbitos territoriales y tipologías de explotaciones olivareras, aportando unos resultados muy oportunos para ser considerados en los supuestos de modulación de ayudas al sector.

La nueva reforma de la PAC, además de desacoplar las ayudas a la agricultura, plantea la necesidad de la modulación de dichas ayudas con criterios objetivos que tengan en cuenta el valor social y medioambiental de la agricultura, además de la calidad, de su producción. Sin embargo, la legislación comunitaria no establece cuales serán esos criterios, ni como se medirán, a pesar de que se exige la objetividad de dicha medición. El presente trabajo propone un sistema de modulación de las ayudas mediante la asignación de las mismas en función de un indicador de eficiencia calculado con Técnicas de Análisis Envolvente e incorporando en dicho cálculo los criterios objetivos propuestos en la reforma.

La Fundación UNICAJA, a través de su Servicio de Publicaciones, edita la presente investigación, que se encuadra dentro del conjunto de premios que promueve nuestra entidad, incorporándose a la amplia lista

de documentos ya publicados, con la certeza de que estos estudios y la difusión de sus resultados serán de gran utilidad dentro de la comunidad científica y entre los agentes económicos y sociales relacionados con el sector, como referente básico para un mejor conocimiento de la agricultura andaluza.



Introducción

Capítulo I

I. INTRODUCCIÓN

No hay nada más difícil con lo que hacerse, más peligroso para realizar o más incierto en su éxito que liderar la introducción de un nuevo orden de cosas.
Nicolás Maquiavelo † 1527, El príncipe

I.1 Antecedentes

En el mundo existen cerca de 1.000 millones de olivos, de los que el 98 por ciento se encuentran en la Cuenca Mediterránea en una superficie de 9,4 millones de hectáreas (ha). La producción mundial en las últimas cinco campañas ha superado ampliamente los 10 millones de toneladas de aceitunas (10,89 a 13,61), en la campaña 2000/01 superó los 12 millones.¹

Aproximadamente el 90 por ciento se destina a la extracción de aceite y un 10 por ciento a aceituna de mesa. Esto da lugar a una producción de aceite que ya ha superado los 2,5 millones de toneladas.

Para la UE ha supuesto entre 5 y 6,2 millones de toneladas de aceitunas en las campañas (1998/99 y 2000/01). El primer productor europeo y mundial con diferencia es España, donde la producción de aceite ha llegado a superar el millón de toneladas. El aceite de oliva tiene un peso importante en la economía de la UE con un 1,75 por ciento de la Producción Final Agraria (PFA) de la UE, aportando los países mediterráneos el 97,8 por ciento y España el 42 por ciento. Esto da idea de la gran importancia que tiene el sector en España, contribuyendo al 61 por ciento de la PFA nacional.²

El olivar está distribuido en los países de la Cuenca Mediterránea y concentrado en las zonas meridionales y próximas a la influencia de este mar. En España (con 2,4 millones ha) es particularmente importante en Cataluña, Valencia, Murcia, Castilla-La Mancha, Extremadura y, sobre todo, en Andalucía. Es en esta última región donde se encuentra la mayor superficie de olivar (59 por ciento de la superficie nacional y 27 por ciento de la UE), de forma que hay comarcas completas que se dedican al cultivo del olivo y en conjunto representa el 30 por ciento del empleo agrario.

¹ ATPIOlivar-W.

² MAPA (2000), MAPA (2003) y CAP-JA (2002).

A pesar del reconocimiento internacional de la producción nacional, existen sombras en el futuro del sector debido a tres factores:

- La estructura productiva del sector
- Competencia de la producción de los Países en Vías de Desarrollo
- La Reforma de la Política Agraria comunitaria

El cultivo del olivo es uno de los más sociales que existen por la gran cantidad de mano de obra que demanda. Además de la importancia económica propia del valor de los productos oleícolas, el olivar constituye uno de los principales soportes en el conjunto de ingresos en la economía de numerosos agricultores tanto directa como indirectamente.³

La principal característica del empleo en el sector es su temporalidad. La recolección exige un alto volumen de mano de obra eventual, pero también las operaciones de cultivo a lo largo del año requieren gran empleo de mano de obra. Las principales labores no son aún mecanizables y han de acompañarse de intervenciones manuales aunque sean ayudadas por máquinas. Por ejemplo en Andalucía las últimas estimaciones apuntan a más de 22 millones de jornales generados sólo por el cultivo,⁴ más de la mitad en la recolección.

En España, las Comunidades Autónomas que encabezan la producción oleícola, Andalucía, Castilla-La Mancha y Extremadura, sufren altas tasas de desempleo en las zonas rurales y su población se mantiene gracias a este cultivo. En muchos casos el resurgimiento y desarrollo de pueblos olivareros ha estado asociado a las coyunturas económicas que han favorecido al sector, aunque haya sido por un tiempo limitado. Así, tuvo gran trascendencia las acciones de índole político-económica, como fue la incorporación de España a la UE que permitió las mejoras económicas a través de las ayudas dentro de la Organización Común de Mercado de Materias Grasas; o las mejoras tecnológicas, como son en la actualidad las puestas en riego con dotaciones muy pequeñas de agua, pero que permiten reducir la vecería⁵ y estabilizar las producciones evitando el impacto negativo de la sequía, así como desarrollar paulatinamente el sector servicios y permitir la consolidación de empleo fijo.

³ CES (1996).

⁴ Pretel (2001).

⁵ *Característica por la cual una planta en un año da mucho fruto y poco en otro.* RAE (2001).

En este sentido, el desarrollo tecnológico va a jugar un papel importante en la estructuración del sector. A través de la Producción Integrada, el aprovechamiento de los recursos naturales (agua, suelo,...) será más factible y al mismo tiempo, las nuevas técnicas de cultivo como el empleo de determinadas cubiertas vegetales y la protección del medio ambiente podrán aplicarse y llevarse a efecto de forma coordinada en territorios más amplios, por lo que es de esperar que su eficacia sea mayor y se obtengan los beneficios más rápidamente. Beneficios que pueden llegar a ser lucrativos y permitir conjuntamente el desarrollo de otras actividades como el turismo cinegético.

En la última década la competencia de los Países en Vías de Desarrollo (PVD) en el mercado internacional ha supuesto una pérdida de competitividad importante que se ha traducido en la reducción de las cuotas de mercado en nuestras plazas habituales: en Estados Unidos a favor de México y Marruecos, en Alemania a favor de Turquía y en Francia y Canadá a favor de Marruecos. La principal causa de esta pérdida de competitividad han sido los ínfimos costes de la mano de obra (principal factor productivo) de estos PVD y su escasa legislación medioambiental lo que les sitúa en el punto de mira de las organizaciones españolas de productores por acusaciones de competencia desleal.

La OCM de materias grasas, y en concreto el sistema de regulación comunitaria del sector del aceite de oliva es uno de los que menos modificaciones ha sufrido desde que se establecieron sus principios básicos en el Reglamento (CEE) número 136/66 del Consejo, de 22 de septiembre de 1966. Entre los mecanismos de regulación que menos han cambiado a lo largo del tiempo y con más repercusión en el sector productor destaca la concesión de ayudas a la producción.

En esta OCM además de la citada ayuda a la producción, se incluía una ayuda al consumo, un estabilizador de mercado (Cantidad Máxima Garantizada), un régimen de precios institucionales (precio indicativo a la producción, indicativo de mercado, de intervención y precio umbral), un organismo de intervención, y unas exacciones reguladoras (restituciones y prélèvements) del mercado exterior.

Ante una serie de deficiencias en su funcionamiento argumentadas por la UE y, sobre todo, ante la oposición de la OMC a las ayudas a la producción, la Comisión Europea ha barajado en los últimos años diferentes propuestas de reforma de la OCM que regula el aceite de oliva. Las deficiencias de funcionamiento que trataban de superarse se relacionan, entre otros, con:

- La necesidad de mejorar los controles en las administraciones nacionales.
- La necesidad de salvaguardar mejor el presupuesto comunitario.
- La falta de eficacia del régimen de ayuda al consumo.
- El efecto de incentivo a la producción que suponía el régimen de compra de intervención pública con el consiguiente peligro de desestabilizar el mercado.

En primera instancia, y ante los incrementos de producción y de nuevas plantaciones existentes y previstas, la Comisión propuso sustituir la ayuda a la producción por una ayuda directa al árbol en función del número de olivos existentes en cada país. Esta opción encontró el rechazo de todo el sector productivo. Por otro lado presentaba serios problemas en cuanto a que el número de árboles es un dato variable y no conocido dentro de cada Estado miembro.

El 20 de julio de 1998 se aprobó en Consejo de Ministros, la reforma de la OCM (Reglamento (CE) número 1638/98). Esta reforma tenía carácter provisional y se aplicaría en principio durante tres campañas, posponiéndose la reforma definitiva para noviembre de 2001. La reforma mantenía las mismas líneas del sistema anterior, pero introduciendo algunas modificaciones importantes, como la supresión de la ayuda al consumo, el incremento de la Cantidad Máxima Garantizada y su división en Cantidades Nacionales Garantizadas, la reducción de la ayuda a la producción, la sustitución del régimen de intervención por un régimen de ayuda al almacenamiento privado, la supresión de las disposiciones relativas a la ayuda a los pequeños productores y la inclusión de las aceitunas de mesa en el régimen de ayuda.

El carácter transitorio de la reforma de 1998 era debido a la necesidad indispensable de disponer de información más fiable sobre el número de olivos en la UE, sobre la superficie de olivar y sobre los rendimientos, que permitiera llevar a cabo una negociación de la OCM en profundidad. Esta nueva OCM debería haberse aprobado con la antelación suficiente para que entrara en vigor en la campaña 2001/02.

De nuevo, ante la falta de información existente, se aprobó una prórroga de tres años más para la OCM de 1998, desde la campaña 2001/02 hasta la campaña 2003/04 recogida en el Reglamento (CE) n° 1513/01, con lo que se aplazaba consiguientemente la negociación definitiva de la nueva OCM. El diseño de esta futura reforma se desarrolló en el contexto de la reciente reanudación de las negociaciones comerciales multilaterales en

el ámbito de la OMC, la ampliación de la UE hacia los países de la Europa Central y Oriental así como la firma de acuerdos de asociación con los países del Sur del Mediterráneo con vistas a la creación de una zona de libre comercio euro-mediterránea hacia 2010.

En 2005 entró en vigor la nueva reforma aprobada en el Reglamento (CE) número 1782/03, que supone un cambio radical en el planteamiento general de la PAC por desacoplar en gran medida las ayudas de la producción.

Así las reformas de la PAC llevadas a cabo en los últimos años se desarrollan en dos sentidos: por un lado se está reduciendo la protección de frontera, especialmente con los países del arco mediterráneo (los principales competidores de la producción olivarera española) con objeto de la constitución de un área de libre comercio del Mediterráneo en 2010, y por otro se está reformando el sistema de asignación de ayudas de la PAC, en especial, el régimen de ayudas a la producción.

Dada la delicada situación del mercado internacional y que sin las ayudas PAC más del 60 por ciento de las explotaciones pasarían a no ser rentables,⁶ el interés del estudio de cualquier modificación o nueva propuesta al respecto queda sobradamente justificada.

Ante dicha situación, se ha considerado imprescindible conocer la eficiencia del Olivar Andaluz frente a la reforma de la PAC, es decir, cuantificar la eficiencia de las explotaciones olivareras andaluzas con los criterios que propugna la nueva PAC, a efecto de detectar los elementos que se deben corregir para procurar el mejor desempeño y la supervivencia, por tanto, de un sector abocado a la reconversión.

Así mismo, esta PAC reformada propone la modulación de una parte de las ayudas mediante criterios objetivos que deberán ser establecidos por los Estados miembros.⁷ Respecto a estos criterios lo único que indica la reglamentación europea es que versarán sobre la protección medioambiental, la calidad y el interés social y local, pero no se determinan ni cuáles serán esos criterios, ni qué indicadores o tipos de indicadores han de utilizarse para su objetivación. Esta indeterminación hace que los criterios sean difícilmente aplicables y, desde luego, menos aún con objetividad tal como determina la legislación europea.

⁶ CAP-JA (2002M), pág. 114.

⁷ Reg. (CE) n° 1782/03.

I.2 | **Objetivos**

Tras lo expuesto en la sección anterior en torno a la situación del sector, la competencia internacional y la reforma de la PAC, se han establecido los siguientes objetivos:

1.2.1. General

El propósito de este estudio es plantear un nuevo sistema de asignación y/o modulación de las ayudas mediante la evaluación de explotaciones y diseñar un modelo que permita apoyar la toma de decisiones.

Dicha evaluación permitiría potenciar las explotaciones eficientes frente a las que no lo son, con objeto de conseguir ganancias globales de eficiencia. El problema surge al determinar los criterios objetivos que, como se ha expuesto en la sección anterior, la reglamentación europea no concreta.

Por ello, este estudio pretende formular una propuesta de criterios objetivos con objeto de responder a la necesidad de los mismos para la modulación de las ayudas PAC. Se mantendrá la producción entre los criterios pero teniendo en cuenta también el aseguramiento de rentas de los agricultores (fijación de población al territorio), criterios medio ambientales y de calidad, como se ha aprobado en la reforma. Se diseña de esta forma un sistema que tenga en cuenta la eficiencia económica (producción), social (aseguramiento de rentas de los agricultores y fijación de población al territorio), medio ambiental y técnica (calidad).

1.2.2. Específicos

El objetivo general propuesto se concretará por dos vías:

Objetivo Metodológico

Objetivo 1 Proponer y obtener un indicador de eficiencia, teniendo en cuenta todos los criterios de la nueva PAC, que sirva en el proceso de toma de decisiones de asignación de ayudas.

Se considera que dicho indicador cumpliría los requisitos de objetividad necesarios según la reglamentación UE.

Condicionante 1 Desde un punto de vista estrictamente liberalista, toda ayuda o subvención sería ineficiente por definición ya que el mercado se encargaría de que la eficiencia fuese máxima para la supervivencia

de las empresas. En nuestro estudio se tendrán en cuenta los criterios planteados por la nueva PAC, más allá de la discusión sobre la eficiencia de dichos criterios, ya que son estos, los criterios generales a los que se enfrenta el sector.

Objetivo Descriptivo

Objetivo 2 Conocer la eficiencia actual del sector olivarero andaluz frente a la nueva PAC. Caracterizar en este aspecto la situación actual de las explotaciones y del conjunto del olivar en su estructura con especial atención a los diferentes ámbitos territoriales.

Condicionante 2 Dado que la eficiencia que se desea conocer es la referida a los criterios propuesto por la nueva PAC, se utilizara el indicador propuesto en el epígrafe anterior.

1.3 Estructura

Este trabajo se divide en cuatro capítulos con la siguiente estructura:

1. El presente capítulo expone el problema de análisis, justifica su interés y explicita los objetivos y condicionantes del trabajo.
2. El siguiente capítulo desarrolla la metodología que se ha aplicado, tanto desde un punto de vista general como específico detallando las fuentes y procedimientos utilizados.
3. El tercer capítulo expone los resultados obtenidos tras aplicar la metodología indicada en el capítulo anterior.
4. En el último capítulo se concretan las conclusiones del trabajo que responden a los objetivos planteados en el primer capítulo y otras alcanzadas en el proceso investigador. Así mismo se exponen algunas recomendaciones formuladas a partir de las conclusiones anteriores y del citado proceso investigador. Finalmente, se explicitan las líneas de investigación que abre el presente trabajo.



Metodología

Capítulo II

II. METODOLOGÍA

Es de sentido común elegir un método y probarlo. Si falla, admítalo francamente y pruebe otro. Pero sobre todo, intente algo.

Franklin D. Roosevelt † 1945

II.1 Método Científico

El método científico tal y como es normalmente entendido, es decir, la representación social dominante del mismo responde a la siguiente definición:

Definición II.1.1 (El Método científico según F. S. Kerlinger)

Estudio sistemático, controlado, empírico y crítico de proposiciones hipotéticas acerca de presuntas relaciones entre varios fenómenos.

Esta definición se corresponde, sin embargo, únicamente a la visión de la ciencia denominada positivismo en su versión más primitiva. Sin embargo, es evidente que la exigencia de la experimentación es imposible de aplicar a algunas áreas de conocimiento. En tales casos, es suficiente la observación de los fenómenos, producidos naturalmente.

Por otra parte, existen ciencias, especialmente en el caso de las ciencias humanas y sociales, donde los fenómenos no sólo no se pueden repetir controlada y artificialmente (que es en lo que consiste un experimento), sino que son, por su esencia, irrepetibles, por ejemplo la historia. De forma que el concepto de método científico ha de ser repensado, acercándose más a una definición como la siguiente:

Definición II.1.2 (El Método científico)

Proceso de conocimiento caracterizado por el uso constante e irrestricto de la capacidad crítica de la razón, que busca establecer la explicación de un fenómeno ateniéndose a lo previamente conocido, resultando una explicación plenamente congruente con los datos de la observación.

En principio, el método científico recurre a dos vías alternativas para elaborar los conceptos (teorías) que permiten acercarnos al entendimiento de la realidad: El método inductivo y el método deductivo.

Los dos suelen ser susceptibles de contrastación empírica. Aunque el método deductivo es más propio de las ciencias formales y el inductivo de las ciencias empíricas, nada impide la aplicación indistinta de un método científico u otro a una teoría concreta.

El método deductivo es básicamente un proceso intelectual. En este caso una mente creativa imagina una explicación razonable para un conjunto de datos y elabora una teoría que permite compatibilizar la información disponible. Así aspira a demostrar, mediante la lógica pura, la conclusión en su totalidad a partir de unas premisas, de manera que se garantiza la veracidad de las conclusiones, si no se invalida la lógica aplicada. Se trata del modelo axiomático propuesto por Aristóteles como el método científico ideal.

El método inductivo crea leyes a partir de la observación de los hechos, mediante la generalización del comportamiento observado; en realidad, lo que realiza es una especie de generalización, sin que por medio de la lógica pueda conseguir una demostración de las citadas leyes o conjunto de conclusiones. Dichas conclusiones podrían ser falsas y, al mismo tiempo, la aplicación parcial efectuada de la lógica podría mantener su validez; por eso, el método inductivo necesita una condición adicional, su aplicación se considera válida mientras no se encuentre ningún caso que no cumpla el modelo propuesto.

Ninguno de los dos métodos es garantía de éxito en la búsqueda de la verdad. Sólo el esfuerzo continuado y la crítica permanente permitirán acercarnos a la realidad.

El presente trabajo, debido a los objetivos que se plantea (véase sección I.2), tiene un doble enfoque metodológico.

Por una parte, y a la vista del objetivo metodológico que se propone, se utiliza el método deductivo, en especial en este capítulo, dado que va de los aspectos generales a los particulares: se define un indicador de eficiencia que sería aplicable a cualquier explotación olivarera, no sólo a las andaluzas, a partir de la revisión de la bibliografía y el razonamiento lógico. Así mismo, podría aplicarse a otros cultivos, adaptando los indicadores utilizados para el cálculo, a las particularidades de cada cultivo, pero manteniéndose la filosofía subyacente de considerar los aspectos sociales, ambientales y técnicos para el cálculo de la eficiencia.

Por otra parte, también se emplea el método inductivo, ya que el trabajo va de lo particular a lo general al aplicar el indicador de eficiencia definido a los datos del olivar andaluz para obtener conclusiones referentes al mismo.

II.2 **Análisis Envolvente de Datos**

El Análisis Envolvente de Datos, Data Envelopment Analysis (DEA), constituye, sin duda, una de las técnicas no paramétricas para la estimación de la eficiencia que mayor desarrollo y mayor número de aplicaciones ha ofrecido en las últimas dos décadas,⁸ con trabajos que superan ampliamente la idea original con la que se concibió esta metodología: comparar la eficiencia en la actividad de organizaciones que mediante una tecnología semejante utilizan múltiples factores de producción o inputs para generar múltiples productos finales u outputs.

La idea de comparar el comportamiento de diferentes organizaciones es de indudable interés para el análisis microeconómico. Para tal fin, se han desarrollado conceptos tales como eficiencia productiva, productividad o competitividad que, generalmente, se han utilizado de manera indiferente en tanto en cualquier caso se identifica a las organizaciones más eficientes con valores más altos de cualquiera de estos tres conceptos.⁹

Generalmente, la eficiencia productiva de las empresas se ha identificado con la consecución del objetivo de maximización de beneficios, sin que ello impida reconocer la posibilidad de que determinadas organizaciones tengan objetivos distintos al puramente económico. En cualquier caso, un comportamiento eficiente desde el punto de vista productivo exige para la organización:

- a) Que de los posibles niveles de producción posibles, elija aquel nivel de output que maximice el beneficio, es decir, aquel en el que se igualen los valores de ingreso y coste marginal. Como se verá más adelante, a este aspecto de la eficiencia productiva suele referirse como eficiencia en la escala de operación.
- b) En segundo lugar, que de todas las combinaciones de input que permiten producir el output deseado se elija aquella que minimice el coste total de producción (eficiencia de asignación).

⁸ En agosto de 2005 el número de trabajos tanto teóricos como empíricos basados en DEA superaban, según diferentes bases de datos bibliográficas como Elsevier-W , EBSCO-W , o Kluwer-W , los 5000.

⁹ Una discusión detallada de estos tres conceptos así como de la conveniencia de utilizar uno u otro en la evaluación de organizaciones puede verse en Álvarez (2001).

- c) Por último, producir el output deseado con la cantidad mínima necesaria de factores de producción, sin “malgastar” los recursos de la organización (eficiencia técnica).

Cuando se utiliza el término productividad, generalmente como sinónimo de eficiencia en la literatura económica, se suele hacer referencia al concepto de productividad media de un factor, es decir, al número de unidades de output producidas por unidad de factor.

Para la generalización de este concepto básico de productividad, entendida como el ratio output/input, cuando se consideran a la vez múltiples factores de producción y múltiples bienes producidos se requiere pasar del concepto de productividad parcial a una medida única de productividad que contenga al conjunto de productos y factores. En este valor único de eficiencia se conoce como productividad total de factores (PTF), y toma en consideración todas las variables implicadas. Para ello, se construye como el ratio del valor o suma ponderada de outputs generados respecto de la suma ponderada o valor agregado de los inputs utilizados en dicha producción,

$$PTF = \text{valor ponderado de outputs} / \text{valor ponderado de inputs}$$

Las organizaciones con un mayor valor de dicho ratio son consideradas más productivas e, igualmente, más eficientes. La dificultad reside, en este caso, en determinar el valor del conjunto de pesos o ponderaciones que permita agregar ambos conjuntos de variables o, lo que es lo mismo, en cómo integrar en un valor único múltiples factores y producciones. Dado que como propoñdremos en la sección II.12, se pretende diseñar medidas de política económica en base a la eficiencia calculada para cada organización, en nuestro caso, el problema de selección de pesos se complica ya que cualquier conjunto de pesos podría resultar inaceptable y discutido por los sujetos de las medidas que se diseñaran. Es decir el grupo de olivicultores a los que perjudique el sistema de pesos seleccionado podrían manifestar su frontal oposición al mismo.

Por último, con el término competitividad se hace referencia a un concepto más abstracto que los dos anteriores, en tanto no existe una definición clara en la microeconomía clásica y es más difícil su cuantificación. En general, con el término competitividad se hace referencia al mejor posicionamiento en el mercado por parte de la organización, a la capacidad para competir en el mercado.

Sea cual sea el concepto finalmente considerado, la estimación de la eficiencia de las organizaciones se basa en la comparación de los valores observados con un valor óptimo, ya que se comparan los valores reales que presenta la organización evaluada con los que debería haber tenido para maximizar sus beneficios o su productividad total. Se debe comparar, por tanto, una situación real con una situación ideal que no puede conocerse. El problema reside en el establecimiento del nivel óptimo de eficiencia de las explotaciones de olivar. Los niveles de productividad han aumentado progresivamente con las mejoras técnicas introducidas en el olivar, por ejemplo el regadío, así es difícil definir objetivamente un nivel de producción óptimo. Para evitar este inconveniente en Farrell (1957) se propone que la comparación de la unidad evaluada se realice con los valores del resto de unidades incluidas en el estudio, en nuestro caso comparar cada explotación olivarera con las demás explotaciones. Se opta pues por un análisis de eficiencia relativa y no absoluta en tanto se compara la organización con las mejores unidades del conjunto de unidades observadas y no con una situación ideal hipotética.¹⁰ Las principales aportaciones del trabajo de Farrell, junto al ya mencionado concepto de eficiencia relativa, son el desarrollo de una metodología de cálculo para los índices de eficiencia basados en el concepto de PTF y la diferenciación de los conceptos de eficiencia técnica y de asignación, conceptos que se desarrollan en apartados sucesivos de este trabajo.

El Análisis Envolvente de Datos, DEA aparece originalmente en el trabajo de Charnes, Cooper et Rhodes (1978), en el que se extendía y hacía operativo mediante técnicas de programación lineal el concepto de eficiencia empírica propuesto por Farrell. En este trabajo, en lugar de realizar el cálculo de los índices de eficiencia de manera algebraica como proponía Farrell, se propone resolver un problema de programación lineal para cada una de las unidades.¹¹

La metodología es desarrollada originalmente para la evaluación de la eficiencia relativa de un conjunto de organizaciones que se consideran comparables, en tanto que los recursos que consumen así como las producciones que generan y la tecnología utilizada son semejantes, lo que permite suponer que utilizan la misma función de producción. En nuestro

¹⁰ El citado trabajo de Farrel (1957), se considera tradicionalmente como el origen de los estudios de evaluación de eficiencia junto a las aportaciones anteriores de Koopmans (1951).

¹¹ La idea original de utilizar la programación lineal para estimar la frontera fue propuesta por Hoffman en su discusión al trabajo original de Farrell. La primera aplicación de esta técnica al cálculo de eficiencia, según Álvarez (2001), se debe a Boles (1966).

caso, evaluaremos explotaciones olivareras que consumen los mismos factores de producción y producen los mismos productos, aceitunas, en sus dos variantes para mesa o para molino. Sin duda, la aplicación de DEA ha superado claramente el objetivo inicial. Los factores utilizados por las unidades no han de ser, necesariamente, recursos en el sentido tradicional (trabajo, capital,...) ni las producciones finales han de estar vinculadas a una función de producción tradicional. Esta característica nos permitirá introducir productos poco habituales, como el empleo generado, indicadores de calidad o de conservación ambiental. Los estudios empíricos han extendido su ámbito de aplicación a una gran variedad de problemas, de manera que DEA puede considerarse como una técnica de selección de un conjunto de alternativas con múltiples atributos.¹²

La estimación de los índices de eficiencia relativa se realiza, como se dijo, por comparación de los valores con los de las mejores organizaciones o procesos productivos observados, procesos que compondrán la denominada frontera de eficiencia. Por tanto, un paso previo para la estimación de los índices de eficiencia es el cálculo de la forma de dicha frontera de eficiencia. Básicamente pueden diferenciarse dos aproximaciones para su estimación: técnicas paramétricas y no paramétricas.

En el enfoque paramétrico se especifica a priori una forma funcional concreta para la frontera. A partir de esta relación funcional, se buscará determinar el valor de los parámetros con los valores observados utilizando técnicas de programación matemática, como en Aigner et Chu (1968), técnicas econométricas como mínimos cuadrados ordinarios corregidos, Greene (1980b); máxima verosimilitud, Afriat (1972), Richmond (1974), Schmidt (1976) o Greene (1980a), o aproximaciones estocásticas, como el Stochastic Frontier Approach (SFA).

En las aproximaciones no paramétricas, a diferencia de las anteriores, se optimiza en cada observación particular y no para el conjunto de los datos. En este caso, la frontera no se construye paramétricamente sino que se establecen unos supuestos que permitirán definir los procesos productivos factibles, las combinaciones de valores de input y output que resultan posibles con la tecnología considerada. La frontera de este conjunto de procesos factibles constituirá la frontera de eficiencia. Las unidades (explotaciones olivareras) localizadas en dicha frontera serán consideradas eficientes; el resto de unidades, que como se verá, quedan envueltas por las unidades de la frontera, serán consideradas ineficientes.

¹² Lo que en Thanassoulis (2001) se considera DEA en un contexto no tradicional.

A diferencia de las técnicas paramétricas no se requiere la asunción previa de una relación funcional conocida entre las variables del estudio, en nuestro caso, entre inputs y outputs. No es necesario, pues, establecer de forma concreta y a priori una función de producción con la que trabajamos. Algunos ejemplos de técnicas no paramétricas para el estudio de eficiencia son al análisis envolvente de datos, DEA; Stochastic DEA con el que se pretende corregir la influencia del posible ruido estadístico en el análisis que establece categorías dentro de las propias unidades eficientes construyendo así una frontera de producción más precisa,¹³ o Value Envelopment Analysis, VEA, desarrollado en Halme et al. (1999) que permite incorporar las preferencias del decisor en los modelos DEA.

II.3 Características básicas de DEA

Las características básicas del análisis envolvente de datos las podemos resumir en los siguientes puntos:

- a) El análisis caracteriza a cada unidad, explotación olivarera, incluido en el análisis, DMUs¹⁴ en la notación habitual de DEA, a través de un valor único, bien como unidades eficientes bien como unidades ineficientes. Como se verá más adelante, el valor que discrimina a las unidades eficientes es característico de cada modelo.
- b) Como característica común de las técnicas no paramétricas, no se requiere una determinación previa de la relación funcional que vincule a las variables incluidas en el estudio, ni un valor de partida para las diferentes variables del modelo. Esta característica es muy útil en la aplicación a datos reales, como los nuestros, ya que a menudo el investigador se encuentra limitado porque los datos de que dispone no cumplen determinados supuestos de partida de los modelos que propone utilizar.

Para la estimación de la eficiencia mediante metodología no paramétrica, el trabajo, de manera general, se realiza en tres etapas, González Fidalgo (2001):

¹³ Éste es conocido también como análisis de supereficiencia.

¹⁴ Decision Making Units, Unidades de Decisión.

1. Se describe, mediante un conjunto de supuestos, las propiedades de la tecnología de producción. A partir de este conjunto de supuestos y de los datos observados se determina el conjunto de procesos de producción que se consideran realizables o de DMUs factibles.
 2. Definir la medida o índice de eficiencia que se desea estimar.¹⁵ La riqueza de la metodología no paramétrica reside en la posibilidad de establecer diferentes combinaciones con las medidas de eficiencia y definiciones de tecnología.
 3. Construir un programa matemático capaz de calcular el índice establecido en el anterior punto. En el caso de DEA, para el cálculo de estas medidas se utiliza la programación lineal.
- c) Se trata de un análisis de eficiencia relativa, es decir, la calificación de una unidad como eficiente o ineficiente se realiza en comparación con el resto de organizaciones incluidas en el estudio. Para cada unidad evaluada, el modelo proporciona un vector de ponderaciones o pesos que permitirán calcular su eficiencia relativa, medida como productividad total de los factores, en la mejor de las situaciones respecto al conjunto de unidades evaluadas. Es decir, el vector de ponderaciones o pesos ofrece el valor máximo de eficiencia (relativa) de dicha unidad, o valor mínimo de ineficiencia teniendo en cuenta el conjunto de observaciones estudiadas. Así se ofrece una solución al problema del rechazo del conjunto de pesos especificado en una medida de política microeconómica. Ningún olivicultor tendría incentivos para rechazar el sistema de pesos que se le asigna, ya que es el más beneficioso posible en términos DEA, es decir, el más beneficioso dentro de los que cumplen las restricciones del programa: que dichos pesos aplicados a cualquiera otra DMU no generen un valor de θ superior a la unidad,¹⁶ para dicha DMU.
- d) En la solución que ofrece el modelo aparecen para las unidades ineficientes las denominadas unidades potenciales, unidades virtuales generadas como combinación de las unidades eficientes más próximas

¹⁵ Una discusión sobre la importancia de utilizar el término “estimar” y no “calcular” o “medir” puede verse en Simar et Wilson (2001). Para los autores, cualquier cosa que pueda calcularse a partir de datos es una estimación. Los valores calculados en el marco DEA no son una excepción.

¹⁶ Si estamos considerando modelos orientados al Input. Véase Cuadro II. I.

a dicha unidad y que constituirán un valor ideal o aspiración para las unidades no eficientes.

- e) El análisis permite incorporar tanto variables cuantitativas como categóricas, así como restricciones adicionales no contempladas en el modelo original que limiten los valores asignados a las variables. El DEA básico es un análisis *value-free*, es decir, la evaluación de eficiencia se basa exclusivamente en los datos disponibles, sin considerar los conocimientos previos o posibles preferencias del agente decisor. Existen ampliaciones del análisis en las que se permite incorporar información no recogida en la matriz de datos, ya sean conocimientos a priori o las preferencias del decisor.¹⁷

II.4 Notación

Para los apartados subsiguientes definimos un problema tipo así como la notación de las principales variables que intervienen en los modelos.

Consideramos el estudio de n organizaciones o unidades de decisión (explotaciones olivereras), que utilizan m inputs para producir s outputs mediante una estructura de producción homogénea y común para el conjunto de unidades.

Por $X \in M_{mn}(\mathfrak{R}^+)$ e $Y \in M_{sn}(\mathfrak{R}^+)$ denotamos las matrices que contienen, respectivamente, las medidas observadas de inputs y outputs para el conjunto de unidades examinadas. Cada columna de las anteriores matrices recoge los datos correspondientes a una de las unidades evaluadas. Así, denotamos por x^j a la columna j -ésima de la matriz X , columna que representa el vector de inputs consumidos por la unidad j , $x^j \in \mathfrak{R}_m^+$. Por tanto, es la cantidad de input i -ésimo consumido por la unidad j -ésima, $i=1, \dots, m, j=1, \dots, n$. La notación utilizada para los outputs es análoga.

Cuando no sea necesario enfatizar la diferencia de roles entre inputs y outputs se denotará por $U = \begin{bmatrix} Y \\ -X \end{bmatrix}$ y $u = \begin{bmatrix} y \\ -x \end{bmatrix}$, para los valores correspondientes a cada organización.

¹⁷ En la Sección II.10 puede verse una introducción a la incorporación de información adicional.

Denotamos igualmente por $\bar{1} = [1, \dots, 1]^t$, vector cuyas componentes son unitarias y de dimensión adecuada, mientras que nos referimos a \bar{e}_i como el i -ésimo vector canónico de \mathfrak{R}^+ .

II.5 Conjunto de posibilidades de producción y frontera de eficiencia

Se realizan varios supuestos sobre los datos utilizados en el problema:¹⁸

- Se asume que no existe ninguna observación o registro tal que todas sus componentes correspondientes a input o al output son iguales a cero. Este supuesto excluye la posibilidad absurda de que una DMU transforme nada en algo o el caso de una unidad que transforme determinado vector de inputs en nada. Es lógico que una explotación que, por ejemplo, no tiene olivos, no puede producir aceitunas.
- Se considera de manera general que los datos están reducidos, es decir, en cualquier modelo que utilicemos suponemos que no existen datos duplicados, ya que ello tendría consecuencias negativas en la operatividad de los algoritmos que se utilizan para la resolución e, igualmente, no permitiría garantizar la validez de la clasificación obtenida. Este supuesto se refiere a la no existencia de datos duplicados acerca de una misma explotación olivarera. No es necesario sin embargo comprobar que no existan dos empresas oleícolas con el mismo consumo de recursos y nivel de producción.

Consideramos el problema tipo descrito en la anterior Sección II.4, en el que se quiere estudiar la eficiencia de un conjunto de organizaciones o unidades de decisión que utilizan múltiples inputs, $x \in \mathfrak{R}_m^+$, para producir múltiples outputs, $y \in \mathfrak{R}_s^+$. El par (x^o, y^o) , $o = 1, \dots, n$ representa cada una de las unidades o explotaciones, cuya eficiencia relativa se pretende estimar.

El proceso productivo puede definirse como la transformación de un conjunto de inputs en outputs mediante una determinada tecnología, por lo que el primer paso para estimar la eficiencia productiva será conocer las características de la tecnología que utilizan las unidades evaluadas.

Para cada tecnología, puede definirse un conjunto de procesos productivos factibles o conjunto de posibilidades de producción.

Definición II.5.1 (Conjunto de posibilidades de producción).

El conjunto de posibilidades de producción, CPP, se define como el conjunto de todos los procesos productivos, (x, y) , tecnológicamente factibles, es decir, el subconjunto de todas las posibles combinaciones de inputs y outputs que resultan posibles desde el punto de vista de la tecnología considerada.

Para cada tecnología de referencia dada, el CPP puede representarse por $P(x) = \{y \in \mathfrak{R}_s^+ \mid x \text{ puede producir } y\}$. Es, por tanto, el conjunto que contiene, para cada vector de inputs, las combinaciones de outputs que pueden producirse, siempre para un nivel tecnológico dado. De manera análoga, puede describirse el anterior conjunto de posibilidades desde el punto de vista del input, $L(y) = \{x \in \mathfrak{R}_m^+ \mid y \text{ es producido por } x\}$ conjunto de todos los vectores de inputs que permiten producir el vector de output y , que consideramos dado. Salvo que se diga lo contrario, mantenemos en los apartados sucesivos la primera de estas notaciones para referirnos al conjunto de posibilidades de producción, si bien cualquier resultado puede tratarse de manera análoga con cualquiera de ellas.

El CPP no se conoce a priori sino que se ha de determinar a partir de las observaciones de unidades productivas reales. El conjunto se completa realizando una serie de supuestos adicionales sobre las propiedades teóricas que caracterizan a los procesos contenidos. Así en nuestro caso el CPP estará formado por todas las explotaciones olivereras de la muestra considerada, ya que todas tienen datos factibles.

En cualquier caso, en el CPP estarán incluidas todas las observaciones de las unidades que van a ser evaluadas,¹⁹ lo que obliga a considerar, necesariamente, que todas las unidades evaluadas desarrollan su actividad mediante una tecnología homogénea.

Los supuestos que se realizan sobre el CPP son los siguientes:

- a) Las combinaciones observadas (x^i, y^i) pertenecen al conjunto $P(x)$.
- b) $(x, 0) \in P$ pero $(0, y) \notin P, y > 0$.²⁰

¹⁹ Thanassoulis (2001).

²⁰ Algunos autores consideran, además, la posibilidad de no producción, $(0, 0) \in P$ como propiedad adicional del conjunto. No obstante, esto puede deducirse directamente del resto de propiedades que se utilizan para definir P .

- c) Eliminación gratuita de inputs, que puede considerarse, alternativamente, fuerte²¹ o débil:

Fuerte: Para cualquier $(x, y) \in P$, si $x' \geq x$, entonces $(x', y) \in P$

Débil: Para cualquier $(x, y) \in P$, $(\alpha x, y) \in P \quad \forall \alpha \geq 1$

En el primer caso, eliminación gratuita fuerte, basta con que una de las componentes del vector x' sea mayor que la correspondiente componente de x . En el caso de eliminación débil, necesariamente han de incrementarse en la misma proporción todas las componentes del vector de inputs.

- d) Eliminación gratuita de outputs, que, al igual que para los inputs, puede considerarse, alternativamente, fuerte o débil.

Fuerte: Para cualquier $(x, y) \in P$, si $y' \leq y$, entonces $(x, y') \in P$

Débil: Para cualquier $(x, y) \in P$, $\left(x, \frac{1}{\alpha}y\right) \in P \quad \forall \alpha \geq 1$.

Por defecto consideramos, tanto para inputs como para outputs, que los supuestos de eliminación gratuita se verifican en sentido fuerte o estricto.

- e) Cualquier combinación lineal semipositiva de actividades de P pertenece a P .

Si suponemos que todas las unidades operan bajo rendimientos constantes a escala (CRS), es decir, que un incremento proporcional del vector de inputs se transforma en un incremento proporcional y de la misma cuantía en el vector de outputs, se verifica además que si $(x, y) \in P$, para cualquier valor real positivo $\alpha \geq 0$ $(\alpha x, \alpha y) \in P$.²²

²¹ En algunos textos en sentido estricto.

²² El apartado correspondiente a rendimientos a escala se estudian con detalle los elementos relacionados con los diferentes supuestos de rendimientos así como su identificación.

Definición II.5.2 (Conjunto de posibilidades de producción bajo rendimientos constantes a escala).

Considerando la notación de la Sección II.4, el conjunto de posibilidades de producción que verifica las anteriores propiedades puede construirse como

$$P = \{(x, y) \mid x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, \lambda \geq 0\}$$

siendo $\lambda \in \mathfrak{R}_n^+$ un vector de intensidades.

En CPP bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala, las propiedades definidas anteriormente determinan que dentro del conjunto se incluyan:

1. Los valores de las unidades o procesos observados.
2. Los valores de unidades que utilizan más input produciendo el mismo output o que producen más output consumiendo el mismo input.
3. Por el supuesto de rendimientos constantes a escala, cualquier unidad que se obtenga como resultado de reescalar una unidad contenida en el conjunto.

Definición II.5.3 (Unidad eficiente)

Se dirá que la unidad (x^j, y^j) es eficiente si no existe otra unidad (x^r, y^r) tal que $x^r \leq x^j$ e $y^r \geq y^j$ verificando alguna desigualdad de manera estricta.

Es decir, una explotación olivarera será eficiente si no existe ninguna otra explotación que consumiendo los mismos o menos recursos, tenga igual o mayor producción.

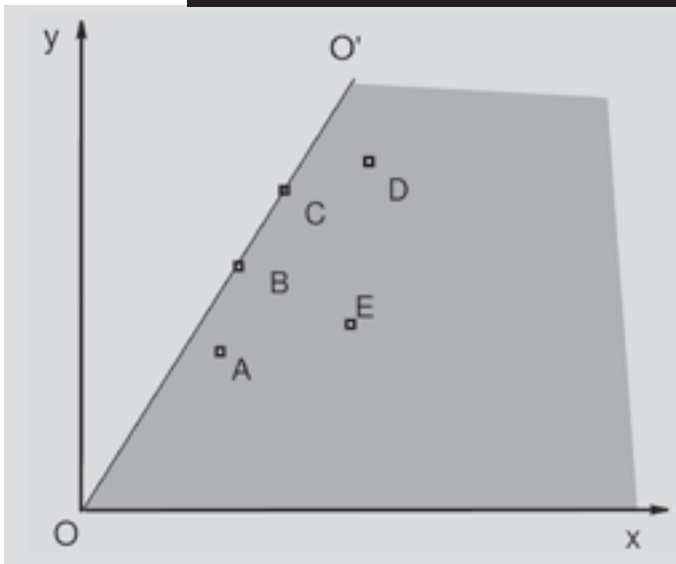
En la frontera del CPP se sitúan las unidades eficientes, por lo que dicho subconjunto constituye la frontera de eficiencia.

Gráficamente, consideramos en primer lugar el caso más simple en el que las unidades utilizan un único input ($m = 1$) y producen un único output ($s = 1$). En este caso, en la frontera de eficiencia se sitúan las unidades con un mayor valor del ratio output/input más aquellas unidades eficientes generadas con los datos observados y con los supuestos establecidos sobre la tecnología.

Con el supuestos de rendimientos constantes a escala, el CPP se representa en el gráfico II.1 por el área sombreada a la derecha de OO' .

GRÁFICO II.1

Conjunto de posibilidades de producción con rendimientos constantes a escala



Fuente: Elaboración propia.

En nuestro caso, las unidades B y C, se sitúan en la frontera de eficiencia, representada por la recta $\overline{OO'}$. El conjunto de posibilidades se extiende a lo largo de dicha recta consecuencia del supuesto de rendimientos constantes, ya que cualquier proceso consecuencia de reescalar un valor observado está dentro del CPP, y a la derecha de dicha recta por los supuestos de eliminación gratuita de inputs y outputs.

El grado de ineficiencia de las unidades puede medirse, como se verá, por la distancia relativa de cada una de ellas hasta la frontera de eficiencia. Las unidades más próximas son consideradas más eficientes ya que son aquellas con un mayor valor del cociente output/input, mientras que las unidades más alejadas de la frontera son consideradas menos eficientes.

Si sustituimos el supuesto de rendimientos constantes a escala por un supuesto más general de rendimientos variables a escala, VRS, dependiendo del tamaño de escala en la que opera cada unidad pueden aparecer rendimientos crecientes, decrecientes o constantes a escala. Se dirá que existen rendimientos a escala creciente cuando un incremento radial del conjunto factores de producción consumidos, manteniendo la proporción de inputs utilizados, da lugar a un incremento más que proporcional del output producido. En este caso, la unidad posee una escala por debajo

de la escala óptima y tiene incentivos para incrementarla. En nuestro estudio se correspondería con la situación, por la cual una empresa olivarera extendiera la superficie de cultivo, y el resto de los factores proporcionalmente y obtuviera un incremento de la producción de aceitunas, y otros productos considerados, más que proporcional.

Si el incremento del nivel de output es menos que proporcional, la unidad opera bajo rendimientos a escala decreciente y la escala a la que opera la unidad supera la escala óptima.

La organización tiene en el rendimiento decreciente y por tanto un incentivo a reducir la escala a la que opera.²³

Formalmente, para el caso de múltiples inputs y outputs pueden definirse²⁴ los rendimientos a escala en función del incremento radial de inputs y outputs según la Definición II.5.4.

Definición II.5.4 (Rendimientos a escala)

Sea (x^j, y^j) una unidad eficiente. Si se incrementa proporcionalmente el vector de inputs en $\alpha > 0$, supongamos que la unidad sigue siendo eficiente con vector de outputs β , dado el anterior nivel αx . Sea $\rho = \lim_{\alpha \rightarrow 1} \frac{\beta - 1}{\alpha - 1}$, entonces:

- Si $\rho > 1$ existen rendimientos crecientes a escala en (x^j, y^j) ;
- Si $\rho = 1$ existen rendimientos constante a escala en (x^j, y^j) ;
- Si $\rho < 1$ existen rendimientos decrecientes a escala en (x^j, y^j) ;

En el CPP bajo rendimientos variables a escala, se restringe el rango de variación del vector de intensidades, $\lambda \in \mathfrak{R}_n^+$, de manera que sus componentes sumen uno. La forma de este conjunto fue propuesta en Afriat (1972) y generalizado en Banker, Charnes, et Cooper (1984).

Definición II.5.5 (Conjunto de posibilidades de producción bajo rendimientos variables a escala)

El CPP bajo el supuesto de rendimientos variables a escala puede definirse como

$$P = \left\{ (x, y) \mid x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, \mathbb{1}^T \lambda = 1, \lambda \geq 0 \right\}$$

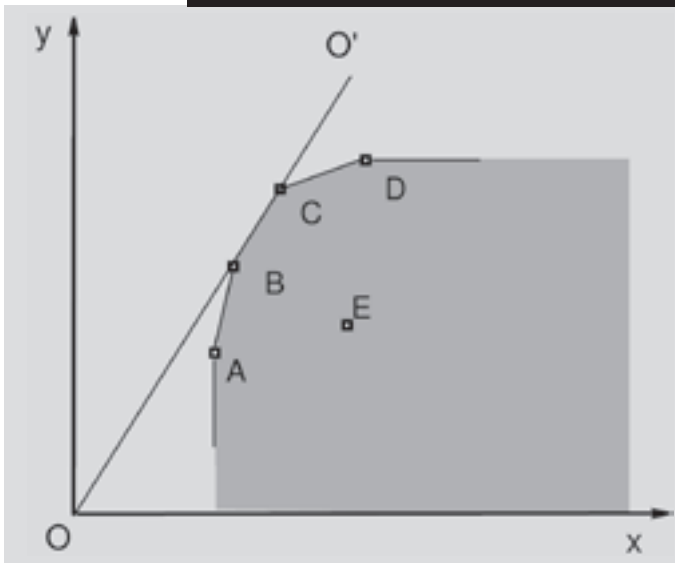
siendo $\lambda \in \mathfrak{R}_n^+$.

²³ Por supuesto, si el incremento de output es igual al incremento proporcional de input, estamos ante el caso de rendimientos constantes a escala que pueden verse como un caso particular de rendimiento variable. En este caso, la escala a la que opera la unidad coincide con la escala óptima.

²⁴ Thanassoulis (2001).

Como única diferencia con el caso anterior se impone la condición de convexidad en las combinaciones de los valores observados. En el caso de rendimientos variables no se permiten todas las combinaciones lineales de los valores observados, como en el caso de rendimientos constantes, lo que supone que el CPP se reduzca respecto al caso de rendimientos constantes.

GRÁFICO II.2 Conjunto de posibilidades de producción con rendimientos variables a escala

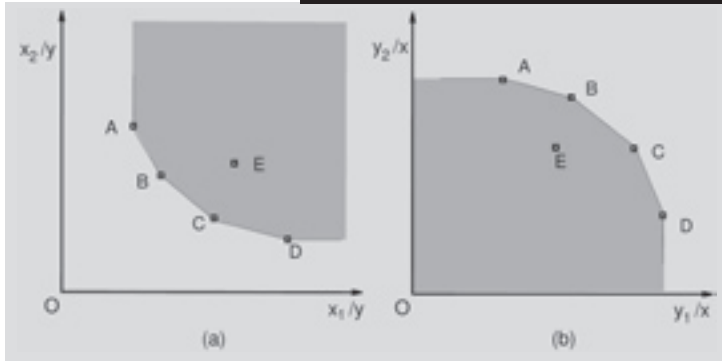


Fuente: Elaboración propia.

Gráficamente, el conjunto de posibilidades de producción y la frontera de eficiencia se representa en el gráfico II.2. La frontera del CPP está compuesta ahora por las unidades A, B, C y D. Supone, por tanto, un caso menos restrictivo que el anterior (en el caso de rendimientos constantes la frontera sólo estaría constituida por B y C) en cuanto a la construcción de la frontera, que se completa verticalmente por debajo de A y horizontalmente a la derecha de D como consecuencia de los supuestos de eliminación gratuita de inputs y outputs. Al igual que antes, el resto de unidades (ineficientes) quedan envueltas por la frontera e incluidas en un conjunto de posibilidades de producción más pequeño.

GRÁFICO II.3

Frontera de eficiencia de unidades con dos inputs y un output, a) y un input y dos output b)



Fuente: Elaboración propia.

La posibilidad de representar gráficamente el conjunto de posibilidades y su frontera se limita, además del caso anterior de un único input y un único output, a otros dos casos:

- a) Un único output y dos inputs. En este caso, en cada uno de los ejes representamos el valor de los factores de producción normalizados por unidad de producto, es decir, valores de consumo por unidad de producción.²⁵

La frontera de eficiencia está constituida, en este caso, por las unidades más cercanas al origen, es decir, por aquellas unidades cuyo consumo por unidad de producto es menor.

En el supuesto de rendimientos a escala variables, los puntos extremos la frontera discurre paralela a los ejes.

En el gráfico II.3 (a), la frontera de eficiencia está constituida por las unidades A, B, C y D. La unidad E, por contra, es la única unidad ineficiente del conjunto, la única unidad que queda fuera de la frontera de eficiencia.

²⁵ En este caso se asume implícitamente el supuesto de rendimientos constantes a escala. En el caso de que el valor del producto sea constante para el conjunto de unidades podría representarse directamente el valor de factores consumidos.

- b) Un único input y dos outputs. De manera análoga al anterior, para cada uno de los ejes representamos el valor unitario de las producciones, es decir, y_1 e y_2 por unidad de input (gráfico II.3 (b)).

La frontera de eficiencia, en este último caso, la constituyen aquellas unidades más alejadas del origen, aquellas organizaciones con una mayor producción por unidad de input.

Para los problemas con un número mayor de productores y factores que los enumerados, la construcción de la frontera de eficiencia y del conjunto de posibilidades no puede hacerse de una forma gráfica tan sencilla, por lo que se recurre, como se verá a continuación, a resolución de problemas a través de la programación lineal.

II.6 Modelos básicos

Analizamos a continuación las características básicas de los modelos DEA más usuales, analizamos los diferentes modelos que pueden obtenerse como resultado de combinar diferentes conjuntos de posibilidades de producción, a través de los supuestos que se imponen para su construcción, con la definición de diferentes medidas de eficiencia.

En los siguientes apartados, se explica en detalle el primer modelo para, a continuación, hacer un recorrido más sintético por el resto de modelos considerados.

II.6.1. Modelo CCR

El modelo propuesto inicialmente por Charnes, Cooper et Rhodes (1978) tradicionalmente aparece en la literatura científica referido con las iniciales de sus creadores CCR. Se caracteriza por un conjunto de posibilidades de producción con rendimientos constantes a escala.

Utilizando la notación de la Sección II.4, suponemos que se desea evaluar la eficiencia relativa de una unidad (explotación olivarera) cualquiera que denotamos por DMU_o ($o = 1, \dots, n$), a través del valor de su PTF. Para esta unidad, se construye un input y output virtual de la forma:

$$\text{Input virtual} = v_1 x_{1o} + \dots + v_m x_{mo}$$

$$\text{Output virtual} = u_1 y_{1o} + \dots + u_s y_{so}$$

donde $v_k, k=1, \dots, m$ y $u_r, r=1, \dots, s$, son, respectivamente, los pesos asociados a inputs y outputs y se consideran valores no conocidos.

Se pretende determinar, para cada unidad, los vectores de pesos $u = u_1, \dots, u_s$ y $v = v_1, \dots, v_m$ y tales que maximicen el ratio output virtual/input virtual. Se evalúa, por tanto, la eficiencia de las unidades²⁶ como ratio de las sumas ponderadas de output e input para cada unidad considerando el conjunto de unidades incluidas en el estudio. Para la estimación de esta medida relativa se recurre a la programación lineal.²⁷

El programa que evalúa una unidad cualquiera, $DMU_o, o=1, \dots, n$, y que permitirá obtener los valores de los pesos u y v , es de la forma:

$$\begin{aligned} \max \quad & \theta = \frac{u_1 y_{1o} + \dots + u_s y_{so}}{v_1 x_{1o} + \dots + v_m x_{mo}} \\ \text{s.a.} \quad & \frac{u_1 y_{1j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1 \quad (j=1, \dots, n) \\ & v_1, \dots, v_m \geq 0 \\ & u_1, \dots, u_s \geq 0 \end{aligned} \quad (II.1)$$

En (II.1) la función objetivo busca obtener los vectores de pesos u y v que maximice el ratio para la unidad evaluada. Las n restricciones, obligan a que el valor del ratio para todas las unidades consideradas, incluida la unidad evaluada, con los vectores en el óptimo, u^* y v^* ,²⁸ es decir, en las condiciones más favorables para la unidad evaluada, no superen el valor máximo de la función objetivo en este conjunto factible, $\theta^*=1$.²⁹

Esto es, el programa lineal estima las ponderaciones de los inputs y outputs para cada explotación olivarera de forma que se obtenga para cada una el mayor valor de eficiencia, θ^* , pero de forma que esas ponderaciones fueran factibles para cualquiera otra explotación. Así el valor θ^* obtenido es en realidad una cota de máxima eficiencia.

²⁶ Farrel (1957).

²⁷ Para evaluar el total de las unidades se han de plantear, por tanto, n programas lineales, uno por cada una de las unidades consideradas como característica común de las metodologías no paramétricas en las que no se optimiza el conjunto de datos sino cada observación individualmente.

²⁸ Con el superíndice $*$ denotamos los valores de las variables en el óptimo.

²⁹ En este caso, puede comprobarse como el valor estimado para es independiente de las unidades de medida utilizadas en las variables. Véase, p. ej., Cooper, Seiford et Tone (2000).

El programa fraccional (II.1) puede transformarse en un programa lineal mediante una sencilla transformación algebraica. Si imponemos que $v_1 x_{1o} + \dots + v_m x_{mo} = 1$, la eficiencia de la DMU_o puede evaluarse mediante el siguiente programa lineal:

$$\begin{aligned}
 \max \quad & \theta = u_1 y_{1o} + \dots + u_s y_{so} \\
 \text{s.a.} \quad & v_1 x_{1o} + \dots + v_m x_{mo} = 1 \\
 & u_1 y_{1j} + \dots + u_s y_{sj} - (v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}) \leq 0 \quad (j=1, \dots, n) \\
 & v_1, \dots, v_m \geq 0 \\
 & u_1, \dots, u_s \geq 0
 \end{aligned} \tag{II.2}$$

O bien, de manera vectorial,

$$\begin{aligned}
 \max \quad & u^t y^o \\
 \text{s.a.} \quad & v^t x^o = 1 \\
 & -v^t X + u^t Y \leq 0 \\
 & v \geq 0 \\
 & u \geq 0
 \end{aligned} \tag{II.3}$$

Definición II.6.1 (Eficiencia CCR)

La unidad evaluada, DMU_o , es CCR-eficiente si y solo si $\theta^* = 1$ en (II.2) y existe al menos una solución óptima (u^*, v^*) tal que $u^* > 0$ y $v^* > 0$. En otro caso, la unidad es ineficiente.

En el caso de que $\theta^* < 1$ la unidad es calificada como ineficiente. En este caso, existe al menos una restricción del programa (II.2) distinta a la que se corresponde con la DMU_o saturada, o lo que es igual, existe una unidad para la cual el valor (u^*, v^*) convierte la desigualdad en igualdad.

Para cada DMU_j , $j = 1, \dots, n$, se resuelve un problema semejante a (II.2). El valor obtenido para (u^*, v^*) obviamente difiere de una unidad a otra.³⁰

Lo que si puede afirmarse es que cada unidad obtiene la mejor valoración posible, por lo que si una unidad es ineficiente con los valores obtenidos de (II.2) lo será también con cualquier otro vectores de pesos que se le asigne. Así ningún empresario olivarero tendría incentivos a mostrar su rechazo al sistema de pesos óptimo asignado por el programa lineal, como ya se ha expuesto anteriormente.

³⁰

La flexibilidad de los pesos es de las mayores ventajas y a la vez una de los mayores debilidades del modelo. En la Sección 2.10, se trata este aspecto.

Para cada $j = 1, \dots, n$, se considera asimismo el conjunto:

$$E'_o = \left\{ j : \sum_{r=1}^s u_r^* y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i^* x_{ij} = 0 \right\}$$

El subconjunto de E'_o compuesto por las unidades eficientes, que denotamos por E_o , se denomina conjunto de referencia. El conjunto expandido de E_o constituye la frontera eficiente de la DMU_o .

El par (u^*, v^*) obtenido de la resolución de (II.2) es el valor de los pesos que permite obtener un ratio más favorable para la unidad evaluada. Los valores de cada componente determinan la importancia relativa de cada uno de los inputs y output individuales dentro del correspondiente valor virtual. De igual manera, los productos $v_i^* x_{ij}$ ofrecen una medida de la aportación relativa al input virtual.³¹

La relación del modelo DEA con el conjunto de posibilidades de producción definidos en la Sección II.5 puede verse claramente a partir del planteamiento dual del modelo (II.2).³²

$$\begin{aligned} \min \quad & \theta \\ \text{s.a.} \quad & X\lambda \leq \theta x^o \\ & Y\lambda \geq \theta y^o \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{II.4}$$

En (II.4) las unidades eficientes se caracterizan por un valor $\theta^* = 1$, $\lambda_o^* = 1$ y $\lambda_j^* = 0 \forall j \neq o$. Para las unidades ineficientes, $\theta^* < 1$ y algunos valores de λ_j^* son distintos de cero.

Puede verse la relación entre este planteamiento dual y el conjunto de posibilidades de producción. Las restricciones del programa exigen que $(\theta x^o, \theta y^o)$ pertenezca al conjunto P . La función objetivo busca el mínimo valor de θ , que en este caso representa una reducción radial de los inputs, sujeto a que este nuevo nivel de actividad pertenezca al conjunto de posibilidades de producción. Se busca, por tanto, un vector (x, y) perteneciente a P en la que el nivel de output producido se mantenga en el valor observado y^o , mientras que los valores de input consumido se reduzcan de manera proporcional en su cuantía máxima, hasta x^o .

³¹ Ídem para los outputs.

³² En trabajos posteriores las notaciones dual y primal aparecen al contrario de la definición original de Charnes, Cooper et Rhodes (1978). Al planteamiento primal, (II.2), también se le denota como forma multiplicativa; al planteamiento dual, (II.4), también suele referirse como forma envolvente del modelo. El modelo (II.1) suele denotarse como forma fraccional.

El programa (II.4) puede completarse con las variables de holgura necesarias de la forma:

$$\begin{aligned} \min \quad & \theta \\ \text{s.a.} \quad & X\lambda + s^- = \theta x^o \\ & Y\lambda - s^+ = y^o \\ & \lambda \geq 0, s^+, s^- \geq 0 \end{aligned} \tag{II.5}$$

El vector de holgura $s^- = \theta x^o - X\lambda$ representa el posible exceso de input mientras que $s^+ = Y\lambda - y^o$ representa una posible escasez de output de los valores observados respecto de las unidades eficientes.

Para obtener los posibles valores de estas holguras se resuelve un problema lineal en dos fases Cooper, Seiford et Tone (2000):

Fase 1: Se resuelve el problema dual original (II.4) obteniendo un valor θ^* que ha de coincidir con el valor en el óptimo del correspondiente problema primal (II.2). El valor obtenido representa la eficiencia CCR o eficiencia de Farrell.

Fase 2: Incorporando el valor de θ^* obtenido en la Fase 1, se resuelve el siguiente programa lineal:

$$\begin{aligned} \max \quad & w = \bar{1} s^- + \bar{1} s^+ \\ \text{s.a.} \quad & s^- = \theta^* x^o - X\lambda \\ & s^+ = Y\lambda - y^o \\ & \lambda \geq 0, s^+ \geq 0, s^- \geq 0 \end{aligned} \tag{II.6}$$

El objetivo de esta segunda fase es encontrar una solución que maximice los valores de holgura manteniendo que $\theta = \theta^*$.

Definición II.6.2 (Solución de máxima holgura, actividad de holgura cero)

Una solución óptima del programa $(\lambda^*, s^{+*}, s^{-*})$ de la fase 2 (II.6) es denominada solución de máxima holgura. Si la anterior solución verifica que $s^{+*} = 0$ y $s^{-*} = 0$ entonces es denominada actividad o proceso de holgura cero.

Definición II.6.3 (Eficiencia CCR)

Si la solución óptima $(\theta^*, \lambda^*, s^{+*}, s^{-*})$ del problema en dos fases satisface que $\theta^* = 1$ y es de holgura cero, la DMU_o es llamada CCR-eficiente. En otro caso, la unidad es calificada como ineficiente ya que ambas condiciones deben satisfacerse para una eficiencia completa.

La primera de las condiciones, $\theta^* = 1$, es referida como eficiencia técnica. Un valor de $\theta^* < 1$ representa ineficiencia técnica en la unidad observada: todos los inputs han de reducirse simultáneamente sin alterar la proporción en la que son utilizados por la unidad en su proceso de producción. La reducción máxima que puede realizarse dentro del conjunto de posibilidades de producción es $(1 - \theta^*)$. Una reducción superior ha de realizarse a través de valores positivos de las variables de holgura, lo que supone, necesariamente, un cambio en las proporciones en las que los inputs son utilizados. Las ineficiencias asociadas con variables de holgura distintas de cero se denotan como ineficiencias de proporción o *MIX efficiency*.³³

Las unidades que verifican ambas condiciones son referidas también como Pareto-eficientes.

Definición 11.6.4 (Eficiencia Pareto-Koopmans)

Una DMU es totalmente eficiente si y sólo si no es posible mejorar ningún input u output sin empeorar alguna otra variable.

Con este planteamiento dual se evalúa la posición que cada DMU ocupa en el CPP, bien formando parte de la frontera del conjunto, en cuyo caso no existe reducción posible en el valor observado de input, o bien en el interior del CPP, en cuyo caso sí existe posibilidad de reducir el valor observado de inputs manteniendo la unidad dentro del CPP.

Para cada unidad ineficiente, DEA ofrece un valor asociado en la frontera de eficiencia o unidad de referencia que puede construirse como combinación de los elementos del conjunto de referencia.

Definición 11.6.5 (Conjunto de referencia)

Para cada unidad ineficiente definimos su conjunto de referencia, E_o , como $E_o = \{j | \lambda_j^ > 0\} (j = 1, \dots, n)$.*

A partir de este conjunto, las soluciones óptimas pueden expresarse como:

$$\theta^* x^o = \sum_{j \in E_o} x^j \lambda_j^* + s^{-*}$$

$$y^o = \sum_{j \in E_o} y^j \lambda_j^* - s^{+*}$$

³³

Esta última ineficiencia aparece referida por otros autores como ineficiencia débil.

Tomando como referencia la relación anterior, puede deducirse una vía para mejorar las unidades ineficientes proyectándolas en la frontera de eficiencia hasta su correspondiente unidad de referencia,

$$\begin{aligned}\theta^* \hat{x}^o &= \theta^* x^o - s^{-*} \leq x^o \\ \hat{y}^o &= y^o + s^{+*} \geq y^o\end{aligned}$$

La anterior proyección, puede hacerse tomando utilizando las unidades incluidas en el conjunto de referencia de la forma:

$$\begin{aligned}\hat{x}^o &= \sum_{j \in E_o} x^j \lambda^* \\ \hat{y}^o &= \sum_{j \in E_o} y^j \lambda^*\end{aligned}$$

Como puede verse, las proyecciones sobre la frontera se construyen como combinación lineal de unidades del conjunto de referencia, todas ellas unidades eficientes.

II.6.2. Modelo CCR orientado al output

En el modelo descrito en la Sección II.6.1, el objetivo es maximizar el valor del valor de PTF, lo que en la forma envolvente se traduce en un modelo que busca estimar la máxima contracción radial del vector de input manteniendo inalterado el valor observado de outputs para que la unidad siga perteneciendo al CPP. A este conjunto de modelos en los que para alcanzar la frontera de eficiencia se reduce la cantidad de input observado manteniendo constante el valor observado de output se denominan orientados al input.³⁴

De la misma forma, pueden plantearse modelos que buscan maximizar el output sin utilizar más de la cantidad observada de input, es decir, modelos en los que para alcanzar la frontera de eficiencia se incrementa equiproporcionalmente el output manteniendo inalterado el nivel de input observado. A estos modelos se los denomina genéricamente orientados al output.

Para cada una de estas orientaciones puede plantearse un concepto de eficiencia.³⁵

³⁴ Al modelo CCR con orientación al input lo denotamos como CCR - I.

³⁵ Thanassoulis (2001).

Definición 11.6.6 (Eficiencia orientada al output)

Una unidad (x^i, y^j) es eficiente orientada al output si no existe otra observación (x^r, y^r) tal que $y_{ir} \geq y_{ij}, i=1, \dots, m$ con algún i tal que $y_{ir} > y_{ij}$ y $x^r \leq x^i$.

Definición 2.6.7 (Eficiencia orientada al input)

Una unidad (x^i, y^j) es eficiente orientada al input si no existe otra observación (x^r, y^r) tal que $x_{ir} \leq x_{ij}, i=1, \dots, m$ con algún i tal que $x_{ir} < x_{ij}$ y $y^r \geq y^j$.

La formulación del modelo CCR orientado al output (CCR - O) en su forma envolvente es:

$$\begin{aligned} \max \quad & \eta \\ \text{s.a.} \quad & X\mu \leq x^o \\ & Y\mu \geq \eta y^o \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{11.7}$$

Puede verse la relación entre el modelo CCR - O y el correspondiente orientado al input. Simplemente si hacemos $\eta = 1/\theta$ y $\mu = \lambda/\theta$ puede deducirse el modelo (11.4) a partir de (11.7). De las relaciones anteriores, además, se deduce que $\eta^* \geq 1$.³⁶

En este modelo η^* representa el máximo incremento radial de la unidad evaluada para que siga perteneciendo al CPP. Al igual que el modelo CCR con orientación al input, a las unidades eficientes les corresponde un valor $\eta^* = 1$ un valor más alto de η^* caracteriza a las unidades menos eficientes en tanto $\eta^* - 1$ representa la tasa de incremento radial del output producido necesaria para alcanzar la frontera de eficiencia manteniendo inalterado el valor de input observado.

Para las unidades ineficientes las proyecciones sobre la frontera de eficiencia son análogas al del modelo CCR - I. Partiendo de (11.7) y denotando por t^+ y t^- las correspondientes variables de holgura:

$$\begin{aligned} \hat{x}^o &= x^o - t^- \\ \hat{y}^o &= \eta^* y^o + t^+ \end{aligned}$$

El planteamiento dual de (11.7), utilizando los vectores de pesos p y q asociados a inputs y outputs respectivamente, es de la forma:

³⁶ Cooper, Seiford et Tone (2000).

$$\begin{aligned}
 \min \quad & p^t x^o \\
 \text{s.a.} \quad & q^t y^o = 1 \\
 & -p^t X + q^t Y \leq 0 \\
 & p \geq 0, q \geq 0
 \end{aligned} \tag{II.8}$$

Al igual que antes, puede deducirse el correspondiente modelo orientado al input (II.2) realizando el cambio de variables $p^* = v^*/\theta^*$ y $q^* = u^*/\theta^*$.³⁷

Tomando como referencia (II.8) puede construirse el correspondiente planteamiento fraccional, que se transforma en un modelo en el que se minimiza la inversa del valor de PTF.

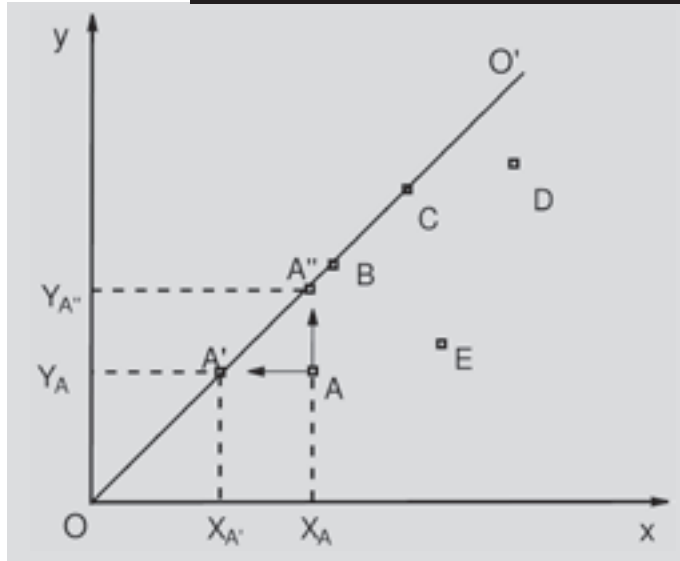
$$\begin{aligned}
 \min \quad & \frac{p^t x^o}{q^t y^o} \\
 \text{s.a.} \quad & \frac{p^t X}{q^t Y} \geq 1 \\
 & p \geq 0, q \geq 0
 \end{aligned} \tag{II.9}$$

Como puede verse, cambia el ratio con el que se evalúa la eficiencia, que coincide con el inverso del modelo orientado al input, así como el signo de la desigualdad de las restricciones, que en este caso imponen que el valor del ratio de eficiencia para el conjunto de unidades sea mayor que uno.

Para el caso más simple, unidades que utilizan un único input para producir un único output, puede aproximarse el análisis de eficiencia del modelo CCR de manera gráfica.

En el gráfico II.4 se representa al conjunto de observaciones así como la frontera de eficiencia para el supuesto de rendimientos constantes a escala, representada por la recta $\overline{OO'}$ y a la que pertenecen las unidades eficientes, B y C. El resto de unidades, que son consideradas ineficientes, quedan envueltas por dicha frontera.

GRÁFICO II.4 Eficiencia en el modelo CCR



Fuente: Elaboración propia.

En el modelo con orientación al input, analíticamente se evalúa la máxima contracción del vector de inputs, manteniendo constante el valor observado de output, de manera que la unidad siga perteneciendo al conjunto de posibilidades de producción. Gráficamente, se evalúa la máxima traslación horizontal a la izquierda que puede efectuar la unidad manteniéndose dentro del conjunto de posibilidades de producción, o lo que es lo mismo, hasta alcanzar la frontera de dicho conjunto.

Es claro que para las unidades situadas en la frontera, como la unidad B, no existe la posibilidad de trasladar horizontalmente hacia la izquierda sin que ello suponga salir del conjunto de unidades factibles. En el caso de unidades eficientes, la máxima contracción permitida es, por tanto, nula. En el caso de unidades ineficientes, por ejemplo la unidad A, sí existe posibilidad de contraer el valor observado de input, lo que supone proyectar la unidad hasta el punto A', que constituye la correspondiente unidad de referencia.

La medida de eficiencia de una unidad puede aproximarse por la distancia relativa de dicha unidad hasta la frontera de eficiencia. En el caso de la unidad A y con la orientación al input, la medida de eficiencia es igual a $\theta_A = (X_A - X_{A'}) / X_A$.³⁸

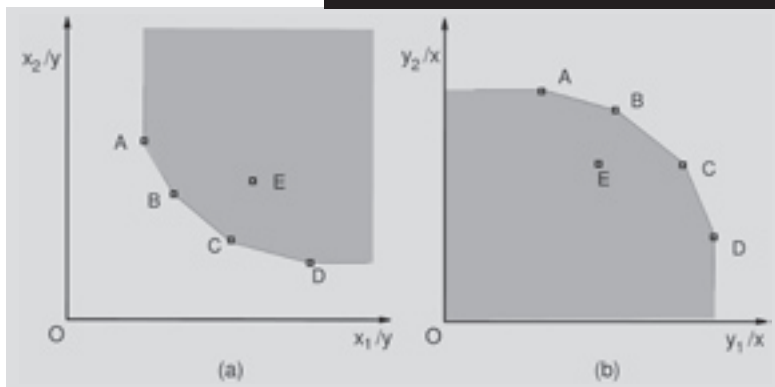
³⁸ Valor que, necesariamente es menor que 1.

El valor $1-\theta_A$ representa, además, la contracción necesaria del valor observado de input de la unidad A para alcanzar la frontera de eficiencia. Es claro que las unidades eficientes se caracterizan por valores de eficiencia igual a 1, con lo que la variación necesaria del input es igual a 0.

En el caso del modelo orientado al output el razonamiento es análogo al caso anterior considerando, en este caso, que se realiza una expansión del valor del output manteniendo constante el valor observado de input. Gráficamente, los movimientos de las unidades se realizan de forma vertical hacia arriba. Es el caso de la unidad A, su unidad de referencia es A'' y su medida de eficiencia se aproxima por el cociente $\eta_A = (Y_{A''} - Y_A) / Y_{A''}$. El valor $\eta_A - 1$ representa el incremento proporcional del output necesario para que, manteniendo el valor de input inalterado, la unidad A alcance la frontera de eficiencia.

Si se representan unidades que utilizan dos inputs para producir un único output, gráfico II.5 (a), o bien un único input para producir dos outputs diferentes, gráfico II.5 (b), pueden verse más claramente los movimientos de las unidades ineficientes hacia la frontera de eficiencia que determinan las medidas radiales como las del modelo CCR. En ambos casos, el movimiento hacia la frontera se realiza a través del radiovector que une el origen con la unidad evaluada, lo que supone que las componentes del vector se modifique de manera equiproporcional. La ineficiencia de las unidades puede estimarse como la distancia relativa de cada una de ellas a la frontera, $d(E, E') / d(O, E)$.

GRÁFICO II.5 Proyección de unidades ineficientes



Fuente: Elaboración propia.

II.6.3. Modelo BCC

En el modelo CCR se impone como supuesto que las unidades operan bajo rendimientos constantes a escala. En el modelo propuesto por Banker, Charnes, et Cooper (1984), se relaja este supuesto. El conjunto de posibilidades de producción está formado, tal como se vio anteriormente, por el cono convexo que generan las DMUs observadas.

$$P = \left\{ (x, y) \mid x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0 \right\}$$

La única diferencia con el modelo CCR reside en la inclusión de una restricción adicional $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ con $\lambda_j \geq 0, \forall j$, que exige la convexidad en la combinación de las unidades.³⁹

El modelo orientado al input para evaluar a la $DMU_o, o = 1, \dots, n$, en su forma envolvente (a partir de aquí planteamiento primal):

$$\begin{aligned} \min \quad & \theta_b \\ \text{s.a.} \quad & X\lambda \leq \theta_b x^o \\ & Y\lambda \geq y^o \\ & \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \\ & \lambda_i \geq 0 \end{aligned} \tag{II.10}$$

El correspondiente modelo dual:

$$\begin{aligned} \max \quad & z_o = u^t y^o - u_o \\ \text{s.a.} \quad & v^t x^o = 1 \\ & -v^t X + u^t Y - u_o \bar{1} \leq 0 \\ & v \geq 0, u \geq 0, u_o \text{ libre} \end{aligned} \tag{II.11}$$

El modelo fraccional equivalente a (II.11) es:

$$\begin{aligned} \max \quad & \frac{u^t y^o - u_o}{v^t x^o} \\ \text{s.a.} \quad & \frac{u^t Y - u_o \bar{1}}{v^t X} \leq 1 \\ & v \geq 0, u \geq 0, u_o \text{ libre} \end{aligned} \tag{II.12}$$

³⁹ El análisis gráfico de este modelo para el caso de un único input y un único output es análogo al del modelo CCR, con la única diferencia de la forma de la frontera de eficiencia.

Es claro que la diferencia entre ambos modelos, CCR - I (II.1) y BCC - I (II.12), reside en la presencia de la variable libre u_o asociada a la restricción $\sum \lambda = 1$ del planteamiento envolvente.⁴⁰ La solución óptima $(\theta_B^*, \lambda^*, s^{+*}, s^{-*})$ recoge los valores óptimos de eficiencia, con θ^* que nunca será inferior al valor correspondiente al modelo con rendimientos a escala constante en tanto en el modelo BCC se impone una restricción adicional respecto al CCR con lo que se reduce el conjunto factible así como los valores de exceso de input, s^{-*} , y escasez de output, s^{+*} . Al igual que en el caso del modelo CCR, para la evaluación de la eficiencia se resuelve un problema en dos fases, en primer lugar calculando θ_B^* correspondiente a (II.10) para, en una segunda fase, obtener los valores de las variables de holgura imponiendo que $\theta^* = \theta_B^*$.

Definición II.6.8 (Eficiencia BCC)

Si la solución óptima $(\theta_B^*, \lambda^*, s^{+*}, s^{-*})$ en (II.10) satisface que $\theta_B^* = 1$ y las holguras son iguales a cero, $s^{+*} = s^{-*} = 0$, la DMU_o es calificada como BCC-eficiente. En otro caso, la unidad es ineficiente.

Definición II.6.9 (Conjunto de referencia)

Para una unidad ineficiente se define el conjunto de referencia E_o basado en la solución óptima como:

$$E_o = \{j | \lambda_j^* > 0\} \quad (j = 1, \dots, n)$$

Al igual que en el anterior modelo, las unidades ineficientes son proyectadas sobre la frontera de eficiencia de la forma:

$$\begin{aligned} \hat{x}^o &= \theta_B^* x^o - s^{-*} \\ \hat{y}^o &= y^o + s^{+*} \end{aligned}$$

II.6.4. Modelo BCC orientado al output

Cambiando la orientación al output, el modelo BCC en su forma envolvente queda:

$$\begin{aligned} \max \quad & \eta_B \\ \text{s.a.} \quad & X\lambda \leq x^o \\ & Y\lambda \geq \eta_B y^o \\ & \sum \lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{II.13}$$

⁴⁰ Puede verse, por tanto, al modelo CCR como un caso particular del modelo BCC en el que se impone que $u_o = 0$.

La forma multiplicativa, el planteamiento dual de (II.13) tiene la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}
 \min \quad & z = v^t x^o - v_o \\
 \text{s.a.} \quad & u^t y^o = 1 \\
 & v^t X - u^t Y - v_o \bar{1} \geq 0 \\
 & v \geq 0, u \geq 0, v_o \text{ libre}
 \end{aligned}
 \tag{II.14}$$

Por último, el correspondiente modelo fraccional:

$$\begin{aligned}
 \max \quad & z = \frac{v^t x^o - v_o}{u^t y^o} \\
 \text{s.a.} \quad & \frac{v^t X - v_o \bar{1}}{u^t Y} \geq 1 \\
 & v \geq 0, u \geq 0, v_o \text{ libre}
 \end{aligned}
 \tag{II.15}$$

En este caso, las proyecciones de las unidades ineficientes son de la forma:

$$\begin{aligned}
 \hat{x}^o &= x^o - s^{-*} \\
 \hat{y}^o &= \eta_B^* y^o + s^{+*}
 \end{aligned}$$

II.6.5. Resumen de las características de los modelos básicos

En el Cuadro II.1 se resumen las principales características que han de ser consideradas en la elección de uno u otro modelo DEA.⁴¹

CUADRO II.1		Principales características de los modelos DEA básicos			
		Modelo	CCR-I	CCR-0	BCC-I
Datos					
	X	$\in M(\mathfrak{R}^+)$	$\in M(\mathfrak{R})$	$\in M(\mathfrak{R}^+)$	$\in M(\mathfrak{R})$
	Y	$\in M(\mathfrak{R})$	$\in M(\mathfrak{R}^+)$	$\in M(\mathfrak{R})$	$\in M(\mathfrak{R}^+)$
Invariante a traslación					
	X	No	No	No	Sí
	Y	No	No	Sí	No
Invariante a cambio de unidades		Sí	Sí	Sí	Sí
Rendimientos a escala		CRS	CRS	VRS	VRS
Rango de variación de θ^*		$0 \leq \theta^* \leq 1$	$\theta^* \geq 1$	$0 \leq \theta^* \leq 1$	$\theta^* \geq 1$

Fuente: Elaboración propia.

⁴¹ Cooper, Seiford et Tone (2000).

2.6.6. Incorporación del infinitésimo ε

Para facilitar la resolución de los programas, la restricción de no negatividad para los pesos de la forma multiplicativa se sustituye habitualmente por restricciones del tipo $u_r, v_i \geq \varepsilon, \forall r, i$; en las que representa un infinitésimo no arquimediano, es decir $0 \leq \varepsilon \leq \frac{1}{M}$ para cualquier M entero positivo.

El papel del infinitésimo ε es doble. Por una lado, garantiza que el valor del denominador del programa fraccional no alcance el valor cero. Por otro, asegura que todas a todas las variables implicadas en el estudio se les asigna un peso, aunque en la práctica los pesos suficientemente pequeños sean tratados como nulos.⁴² El sentido económico de es el de evitar la contribución de un input/output a la PTF sea nula. En ese caso las funciones de producción de esa unidad sería diferente a la de las demás DMUs y por tanto las organizaciones no serían comparables. En nuestro estudio no sería posible que la aportación, p. ej., del número de olivos o de la superficie de la explotación (inputs)⁴³ sean nulas, o que la aportación del empleo generado (output) sea nula.

El modelo CCR - I con esta modificación queda como

$$\begin{aligned} \max \quad & u^t y^o \\ \text{s.a.} \quad & v^t x^o = 1 \\ & -v^t X + u^t Y \leq 0 \\ & u, v \geq \varepsilon \bar{1} \end{aligned} \tag{II.16}$$

En la forma envolvente, se modifica la función objetivo en la que aparecen ahora con signo negativo las sumas de las componentes de los vectores de holguras multiplicadas por ε ,

$$\begin{aligned} \min \quad & \theta - \varepsilon \left(\bar{1}^t s^- + \bar{1}^t s^+ \right) \\ \text{s.a.} \quad & X\lambda + s^- = \theta x^o \\ & Y\lambda - s^+ = y^o \\ & \lambda \geq 0, s^+, s^- \geq 0 \end{aligned} \tag{II.17}$$

Los resultados obtenidos con la restricción original de no negatividad son igualmente válidos para este planteamiento. De manera análoga, pueden plantearse el resto de modelos radiales, CCR - O, BCC - I y BCC - O, incorporando ε .

⁴² Wong et Beasley (1990).

⁴³ Véase Sección II.12.

II.7 Rendimientos a escala

El supuesto general de rendimientos constantes, que se corresponde con no realizar ninguna suposición sobre los rendimientos a escala, no es siempre adecuado en las aplicaciones a datos reales, en tanto existen situaciones en las que el valor de la productividad media se ve afectado por el tamaño de escala al que se opera la unidad. En el presente apartado se analizan los elementos relacionados en DEA con los supuestos de rendimientos a escala.

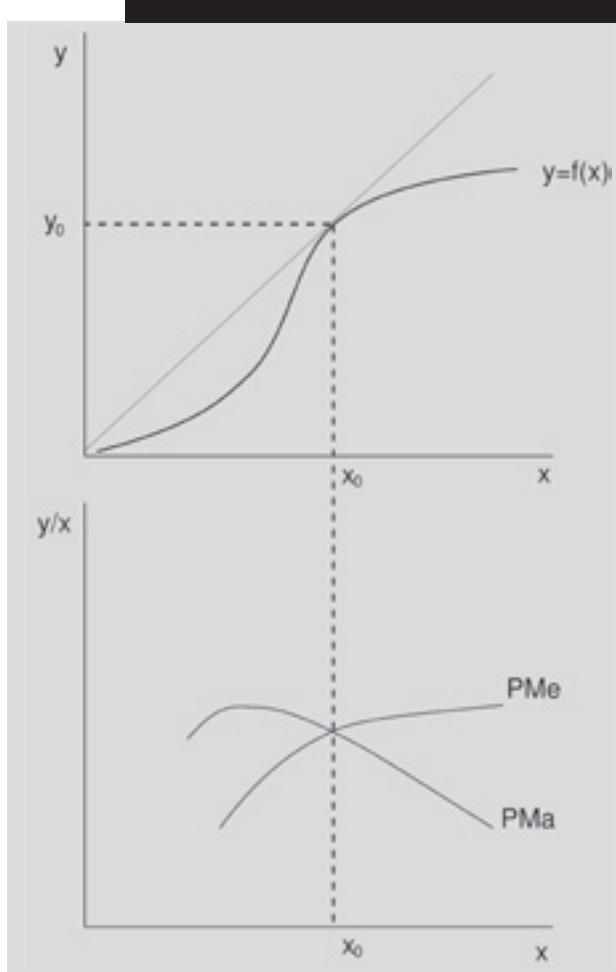
Una unidad se dirá que opera bajo rendimientos crecientes a escala (IRS) si ante un incremento radial del nivel de input, con lo que se mantendría la proporción de inputs utilizados, se mantiene como eficiente con un incremento más que proporcional en los niveles de output. Si el incremento es menos que proporcional, se dirá que opera bajo rendimientos decrecientes a escala (DRS), y en el caso de que ambas variaciones sean iguales, se dirá que opera bajo rendimientos constantes a escala (CRS).

El concepto de función de producción, $y = f(x)$, expresa los procesos productivos en los que a cada valor de input, x , se asocia el máximo valor de output, y . Cualquier punto de dicha función, representada en la gráfica superior del gráfico II.6, es eficiente desde el punto de vista técnico.

En el gráfico inferior del gráfico II.6 se representan las funciones de productividad media, PMe , que representa el valor del cociente y/x , que se corresponde con la pendiente del rayo que une el origen con cada punto de la función y productividad marginal, PMa , calculada como dy/dx y que se corresponde con la pendiente de la función en cada punto.

El valor de productividad media se sitúa por debajo de la productividad marginal hasta el valor x_0 , lo que supone que el output varía más que proporcionalmente respecto a las variaciones del input hasta llegar a x_0 y menos que proporcionalmente cuando se supera dicho valor. Producciones por debajo de y_0 hacen que la empresa opere bajo el supuesto de rendimientos a escala creciente: un incremento en los factores de producción se traduce en un incremento más que proporcional del valor producido, con lo que la empresa tiene un incentivo a incrementar la escala a la que opera. Si la empresa produce por encima de y_0 opera bajo rendimientos a escala decreciente. En tal caso la unidad ha superado la escala óptima e incrementos del consumo de los factores se traducen en incrementos de producción menos que proporcionales, con lo que la empresa tiene un incentivo a reducir su escala.

GRÁFICO II.6 Función de producción, productividad media y marginal



Fuente: Elaboración propia.

El anterior concepto puede formalizarse calculando el máximo de la función productividad media:

$$\frac{d\left(\frac{y}{x}\right)}{dx} = \frac{xdy - y}{x^2} = 0 \Rightarrow e(x) = \frac{x}{y} \frac{dy}{dx} = 1$$

En el máximo, el valor de elasticidad $e(x) = \frac{x}{y} \frac{dy}{dx} = 1$, o, lo que es lo mismo, los valores de productividad media y marginal se igualan.

En x_0 , aparecen rendimientos constantes a escala con lo que el incremento relativo del output, dy/y , coincide con el incremento relativo del input, dx/x . A la izquierda de x_0 , se verifica $\frac{dy}{dx} > \frac{y}{x} \Rightarrow e(x) > 1$, con lo que la unidad opera bajo rendimientos crecientes a escala. A la derecha de x_0 , $\frac{dy}{dx} < \frac{y}{x} \Rightarrow e(x) < 1$ y existen rendimientos decrecientes a escala.

Supongamos una unidad eficiente, (x, y) , cuya productividad media viene dada por y/x . Si se realiza un cambio en el input, $\alpha x, \alpha > 1$, la unidad se mantendrá eficiente si incrementa su output hasta βy . De esta manera la productividad media se convierte ahora en $\frac{\beta y}{\alpha x} = \frac{\beta}{\alpha} \frac{y}{x}$. En el caso en que $\beta \neq \alpha$ cambia la productividad media cuando varía la escala de producción, algo que no ocurre bajo el supuesto de rendimientos constantes.

Para el caso de un único input y un output, puede afirmarse que:

$$\beta > \alpha \Rightarrow \frac{\beta y}{\alpha x} > \frac{y}{x} \Rightarrow \text{IRS}$$

$$\beta = \alpha \Rightarrow \frac{\beta y}{\alpha x} = \frac{y}{x} \Rightarrow \text{CRS}$$

$$\beta < \alpha \Rightarrow \frac{\beta y}{\alpha x} < \frac{y}{x} \Rightarrow \text{DRS}$$

Si extendemos el anterior concepto al caso de múltiples inputs y outputs, realizaríamos un incremento radial del vector de input, $f(\theta x_1, \dots, \theta x_n)$, con $\theta > 1$. El concepto de óptimo utilizado para un único input y output ha de ser sustituido por el concepto de Eficiencia Pareto-Koopmans.⁴⁴

La elasticidad de escala viene dada por $\varepsilon(\theta) = \frac{\theta}{y} \frac{dy}{d\theta}$. Si $\varepsilon(\theta) > 1$, la unidad opera bajo rendimientos crecientes a escala. Si $\varepsilon(\theta) < 1$, la unidad opera bajo rendimientos decrecientes a escala. En el caso de que el valor de la elasticidad sea igual a la unidad la unidad opera bajo rendimientos constantes a escala.

⁴⁴ Véase Definición II.6.4.

Para el caso general de múltiples inputs y outputs, el concepto pueden identificarse los rendimientos a escala mediante el Teorema II.7.1.⁴⁵

Teorema II.7.1 Sea (x^j, y^j) una unidad Pareto-eficiente. Si se incrementa el input consumido de manera radial, $\alpha x^j, \alpha > 0$, la unidad sigue siendo eficiente con niveles de output βy^j . Sea $\rho = \lim_{\alpha \rightarrow 1} \frac{\beta - 1}{\alpha - 1}$, entonces:

Si $\rho > 1 \Rightarrow IRS$

Si $\rho = 1 \Rightarrow CRS$

Si $\rho < 1 \Rightarrow DRS$

II.8 Descomposición del coeficiente de eficiencia

Para poder realizar un análisis detallado de eficiencia es necesario no sólo estimar el grado de eficiencia de una organización sino que, en aquellas unidades ineficientes, será necesario identificar las causas o fuentes que la generan.

En el presente apartado, se analizan diferentes conceptos en los que puede descomponerse el grado de ineficiencia.

II.8.1. Eficiencia técnica y Eficiencia Local Pura

Se dirá que una unidad es eficiente desde el punto de vista técnico si la transformación de los inputs en outputs se realiza mediante las “mejores prácticas”, es decir, si dada una tecnología no existe un gasto superior de factores de producción al estrictamente necesario. Los modelos CCR y BCC evalúan la eficiencia técnica si bien con ciertos matices.

El coeficiente de eficiencia del modelo CCR, θ_{CCR}^* , representa la eficiencia técnica global, (TE) de una unidad. En este modelo, y por tanto en su medida de eficiencia, no se considera la influencia de los diferentes tamaños de escala en tanto se impone que todas las unidades operan bajo rendimientos constantes.

Por otro lado, en el coeficiente del modelo BCC, θ_{BCC}^* , se mide la eficiencia local pura (PTE).

⁴⁵ Thanassoulis (2001).

En esta medida sí se consideran las consecuencias de los diferentes supuesto de rendimientos a escala con los que puede operar la unidad evaluada.

II.8.2. Eficiencia de escala

Si se considera la posibilidad de que variaciones en la escala de actividad tenga consecuencias sobre la productividad de una unidad, es claro que el tamaño de escala pueda considerarse como una de las fuentes de ineficiencia total de dicha unidad ya que existe una ventaja relativa para aquellas unidades que operen a su escala óptima.⁴⁶

Definición II.8.1

Sea, θ_{CCR}^* y θ_{BCC}^* los coeficientes de eficiencia de una determinada DMU bajo los supuestos de rendimientos constantes y variables a escala respectivamente.

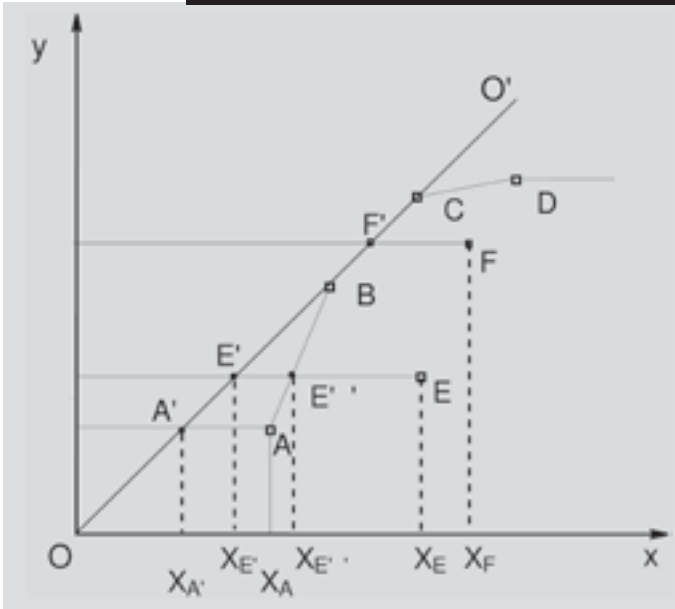
El valor de eficiencia de escala (SE) se obtiene por comparación de los dos anteriores coeficientes, de manera que $SE = \theta_{CCR}^* / \theta_{BCC}^*$, o, lo que es lo mismo, $TE = PTE \cdot SE$. Además, esta descomposición es única.

Gráficamente, para el caso de un único input y output en un modelo orientado al input, puede verse la anterior descomposición en el gráfico II.7.

- La unidad B opera a su escala óptima, ya que pertenece a la frontera del modelo con rendimientos constantes. Para esta unidad, no existe ineficiencia de escala, o lo que es lo mismo, su eficiencia de escala es igual a 1. Ídem para la unidad C.
- Las unidades A, y D son eficientes en el modelo BCC, por lo que el coeficiente de eficiencia local en ambas es igual a la unidad, pero ineficientes en el modelo CCR por lo que su valor de TE es menor a 1. En estas dos unidades aparece, por tanto, ineficiencia derivada de la escala.

⁴⁶ Y, obviamente, una desventaja para aquellas unidades que no operen a la escala de máxima productividad caracterizada, como se vio, por rendimientos constantes a escala.

GRÁFICO II.7 Eficiencia de escala



Fuente: Elaboración propia.

Para la unidad A,⁴⁷ el valor de SE:

$$SE = \frac{\theta_{CCR}^*}{\theta_{BCC}^*} = \frac{X_A - X_{A'}}{X_A} \leq 1$$

Para la unidad D, con rendimientos a escala decrecientes, el razonamiento es análogo.

- La unidad E es no eficiente bajo el supuesto rendimientos variables a escala. La TE se aproxima por el ratio $\frac{X_E - X_{E''}}{X_E}$, valor de eficiencia total que lo componen el producto de dos factores, PTE por un lado

47

En este caso, la unidad posee rendimientos crecientes a escala, por lo que podría mejorar su situación aumentando su nivel de output. Las unidades que operan con rendimientos crecientes a escala se caracterizan por un valor de productividad marginal mayor al de productividad media; la pendiente de la frontera, función de producción, en dicho punto es superior a la pendiente del radiovector que une el origen con dicho punto. En las unidades con rendimientos decrecientes, la relación entre ambas magnitudes es la inversa.

e igual a la distancia relativa a la frontera del modelo BCC, $\frac{X_E - X_{E'}}{X_E}$ y SE:

$$SE = \frac{\theta_{CCR}^*}{\theta_{BCC}^*} = \frac{\frac{X_E - X_{E''}}{X_E}}{\frac{X_E - X_{E'}}{X_E}} \leq 1$$

- La unidad F es también es ineficiente bajo el supuesto rendimientos variables a escala y sin embargo es eficiente en escala. La TE, la distancia relativa a la frontera del modelo CCR, se aproxima por el ratio $\frac{X_F - X_{F'}}{X_F}$, y por $\frac{X_F - X_{F'}}{X_F}$ la PTE, distancia relativa a la frontera del modelo BCC, pero como $TE = PTE$, queda $SE = 1$.

II.9 Otros tipos de variables

II.9.1. Variables discrecionales y no discrecionales

Hasta este punto, se ha considerado que todos los inputs y outputs implicados en el estudio pueden ser controlados libremente por la DMU. A las variables, inputs y outputs, que verifican esta condición se denominan variables discrecionales. Sin embargo, pueden darse situaciones en las que existan limitaciones externas a la reducción de determinados inputs o topes a la producción de determinados outputs. A estas variables que no están bajo el control de las unidades se denominan variables no discrecionales.

La consideración de este segundo conjunto de variables es de gran importancia para modelizar situaciones de una forma más realista, ya que serán muchas las situaciones en las que la unidad no tenga la capacidad de modificar determinadas variables que aparecen en el desarrollo de su actividad.

Banker et Morey (1986a)⁴⁸ considera que los vectores de inputs y outputs pueden dividirse en dos subconjuntos de variables discrecionales y no discrecionales.

⁴⁸ En este trabajo se estudia una red de restaurantes de comida rápida, las variables no discrecionales han de tenerse en consideración en cuanto a la evaluación de eficiencia de cada unidad pero considerándolas como fijadas de forma exógena.

Por comodidad suponemos que de los m inputs los k primeros son discretionales y los $(m - k)$ restantes son no discretionales. En el caso de los outputs, consideramos los q primeros discretionales y los $(s - q)$ restantes no discretionales.⁴⁹

El modelo CCR - I, considerando la presencia de inputs no discretionales puede reescribirse como:

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^k s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\
 \text{s.a.} \quad & \theta x_{i_0} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^-, i = 1, \dots, k \\
 & x_{i_0} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^-, i = k+1, \dots, m \\
 & y_{r_0} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+, r = 1, \dots, q \\
 & \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n \\
 & s_r^+ \geq 0, r = 1, \dots, s \\
 & s_i^- \geq 0, i = 1, \dots, m
 \end{aligned} \tag{II.18}$$

Puede observarse cómo no se maximiza la reducción proporcional del vector de inputs, únicamente se determina el valor mínimo de θ con respecto a las variables discretionales. En el caso de modelos orientados al output. El tratamiento es análogo si bien lo que se realiza es un incremento proporcional únicamente del vector de outputs discretionales.

$$\begin{aligned}
 \max \quad & \theta + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- - \sum_{r=1}^p s_r^+ \right) \\
 \text{s.a.} \quad & \theta y_{r_0} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+, r = 1, \dots, p \\
 & y_{r_0} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+, r = p+1, \dots, s \\
 & x_{i_0} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^-, i = 1, \dots, m \\
 & \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n \\
 & s_r^+ \geq 0, r = 1, \dots, s \\
 & s_i^- \geq 0, i = 1, \dots, m
 \end{aligned} \tag{II.19}$$

⁴⁹ En ningún caso, un mismo input u output puede pertenecer, simultáneamente, a ambos subconjuntos.

En ambos planteamientos, (II.18) y (II.19), si bien el conjunto de variables no discretionales no interviene directamente la construcción del coeficiente de eficiencia, determinan indirectamente el valor óptimo de θ , en tanto están presentes en la construcción del conjunto factible. Puede verse más claramente la incidencia de las variables no discretionales sobre el coeficiente de eficiencia a través del planteamiento dual del modelo (2.18):

$$\begin{aligned}
 & \max \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - \sum_{i=k+1}^m v_i x_{i0} \\
 & \text{s.a.} \quad \sum_{i=1}^k v_i x_{i0} = 1 \\
 & \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=k+1}^m v_i x_{ij} - \sum_{i=1}^k v_i x_{ij} \leq 0, j=1, \dots, n \\
 & \quad v_i \geq \varepsilon, i=1, \dots, k \\
 & \quad v_i \geq 0, i=k+1, \dots, m \\
 & \quad u_r \geq \varepsilon, r=1, \dots, s
 \end{aligned} \tag{II.20}$$

Como puede verse, las variables no discretionales no entran en la función objetivo. Las variables asociadas con los inputs no discretionales pueden ser cero, mientras que el resto ha de ser mayor o igual a un infinitésimo no arquimediano ε . Únicamente las variables asociadas a inputs no discretionales, aquellos valores que no serán modificados para proyectar la unidad a la frontera de eficiencia, pueden ser iguales a cero en tanto no afectarán al valor óptimo del programa. De manera análoga puede plantearse la forma envolvente del modelo (II.19).

II.9.2. Variables categóricas

Los modelos originales están basados en la posibilidad de construir unidades compuestas a partir de las unidades observadas de manera que pueda tomarse cualquier valor en las variables.⁵⁰ En general, por tanto, las variables tienen forma continua.

No obstante, con frecuencia es necesario considerar en el estudio la inclusión de variables categóricas. No es inusual que surja la necesidad de incorporar estas variables en los modelos DEA en los que, por ejemplo, los outputs no salen al mercado, lo que obliga a considerar que existen inputs y outputs de ciertos tipos. En nuestro caso, un output a considerar⁵¹

⁵⁰ Bien como combinación lineal o convexa, según el modelo considerado.

⁵¹ Véase Sección II.12.

será la calidad de la producción. Dicha calidad puede medirse mediante una clasificación cualitativa para lo que sería muy útil lo expuesto en esta sección. Si no se dispone de esta habría que acudir a una variable proxy cuantitativa. En los casos en los que existen estos tipos de variables, la construcción de unidades de referencia como combinación de valores observados no es correcta, en tanto se utilizarían variables categóricas como si estuviesen medidas de forma continua.

La inclusión de variables categóricas en DEA,⁵² realiza modificaciones en los modelos originales que aseguren que las unidades de referencia para las DMUs ineficientes tienen igual o peor valor para las variables categóricas que la unidad evaluada. De esta forma, se asegura que las unidades se comparan sólo con unidades que operan en similares o peores condiciones en dicha variable.

El modelo se diferencia⁵³ del CCR - I únicamente en las restricciones asociadas a los inputs categóricos, con las que se asegura que el conjunto de referencia de la unidad evaluada tiene un valor igual o inferior para dicha variable que el de la unidad evaluada.⁵⁴

La solución posteriormente propuesta en Charnes et al. (1995a), que aparece también en otros trabajos, evita centrarse en la formulación de los programas lineales y opta por adaptar el algoritmo de programación lineal a la existencia de variables categóricas.

II.10 Información adicional y juicios de valor

En los modelos originales, la única restricción que se impone a los pesos es que su valor sea mayor que el de un infinitésimo no arquimédico, ϵ . La principal ventaja que se deriva de la flexibilidad en la elección de los pesos es que la unidad es evaluada en la mejor de las situaciones posibles.⁵⁵ De esta forma, si una unidad es calificada como ineficiente no puede argumentarse

⁵² Aparece por primera vez en Banker et Morey (1986b).

⁵³ Boussofiane, Dyson et Thanassoulis (1991).

⁵⁴ La anterior aproximación es mejorada en Kamakura (1988) y en Rousseau et Semple (1993).

⁵⁵ De esta manera los pesos asignados para un mismo factor pueden ser significativamente diferentes en cada unidad, por lo que un factor puede tener un peso relativo muy alto para una determinada organización e insignificante para otra.

que la causa de tal evaluación es la estructura de pesos utilizada para construir el índice.

Esta flexibilidad en la elección de los pesos es también una de las debilidades de esta metodología.⁵⁶ El modelo puede asignar valores suficientemente bajos a determinadas variables de manera que queden efectivamente excluidos de la construcción del ratio de eficiencia. De igual manera, una determinada unidad podría evaluarse a través de un ratio en el que aparezca un único input, aquel con menor valor, y un único output, aquel con un valor observado más alto, ignorando el resto de factores. La inclusión de restricciones adicionales sobre los pesos se justifica, pues, por las críticas que recaen sobre la total flexibilidad en la selección de pesos:

- Los pesos asignados a cada factor pueden variar significativamente entre las unidades en tanto no se considera la importancia real de los diferentes factores sino exclusivamente sus valores numéricos.
- La pretendida objetividad del modelo sin restricciones no es tal. En la elección de variables o las unidades a evaluar ya aparecen decisiones subjetivas.⁵⁷

En cualquier caso, los modelos que incluyen restricciones adicionales incorporan información que suele reflejar juicios de valor⁵⁸ del agente decisor sobre la importancia relativa de los diferentes factores.

Existe una gran variedad de enfoques para incorporar esta información adicional a los modelos existentes. Los principales son:⁵⁹

⁵⁶ Las ventajas e inconvenientes derivados de los modelos con total flexibilidad pueden consultarse, entre otros, en Dyson et Thanassoulis (1989), Wong et Beasley (1990) y Roll, Cook et Golany (1991).

⁵⁷ En este estudio se propone (Sección II.12.) la utilización de los criterios de la PAC para seleccionar los outputs a valorar. Es una opción que podría llevar toda la carga subjetiva de una elección de criterios, si consideramos la eficiencia desde un punto de vista general. En nuestro estudio, sin embargo, no es subjetiva, en tanto en cuanto, el indicador de eficiencia que se pretende calcular lo es para la asignación de ayudas de la PAC (Véase Condicionate I de los Objetivos del presente trabajo).

⁵⁸ *Construcciones lógicas incorporadas en el estudio de la eficiencia como reflejo de las preferencias de las unidades de decisión*, Allen et al. (1997).

⁵⁹ En Allen et al. (1997) pueden consultarse un resumen de los principales resultados teóricos así como aplicaciones empíricas en cuanto a las restricciones de los pesos en la forma multiplicativa de los modelos DEA.

Restricciones directas sobre los pesos: La nueva información se incorpora directamente al modelo como restricciones adicionales que establecen un intervalo a los posibles valores de los pesos.

- Cotas absolutas sobre los pesos.⁶⁰
- Cotas a la proporción de un factor sobre su correspondiente valor virtual.⁶¹
- Regiones de confianza.⁶²

Incorporación de restricciones mediante una transformación de los datos: Existen dos aproximaciones en las que los datos originales se transforman para simular las anteriores restricciones sobre los pesos:

- Cono Radial.⁶³
- Método Golany.⁶⁴

La inclusión de estas nuevas restricciones al problema dará lugar a problemas más restrictivos,⁶⁵ de forma que unidades que antes eran consideradas eficientes pueden ser consideradas ahora como ineficientes. Además, obliga a un esfuerzo posterior en la interpretación de los resultados obtenidos ya que varían respecto al modelo original.⁶⁶

⁶⁰ Una visión más detallada puede verse en Dyson et Thanassoulis (1989) y Roll, Cook et Golany (1991).

⁶¹ En Wong et Beasley (1990) se sugieren varias posibilidades para su incorporación.

⁶² Thompsom et al. (1990), Thompsom et al. (1994) y Allen et al. (1997).

⁶³ Charnes et al. (1990).

⁶⁴ Golany (1988).

⁶⁵ Hasta el punto que puede llegarse a un problema no factible si se imponen unas restricciones muy severas.

⁶⁶ Una discusión de la interpretación del coeficiente de eficiencia y de los valores objetivos de input y output en presencia de restricciones adicionales puede consultarse en Allen et al. (1997).

II.11 | Contrastes de Hipótesis

Obtenidos los resultados de los Scores de los modelos anteriormente expuestos será necesario analizar dichos resultados para obtener conclusiones, acerca de los mismos. Así y dado que nuestro análisis se realiza a través de una muestra representativa, es necesario plantear un sistema de toma de decisiones que nos permita diferenciar con consistencia los Scores de dos grupos cuando estos presenten diferencias estadísticamente significativas.

Con este objetivo se emplearán técnicas estadísticas consolidadas y de sobra conocidas por lo que aquí tan sólo resumiremos sus características básicas.⁶⁷

II.11.1. Pruebas de Normalidad

El nivel de medición de la variable y su distribución son elementos que intervienen en la selección del test que se utilizará en el procesamiento posterior. De hecho, si la variable es continua con distribución normal, se podrán aplicar técnicas paramétricas. Si es una variable discreta o continua no normal, sólo son aplicables técnicas no paramétricas pues aplicar las primeras arrojaría resultados de dudosa validez. Por tanto antes de diferenciar grupos entre sí, es preciso delimitar las características de la muestra con objeto de seleccionar las técnicas más adecuadas.

Prueba de Shapiro-Wilk

Desarrollado por Shapiro y Wilk en 1965, es uno de los tests de normalidad más potentes.

Hipótesis

H_0 : La muestra procede de una Población con Función de Distribución Normal.

H_1 : La muestra procede de una Población con Función de Distribución no Normal.

⁶⁷ Desarrollos más completos de estos tests pueden encontrarse en cualquier manual de estadística inferencial, como Casas Sánchez (1997) o Casas Sánchez (1996).

Estadístico y distribución muestral: Dado un conjunto de observaciones x_1, x_2, \dots, x_n ordenado, el valor del estadístico W de Shapiro-Wilk se define como

$$W = \frac{\left[\sum_{i=1}^k a_i (x_{n-i+1} - x_i) \right]^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (II.21)$$

donde $k = n/2$ si n es par o $k = (n-1)/2$ si n es impar, $\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i$ es la media aritmética de la muestra, a_i , para $i = 1, \dots, n$ son el conjunto de coeficientes tabulados cuyo valores dependen sólo del tamaño de la muestra.

Los valores del estadístico W han de compararse con los valores tabulados.⁶⁸

Prueba de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors

Entre los tests no paramétricos que comúnmente se utilizan para verificar si una distribución se ajusta o no a una distribución esperada, en particular a la distribución normal se encuentran el test propuesto en los años 30 por Kolmogorov y Smirnov. El test de Kolmogorov y Smirnov es bastante potente con muestras grandes.

La única premisa que se necesita es que las mediciones se encuentren al menos en una escala de intervalo. Se necesita que la medición considerada sea básicamente continua. Además dicha prueba es aplicable cualquiera que sea el tamaño de la muestra. La prueba de una muestra de K-S puede en todos los casos en que se aplique ser más poderosa que su prueba alternativa, la prueba de χ^2 (Chi-cuadrado). Aunque históricamente ha sido muy popular, es menos potente que el test de Shapiro-Wilk y tiene un escaso poder de discriminación para muestras por debajo de 30 individuos. Dado que nuestras muestras son ampliamente mayores, lo hemos utilizado para confirmar los datos arrojados por el ya nombrado test de Shapiro-Wilk.

La prueba de K-S de una muestra es un test de bondad de ajuste. Esto es, se interesa en el grado de acuerdo entre la distribución de un conjunto de valores de la muestra y alguna distribución teórica específica. Determina si

⁶⁸ Emplearemos el paquete estadístico SPSS 13.0 que proporciona el p-valor del estadístico W experimental.

razonablemente puede pensarse que las mediciones muestrales provengan de una población que tenga esa distribución teórica. En la prueba se compara la distribución de frecuencia acumulativa de la distribución teórica con la distribución de frecuencia acumulativa observada. Se determina el punto en el que estas dos distribuciones muestran la mayor divergencia.

Hipótesis

H_0 : La muestra se ajusta a la distribución teórica, $F_n(x) = F_t(x) \forall x$

H_1 : La muestra no se ajusta a la distribución teórica, $\exists x_i | F_n(x) \neq F_t(x)$

donde:

$F_n(x)$: es función desconocida

$F_t(x)$: es la función normal con media y varianzas conocidas.⁶⁹

Estadístico y distribución muestral:

$$D = \max |F_t(x) - F_n(x)| \tag{II.22}$$

donde $F_n(x)$ es la función de distribución empírica muestral y $F_t(x)$ la teórica de la población que queremos contrastar. La aceptación de la hipótesis nula de este contraste implica la normalidad de la función de distribución poblacional. Si el valor del estadístico D es significativamente grande, esto es, mayor que el valor crítico de la distribución tabulada, rechazamos la hipótesis nula de normalidad.

II.11.2. Contrastes de Diferencias

A la hora de detectar diferencias estadísticamente significativas entre grupos se encuentra la dificultad de definir cuando dos clases o grupos obtienen resultados diferentes. Para realizar dicha definición, podríamos calcular los parámetros de una Análisis de la Varianza o ANOVA (ANálisis Of VAriance). Cuando no se verifican las hipótesis de aplicación del análisis de la varianza (aleatoriedad de la muestra, normalidad de los datos y homocedasticidad de los grupos), se puede utilizar un contraste no paramétrico, el contraste de Kruskal-Wallis y el test de Mann-Whitney para comparar pares de grupos.

⁶⁹ La Corrección de Significación de Lilliefors, marcada en los cuadros de resultados con *, soluciona este problema, D'Agostino et Stephens (1986).

Test de Kruskal-Wallis

Fue introducido en 1952 por W.H.Kruskal y W.A.Wallis y se considera una extensión del contraste de la U de Mann-Whitney, el cual se obtiene particularizando para $k = 2$. Se utiliza cuando estamos interesados en comparar más de dos muestras independientes y no se verifican las hipótesis de aplicación de la ANOVA. Si se rechaza la hipótesis nula de igualdad de las funciones de densidad de las distribuciones que estamos considerando, debemos realizar comparaciones múltiples. Así, tendríamos que comparar dos a dos los grupos por medio del test de la U de Mann-Whitney y aplicarle una corrección al nivel de significación deseado, α .

Hipótesis

H_0 : Las k muestras se ajustan a la misma distribución, $F_1(x) = \dots = F_i(x) = \dots = F_k(x) \forall i$.

H_1 : Existe al menos una par de muestras que no se ajustan a la misma distribución, $\exists i \neq j | F_i(x) \neq F_j(x)$.

Estadístico y distribución muestral: Dadas k muestras, el estadístico:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1) \quad (II.23)$$

donde

k es el número de grupos a comparar, n_i , el tamaño muestral de la muestra i -ésima, $n_i = 1, \dots, n_n$; N , el número total de observaciones, es decir $\sum_{i=1}^k n_i$ y R_i , la suma de los rangos de cada grupo; se distribuye, bajo Hipótesis Nula, aproximadamente como una distribución χ^2_{k-1} con $n_i > 4 \forall i$.

Test de la U de Mann-Whitney

Para intentar estudiar si dos grupos presentan diferencias significativas, desde un punto de vista estadístico, se usa el test desarrollado por Mann-Whitney,⁷⁰ conocido generalmente como el contraste de la U de Mann-Whitney.

⁷⁰ Cooper, Seiford et Tone (2000).

Hipótesis

H_0 : Las muestras se ajustan a la misma distribución, $F_A(x) = F_B(x)$.

H_1 : Las muestras no se ajustan a la misma distribución, $F_A(x) \neq F_B(x)$.

Estadístico y distribución muestral: Si tenemos dos grupos de DMUs, A y B, con m y n unidades cada uno de ellos, para aplicar el mencionado test estadístico bastaría unirlos en un grupo $C = A \cup B$, aplicar el modelo DEA seleccionado a todo el conjunto, realizar una ordenación con las posiciones obtenidas, ordenándolos de mayor a menor eficiencia, sumando las posiciones en dicho ranking de todos los elementos que forman el grupo A y B, obtendríamos respectivamente el valor R_A y R_B . A continuación se calcularía U_A y U_B como:

$$U_A = mn + \frac{m(m+1)}{2} - R_A, U_B = mn + \frac{n(n+1)}{2} - R_B \quad (II.24)$$

siendo el mínimo de ambos el estadístico experimental $U = \min\{U_A, U_B\}$. Se rechazará la hipótesis de que los dos grupos pertenecen a la misma población para un nivel de significación α , si $U \leq -U_{m,n,\alpha/2}$, correspondiendo $U_{m,n,\alpha/2}$ al percentil $\alpha/2$ de la distribución tabulada para el nivel de significación deseado, α y los tamaños muestrales m y n .

La aproximación mediante la distribución a la normal se puede considerar válida en el caso de muestras con 10 ó más observaciones por grupo, y en las que en ninguna de las categorías se acumula más de la mitad de las observaciones. U se distribuye como:

$$U \xrightarrow{D} N\left(\frac{nm}{2}, \sqrt{\frac{mn(m+n+1)}{12}}\right) \quad (II.25)$$

Por lo que tipificando U , obtenemos, en la ecuación II.26, el estadístico Z , valor que se distribuye según la ley de la distribución normal estándar.

$$Z = \frac{S - \frac{nm}{2}}{\sqrt{\frac{mn(m+n+1)}{12}}} \sim N(0,1) \quad (II.26)$$

En donde se rechazará la hipótesis de que los dos grupos pertenecen a la misma población para un nivel de significación α , si $Z \leq -Z_{\alpha/2}$, correspondiendo $Z_{\alpha/2}$ al percentil $\alpha/2$ de la distribución normal estándar para el nivel de significación deseado, α .

Cuando no es válida esta aproximación es necesario calcular el valor exacto de $U_{\alpha/2}$, existiendo valores tabulados.

Corrección del nivel de significación α

Si estamos comparando k grupos, el nivel de significación experimental obtenido, lo tendremos que enfrentar con un nivel de significación deseado corregido, α' , en vez de con el nivel de significación deseado original, α , con el objetivo de evitar el denominado efecto metralleta de acumulación de errores que resultaría de aplicar el nivel de significación deseado, α , repetidamente al test para cada pareja de grupos. En la práctica esto resultaría en un nivel de significación superior al deseado.

Así tendremos que comparar en lugar de con el nivel de significación deseado original, α , con dicho nivel de significación dividido por las posibles comparaciones dos a dos que podamos obtener de esos k grupos:

$$\alpha' = \frac{\alpha}{\binom{k}{2}} \quad (II.27)$$

donde k es el número de grupos diferentes.

II.12 | Análisis Propuesto

II.12.1. Indicador de la Eficiencia de cada Explotación

En el capítulo segundo, se ha intentado poner de manifiesto la gran importancia y heterogeneidad existente en el olivar andaluz. Variabilidad debida a distintos parámetros, como pueden ser el régimen de cultivo, la orografía, la antigüedad de los olivos,...incluso el manejo que de estos sistemas hacen los propios agricultores.

No obstante, esos olivares compiten en un mismo mercado y obtienen una misma subvención (con algunas particularidades para las explotaciones de menos de 0,3 ha) en un entorno de restricción presupuestaria, y aunque

comparar tipos de olivar tan distintos no es una tarea fácil, es necesario el desarrollo de una metodología que permita la comparación de unos tipos con otros, considerando el conjunto como un proceso de producción, en el que se emplean una serie de entradas o inputs, para obtener una serie de salidas u outputs.

Esta metodología permitiría determinar dónde es más necesaria dicha subvención o dónde estos recursos genera más riqueza, además de detectar en qué zonas es permisible el abandono del cultivo por su escasa eficiencia.

Para realizar este estudio de eficiencia, en este trabajo se recurre a las técnicas DEA (Data Envelopment Analysis). Una metodología que mediante el uso de fronteras de *producción* no paramétricas permite estudiar la eficiencia relativa de cada explotación de olivar con respecto al resto, indicando qué factores son los que contribuyen mayoritariamente a esa alta o baja eficiencia.

Hasta la fecha, las técnicas DEA han sido aplicadas a una gran y muy variada cantidad de sectores. Como ejemplos de dichas aplicaciones, se podrían citar el estudio de la eficiencia de los bancos norteamericanos que operan internacionalmente,⁷¹ el estudio de la eficiencia en la gestión de plantas eléctricas⁷² o incluso el estudio de la eficiencia en la gestión sostenible de caladeros de pesca.⁷³

Por el contrario, las aplicaciones en el sector agrícola son bastante más difíciles de encontrar, aunque ya se pueden citar algunos trabajos, como el estudio de la eficiencia en la producción de leche en la provincia de Córdoba⁷⁴ y el estudio centrado en las explotaciones lecheras argentinas.⁷⁵

Centrándonos en la producción agrícola propiamente dicha, cabría citar el trabajo que estudia la eficiencia en la producción de trigo, en regadío en la

⁷¹ Haslem et al. (1999).

⁷² Athanassapoulos, Lambroukos et Seiford (1998).

⁷³ Färe et al. (2000).

⁷⁴ Pardo et al. (2001).

⁷⁵ Arzubi et Berbel (2001).

Cuenca Baja de la India⁷⁶ y, el que aplicando DEA, estudia la eficiencia de las explotaciones agrarias localizadas en la comarca del Alto Guadalquivir, en la provincia de Córdoba.⁷⁷

Los únicos estudios específicos acerca de la eficiencia del olivar, se realizaron en Grecia⁷⁸ y en Andalucía⁷⁹ utilizando el análisis de fronteras estocásticas. Si bien esta técnica ha ganado popularidad ya que ofrece una explicación de la eficiencia técnica basada en la teoría económica,⁸⁰ por esa misma razón obliga a especificar la forma de la función de producción. Hecho que no deja de ser subjetivo, más aún, en sectores como el del olivar, cuyas estructuras de costes y funciones económicas de producción han sido poco estudiadas, como puede deducirse de la escasez de bibliografía al respecto. En los estudios mencionados, se resalta incluso cómo la especificación de una u otra forma en la función de producción tiene una gran influencia, tanto en la medición de la eficiencia obtenida como en la medición de la importancia de cada variable en la eficiencia técnica.⁸¹

Se utilizaron técnicas de análisis envolvente de datos (DEA) para la obtención de un indicador de eficiencia, θ^* , tal como se ha expuesto en las secciones anteriores. Concretamente se realizaron los cálculos de los Scores de los modelos básicos propuestos. Posteriormente se obtuvo la descomposición del indicador de eficiencia como se indica en la sección II.8.

En nuestro caso el CPP estará formado por todas las explotaciones olivareras de la muestra considerada, cada una de las cuales constituye una unidad de decisión o DMU, con datos referentes a un proceso de producción real y, por tanto, factible. No existen inconvenientes para aceptar como ciertas, en esta aplicación, las asunciones expuestas en la Sección II.5 acerca del CPP dado que:

No existen unidades con todos los datos nulos. Este caso no existe por dos razones: En primer lugar, es lógico que una explotación

⁷⁶ Hussain, Marikar et Jehangir (2000).

⁷⁷ Vicario et al. (2000).

⁷⁸ Tzouvelekas, Giannakas et Tran (2003), Tzouvelekas, Pantzios et Fotopoulos (2001) y Tzouvelekas et Giannakas (1997).

⁷⁹ Calatrava (1997).

⁸⁰ Aigner, Lovell et Schmidt (1977) y Meeusen et Van der Broeck (1977).

⁸¹ Tzouvelekas, Giannakas et Tran (2003).

que, p. ej., no tiene olivos, no puede producir aceitunas y en segundo lugar, estos datos han sido filtrados y contrastados por el FAGA.

Datos reducidos. Evidentemente la base de datos de subvenciones de la PAC,⁸² no tiene explotaciones contabilizadas por duplicado. El supuesto se refiere a la no existencia de datos duplicados acerca de una misma explotación olivarera. No es necesario, sin embargo, comprobar que no existen dos empresas oleícolas con el mismo consumo de recursos y nivel de producción.

El programa lineal estima las ponderaciones de los inputs y outputs para cada explotación olivarera de modo que se obtenga para cada una el mayor valor de eficiencia, θ^* , pero de forma que esas ponderaciones sean factibles para cualquier otra explotación. Así se obtiene el valor θ^* o cota de máxima eficiencia.

Se ha incluido un infinitésimo no arquemediano, ε , cuyo sentido económico es el de evitar que la contribución de un input/output a la PTF sea nula para alguna DMU. En ese caso, la función de producción de esa unidad sería diferente a la de las demás DMUs y por tanto las organizaciones no serían comparables. En nuestro estudio no es posible que la aportación, por ejemplo, del número de olivos o de la superficie de la explotación (inputs)⁸³ sean nulas, o que la aportación del empleo generado (output) sea tampoco nula.

Dado que, como propondremos en el siguiente epígrafe, se pretenden diseñar medidas de política económica en base a la eficiencia calculada para cada organización, en nuestro caso, el problema de selección de pesos se complica, ya que cualquier conjunto de pesos podría resultar inaceptable y discutido por los sujetos de las medidas que se diseñaran. Es decir, el grupo de olivicultores a los que perjudique el sistema de pesos seleccionado podrían manifestar su frontal oposición al mismo.

Las técnicas DEA ofrecen una solución al problema del rechazo del conjunto de pesos especificado en una medida de política microeconómica. Ningún olivicultor tendría incentivos para rechazar el sistema de pesos que se le asigna, ya que es el más beneficioso posible en términos DEA, es decir, el más beneficioso dentro de los que cumplen las restricciones del programa: que dichos pesos aplicados a cualquier otra explotación no generen un valor de fuera del rango del modelo especificado.

⁸² Véase la Sección II.13, para conocer los detalles de la base de datos utilizada.

⁸³ Véase Sección II.12.

En este estudio se han utilizado los criterios de la PAC para seleccionar los outputs a valorar. Es una opción que podría llevar toda la carga subjetiva de una elección de criterios, si consideramos la eficiencia desde un punto de vista general. En nuestro estudio, sin embargo, no es subjetiva, en tanto en cuanto, el indicador de eficiencia que se pretende calcular lo es para la asignación de ayudas de la PAC.⁸⁴

II.12.2. Utilidad de los indicadores calculados

La PAC reformada instaaura un sistema de pagos desacoplados en, al menos, un 60 por ciento, por lo que el resto es susceptible de distribución mediante criterios objetivos. Se propone la distribución de dicho 40 por ciento teniendo en cuenta los scores obtenidos mediante DEA.

Así la asignación y/o modulación de las ayudas se efectuará a través de dicho indicador: $Ayuda = f(\theta^*)$ o de sus componentes teniendo en cuenta las preferencias del decisor (*PolicyMaker*). La asignación de partidas presupuestarias en función de los scores obtenidos mediante técnicas DEA, fue propuesto en un estudio de la asignación del presupuesto de la Universidad de Málaga,⁸⁵ pero no se ha implementado para el caso de la PAC.

Fortalezas de las Técnicas DEA⁸⁶

Eficiencia Relativa. Mide eficiencia relativa, lo cual es muy apropiado para medir la eficiencia con outputs sin precio como son la generación de empleo, la conservación medio ambiental y las mejoras de calidad, ya que no realiza hipótesis sobre las preferencias iniciales del evaluador. Así mismo es más importante conocer las diferencias entre la eficiencia de los diferentes productores, más que determinar está por sí misma.⁸⁷

No se establecen hipótesis restrictivas. Al tratarse de una técnica no paramétrica, no establece hipótesis sobre los datos (Normalidad, Heteroscedasticidad,...) o la forma de la función de producción como hacen otros métodos de medición de eficiencia como por ejemplo el Análisis de Fronteras Estocásticas, muy utilizado también para el análisis de eficiencia.

⁸⁴ Véase Condicionante I de los Objetivos del presente trabajo.

⁸⁵ Caballero et al. (2004).

⁸⁶ Véase sección II.3.

⁸⁷ Tzouvelekas et Giannakas (1997).

Variables Categóricas. Permite utilizar para el cálculo de un indicador de eficiencia conjunto, θ^* , variables cuantitativas y cualitativas.

Debilidades de las Técnicas DEA

Excesiva flexibilidad en los pesos para cada unidad. Este problema es relativo ya que en cualquier caso es paliable parcialmente estableciendo restricciones sobre dichos pesos.⁸⁸ Para este trabajo no se han establecido restricciones aunque son fácilmente implementables según las preferencias del decisor.

Escasa Transparencia. La complejidad del método matemático subyacente al DEA, constituye sin lugar a dudas una barrera a la transparencia del sistema de asignación de ayudas, en absoluto comparable a la simplicidad de los simples cálculos aritméticos con los que se calculan los pagos desacoplados y anteriormente las ayudas a la producción.

No contempla el error aleatorio de los datos. En el caso de la agricultura, éste puede llegar a ser bastante significativo.⁸⁹

II.12.3. Criterios de Eficiencia: Outputs e Inputs considerados

Basándonos en las hipótesis de partida establecidas en la sección 1.2.2, los criterios para definir la eficiencia considerados son los establecidos por la última reforma de la PAC, por ello la Eficiencia PAC toma en consideración siguientes Outputs:

Producción de Aceituna de Mesa. Podría acercarse al tratamiento tradicional de la Eficiencia Económica. Se ha considerado que la producción no debe desaparecer completamente de entre los criterios de eficiencia, sino reducir su peso. Esta ha sido la postura defendida insistentemente por las asociaciones de productores,⁹⁰ por lo que se ha mantenido ya que favorecería la aceptación del sistema entre los agricultores, en el caso de que se llevase a la práctica.

⁸⁸ Véase sección II.10.

⁸⁹ Camacho et al. (2002).

⁹⁰ Vázquez-E (2001) y Díaz-E (2001).

Producción de Aceituna de Almazara. Idem epígrafe anterior. Se ha diferenciado la producción de aceituna de mesa y almazara por su diferente destino y precio.

Empleo Generado. Sería una medida de Eficiencia Social, ya que responde a los objetivos de la Reforma de la PAC, que trata de volver al espíritu original de la misma, cuya justificación se basaba en fijar la población al medio rural mediante el aseguramiento de las rentas de los agricultores para evitar el despoblamiento de dichas zonas.

Precio de la Aceituna de Mesa. Se ha intentado considerar esta variable, ya que el precio medio de la aceituna de mesa pagado al agricultor suele ser estar íntimamente ligado a la calidad del fruto. La Reforma de la PAC hace por primera vez referencia a las mejoras de calidad como un aspecto a tener en cuenta para la asignación de las ayudas. Finalmente la falta de información individualizada de cada explotación ha impedido su implementación.

Rendimiento Graso de la Aceituna para Aceite. El rendimiento graso medio (porcentaje de aceite en la aceituna) de la aceituna para aceite generada por cada explotación. También podría considerarse el precio medio de la aceituna para aceite pagado al agricultor como indicador de dicha calidad, pero se ha preferido ofrecer una alternativa diferente para abrir el abanico de posibilidades al diseño a medida que podría hacerse para un eventual agente decisor. En cualquier caso, las posibilidades de DEA para el tratamiento de variables categóricas, permiten que si hubiere datos disponibles a nivel de explotación de las características organolépticas de la producción, la calidad pudiera ser tenida en cuenta considerando dichas características.

Erosión Potencial. Se ha intentado considerar este aspecto mediante la inclusión del resultado de la aplicación de la metodología USLE (Universal Soil Loss Equation) que mide la pérdida potencial anual media de suelo debido a la erosión laminar y arroyadas en parcelas agrícolas. La justificación de este output reside en que uno de los objetivos de la PAC reformada es la Protección del Medio Ambiente, sería una medida de Eficiencia Ambiental. Finalmente la falta de información⁹¹ acerca de las coordenadas geográficas de cada parcela que permitiera el cruce de información con la cartografía a efectos de

⁹¹ LOPD (1999), LFEP (1989) y LFEPa (1989).

la obtención de los datos necesarios para aplicar dicha metodología y no incorporados al modelo de datos utilizado⁹² (prácticas de conservación aplicadas y caracterización del suelo) ha impedido su implementación.

Los factores de producción o inputs considerados son similares a los encontrados en la literatura de DEA aplicado a la agricultura.⁹³

Superficie. Al tratarse de un medio natural, es difícil la modificación de las características agrológicas de los terrenos ya que los costes de traslados las infraestructuras de producción dificultan la movilidad de las explotaciones.

Precipitaciones. Aunque se trata de un elemento esencial para la producción del olivar, no parece que el control de las precipitaciones, sea una posibilidad real a corto ni medio plazo y desde luego no lo fue en el periodo al que se refieren los datos utilizados en este estudio, a pesar los últimos experimentos llevados a cabo en el Levante español.⁹⁴ Por ello este factor se ha introducido en el análisis en calidad de input no discrecional.⁹⁵

Olivos Productivos. La Densidad de plantación o marcación (distancia entre olivos) de la explotación puede considerarse un buen indicador de la antigüedad y técnica empleada en la explotación.⁹⁶ La marcación moderna permite aprovechar mejor el terreno, sin merma en la calidad de la producción si va ligada a otras mejoras como el regadío.

Sistemas de Riego. Aunque el olivar es un cultivo de secano, es decir, sobrevive y produce sin riego, su productividad aumenta espectacularmente con el regadío.⁹⁷ Las explotaciones puestas en regadío suelen ser modernas y emplean conjuntamente otros sistemas avanzados como es el abonado a través del riego.

Gastos. Costes Totales de Producción.

⁹² CAP-JA (2002M).

⁹³ Por ejemplo Camacho et al. (2002), Aldaz et Millán (2002) y Oude et Silva (2004).

⁹⁴ Chao (2005).

⁹⁵ Véase subsección II.9. I.

⁹⁶ CAP-JA (2002).

⁹⁷ CAP-JA (2002).

II.12.4. Cálculo y análisis de los Scores DEA

El proceso de cálculo de los Scores ha sido muy costoso desde el punto de vista computacional ya que la matriz U presenta muchos valores nulos en las variables de output (aceituna de mesa, si la explotación se dedica únicamente a la producción de aceituna de molino; o aceituna de almazara y rendimiento graso, si la explotación se dedica exclusivamente a la producción de aceituna de mesa) así como las de input (índice de riego de la declaración, si es completamente de secano). Este hecho provoca que los métodos tradicionales de optimización se vuelvan lentos y costosos y que, aunque los programas utilizados en principio no tienen limitado el número de unidades evaluables, en la práctica el cálculo se hace inviable.⁹⁸

Por ello, se utilizó una funcionalidad específica del programa EMS 1.3 que permite evaluar una submuestra de unidades con la tecnología (FPP) representada por toda la muestra. Este proceso se ha ido realizando para cada submuestra de 50-100 DMUs hasta cubrir toda la muestra de 3.000 unidades. Posteriormente se unieron las tablas de resultados (más de 100) de los modelos CCR-I, CCR-O, BCC-I y BCC-O, se calcularon los Scores SE y se analizaron conjuntamente los resultados con Microsoft Excel 2003.

Tras el cálculo de los Scores⁹⁹ expuestos, ya estaríamos en condiciones de definir perfectamente qué unidades son eficientes y cuáles no, para poder caracterizarlas. En el siguiente capítulo analizaremos los resultados desde dos puntos de vista: por Provincias y por Tamaños de Explotación, en los siguientes aspectos:

Porcentaje de unidades eficientes por estrato. n° DMU eficientes de cada estrato / n° DMU totales de dicho estrato.

Ineficiencia media. Media aritmética de los scores de las unidades no eficientes de cada estrato.

Dispersión en la Eficiencia. Desviación Típica de los scores de las unidades no eficientes de cada estrato.

⁹⁸ Un ordenador Pentium IV a 1,70 GHz y 512 Mb RAM no era capaz de resolver cada uno de los modelos estudiados en tres días ni con EMS 1.3 ni con DEAP 2.1.

⁹⁹ Para presentar de una forma más intuitiva los resultados y facilitar así su interpretación, los scores de los modelos orientados al input se han expresado en porcentaje, es decir, $Score = \theta^* \cdot 100$.

Eficiencia mínima por estrato. Score mínimo de las unidades de cada estrato.

A la hora de realizar dicha caracterización nos podemos encontrar con la dificultad de definir cuándo dos clases o grupos obtienen resultados diferentes. Para realizar dicha definición, se han utilizado las técnicas expuestas en la sección II.11, es decir, contrastes de Kruskal-Wallis y de Mann-Whitney para comparar pares de grupos, tras verificar las hipótesis de los test sobre las muestras. Dichas pruebas estadísticas se han realizado con SPSS 13.0 para Windows.

Para hacer más fácil la comprensión y análisis de los resultados obtenidos se presentan gráficos y mapas. Para la realización de los gráficos se ha utilizado SPSS 13.0 para Windows y Microsoft Excel 2003. Por su parte, para la generación de los cartogramas se ha utilizado ArcGIS 9.1.

II.13 Fuentes

En la presente sección se exponen tanto las fuentes directas como indirectas que se han utilizado en este trabajo y, con especial detalle, la base de datos utilizada para evaluar la eficiencia de las explotaciones olivareras andaluzas.

II.13.1. Directas

En la fase previa de revisión bibliográfica y toma de contacto del trabajo se realizaron visitas a fincas olivareras para observar de primera mano el laboreo agrícola. Se tomaron fotografías y se entrevistó a responsables de la patronal agraria, de CAP-JA y del sector comercializador de la aceituna. Dichas entrevistas se realizaron con cita previa y con preguntas cerradas para evitar las divagaciones y abiertas para que surgieran aspectos que se hubiesen pasado por alto.

Tras esta primera toma de contacto, y al mismo tiempo que se consultaban fuentes bibliográficas indirectas, se utilizaron estadísticas como el Censo Agrario de 1999 del Instituto Nacional de Estadística (INE), y la regionalización realizada por el Instituto de Estadística de Andalucía (IEA) y estadísticas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), especialmente los Anuarios de Estadísticas Agroalimentarias, y de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía (CAP-JA), para la determinación de la situación actual del sector.

Así mismo se han consultado fuentes legales: reglamentos europeos, comunicaciones de la comisión al consejo y ordenes ministeriales. Se han estudiado especialmente los Reglamentos (CE) número 136/66, 1638/98, 1513/01 y 1782/03 relativos a las sucesivas reformas de la OCM del aceite de oliva.

Para el análisis empírico se ha utilizado el Modelo de Explotaciones Olivareras de la Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Unidad de Prospectiva, CAP-JA (2002M), al que por su especial importancia en este estudio se le dedica el siguiente epígrafe:

Datos

Los antecedentes de trabajos de DEA aplicados a la agricultura han utilizado en general datos procedentes de encuestas realizadas específicamente para dichos estudios, datos provenientes de otras encuestas disponibles¹⁰⁰ o información de las redes de contabilidad agraria (también en base a encuestas) de los ministerios de agricultura de los diferentes países.¹⁰¹

En este trabajo se utiliza información correspondiente a la campaña 1998/99 y ha sido extraída del Modelo de Explotaciones Olivareras,¹⁰² eliminando los datos que permitirían la identificación de las explotaciones en cumplimiento de la legislación vigente.¹⁰³ La información recogida en las bases de datos institucionales para la gestión de las ayudas comunitarias constituye el núcleo principal de dicho modelo. Sería interesante el análisis de la evolución temporal de la eficiencia del sector mediante un análisis con datos de panel, con objeto de no hacer asignaciones de ayudas en base a los datos de una campaña atípica¹⁰⁴ en general o en una explotación concreta. La utilización de datos de un sólo año se debe a la base de datos que se ha conseguido.

La información de partida procede de dos fuentes: la base de datos de declaraciones de cultivo del olivar y la base de datos de solicitudes de ayuda a la producción de aceite de oliva al Fondo Andaluz de Garantía

¹⁰⁰ p.ej. Tzouvelekas et Giannakas (1997), Aldaz et Millán (2002) y Camacho et al. (2002).

¹⁰¹ p.ej. Calatrava (1997) y Oude et Silva (2004).

¹⁰² CAP-JA (2002M).

¹⁰³ LOPD (1999), LFEP (1989) y LFEP A (1989).

¹⁰⁴ La campaña de referencia fue especialmente lluviosa por lo que el impacto del regadío se encuentra minorado en este estudio, mientras que las producciones son excepcionalmente altas. Véase CAP-JA (2002).

Agraria (FAGA) de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, dentro del marco del la OCM del Aceite de Oliva.

La primera se compone de todas las declaraciones que los oleicultores están obligados a presentar para la percepción de la ayuda comunitaria. Cada declaración incluye la totalidad de las parcelas oleícolas¹⁰⁵ que explota un oleicultor dentro de un mismo término municipal. Los datos de interés que contiene esta fuente para cada parcela oleícola son, aparte de los identificativos, la superficie, el régimen de cultivo, el número de olivos productivos e improductivos, el número de pies por olivo, el año de plantación de los olivos improductivos, la variedad predominante y el régimen de tenencia. La base de datos de solicitudes de ayuda está compuesta por el conjunto de las solicitudes¹⁰⁶ que los oleicultores han de presentar para poder beneficiarse de la ayuda comunitaria a la producción de aceite de oliva. Cada solicitud de ayuda recoge la producción total de aceituna, la producción de aceituna destinada a la producción de aceite y la producción de aceite obtenido para cada una de las declaraciones de cultivo del oleicultor. Por tanto la información relativa a la estructura de cultivo del olivar (superficie, variedad, número de olivos,...) se obtiene para todas las parcelas oleícolas, mientras los datos de producción constituyen un único bloque por declaración de cultivo.

El modelo complementa dicha información del FAGA con la cartografía básica en formato digital de los polígonos catastrales, así como la información gráfica contenida en el Sistema Integrado de Gestión Oleícola (SIG-O), que ha sido fundamental en la georreferenciación de los datos procedentes de las mencionadas bases de datos institucionales. La georreferenciación posibilita el enlace y combinación con otras fuentes de información complementarias ligadas a variables geográficas que han sido empleadas igualmente en este estudio (información meteorológica, de pendientes, clases agrológicas, etc.). Otras fuentes de información, entre las que se incluye el Registro Oleícola Español (ROE), han sido empleadas de forma más puntual.¹⁰⁷

¹⁰⁵ La parcela oleícola se define como una superficie homogénea y continuada de cultivo de olivar, bajo una misma linde, de la misma variedad, al mismo marco de plantación y en el mismo régimen de cultivo: secano o regadío.

¹⁰⁶ Para poder presentar la solicitud de ayuda a la producción, debe haberse presentado previamente la declaración de cultivo. Además la solicitud debe ir avalada por un certificado de entrada y molturación expedido en almazaras autorizadas o industrias entamadoras de aceitunas de mesa.

¹⁰⁷ Una descripción detallada de los datos del modelo se encuentran en CAP-JA (2002M).

Para estudiar la estructura de costes en la que incurren las distintas explotaciones olivareras y la mano de obra empleada en el cultivo del olivar, se dispone de escasa información. El objetivo, al igual que en el caso de la caracterización productiva fue doble: descriptivo y de incorporación de la información al modelo de evaluación de las explotaciones olivareras.

Los objetivos perseguidos, unidos al trabajo previo de caracterización productiva, condicionaron el estudio de diferentes maneras. En este caso, a la necesidad de disponer de información para cada oleicultor individual, de manera que ésta sea una característica más de la explotación al igual que la superficie, producción o densidad de plantación, se suma el requerimiento de que estos datos se puedan relacionar con las características productivas recogidas en las bases de datos institucionales y que sean permanentemente actualizables. Además, la información de partida disponible, consistente en diversos estudios sobre costes, no tenía el suficiente grado de actualización¹⁰⁸ ni el nivel de detalle deseable para establecer directamente dichas relaciones. Igualmente, la diversa casuística y el número ingente de explotaciones olivareras hacían imposible pensar en una captura masiva de información, por lo que el modelo utiliza una metodología que, sin renunciar a la recogida de información en campo, resultase abordable en términos económicos y de tiempo. Por ello se basa en gran medida en el conocimiento de expertos, determinándose 129 clases diferentes en función del régimen de regadío/secano, la producción, la estructura tradicional o intensiva, la pendiente y el tamaño de la explotación.

De los distintos niveles a los que puede tratarse la información, se eligió el de declaración de cultivo para el análisis de numerosos aspectos. Por dos razones: en primer lugar por ser el nivel en el que se encuentran los datos de producción y en segundo, por ser el que representa de una forma más aproximada el concepto de explotación.

La estructura matricial de declaraciones de cultivo correspondiente a la campaña analizada consta, una vez tratada y depurada, de 299.909 registros correspondientes a otras tantas declaraciones de cultivo, de las cuales 257.862 tienen su correspondiente solicitud de ayuda a la producción y por tanto datos de producción, y las 42.047 declaraciones restantes corresponden a oleicultores que finalmente no solicitaron la ayuda, pese a haber realizado su declaración de cultivo.

¹⁰⁸

p.ej. Diputación Provincial de Sevilla (1989) y Pretel (2001).

Se ha realizado un muestreo por cuotas con una presión del 1 % sobre el total de 299.909 explotaciones contenidas en el modelo para la campaña 1998/99. Así, se proporcionan 3.000 explotaciones, distribuidas entre las diferentes provincias de forma proporcional a su producción media de aceite con derecho a ayuda¹⁰⁹ en el período 1998/99 a 2000/01. Dentro de cada provincia, el número de explotaciones muestreadas se distribuye en diferentes estratos de tamaño de explotación, según la importancia relativa de cada estrato de tamaño en la provincia en cuestión. Dentro de cada estrato de tamaño, las explotaciones se han seleccionado aleatoriamente.

El Cuadro II.2 resume la distribución de la muestra de explotaciones por provincias y estratos de tamaño de explotación.

CUADRO II.2 Distribución de la muestra de explotaciones por provincias y tamaño de explotación

Provincia	Tamaño de explotación (Hectáreas)						Total
	(0,1)	(1,5)	(5,10)	(10,40)	(40,100)	(100,...)	
Almería	2	4	2	2	1	1	12
Cádiz	1	5	4	6	3	3	22
Córdoba	15	115	90	207	137	85	649
Granada	16	85	53	80	39	32	305
Huelva	1	5	3	4	2	3	18
Jaén	63	408	265	425	197	153	1.511
Málaga	8	50	30	58	31	33	210
Sevilla	3	39	35	84	53	59	273
Andalucía	109	711	482	866	463	369	3.000

Fuente: Elaboración propia.

La base de datos utilizada presenta, respecto de las fuentes utilizadas en otros estudios anteriormente citados, las siguientes ventajas:

Datos Contrastados El principal objetivo de estas bases de datos es gestionar las ayudas comunitarias a la producción de aceite de oliva. Así se trata de una información contrastada con más controles (para evitar fraude en las solicitudes de ayuda) que los que se aplican a una encuesta habitual. La información de las solicitudes de cultivo

¹⁰⁹ La producción de aceite con derecho a ayuda está constituida por la producción de aceite, a la que se añade un 8 % de orujo, y el 11,5 % de aceite equivalente procedente de la producción de aceituna de mesa.

está cruzada con la cartografía digital y se han contrastado con la información estadística disponible.¹¹⁰ Así la fiabilidad de los datos de superficie, número de olivos, porcentaje de regadío, producción, precios, rendimiento graso y lluvia, es mayor que la de las encuestas de superficie y producción, que la de las encuestas de estructura de las explotaciones agrícolas e incluso que la de los censos agrarios ya que éstas se contrastan con controles menos rigurosos. Los datos de costes y empleo generado que facilita dicho modelo, sin embargo, provienen del cálculo de la estructura de costes de las explotaciones a través de encuestas y entrevistas a expertos. Aún así tienen una cobertura y detalle superior al habitual, ya que no se encuesta sobre el coste de las operaciones, sino sobre las unidades de cada operación procediendo al cálculo de los costes por parte del modelo.

Datos específicos del Olivar El modelo y la base de datos fue realizado para el estudio específico y exclusivo del sector del olivar lo que permitió a los autores adaptar las variables de interés a la estructura y características concretas de este cultivo, algo muy complicado cuando se estudian varios cultivos a vez y se pretende que los datos sean comparables entre cultivos.

Conocimiento exacto de la población A pesar de que usamos una muestra al uno por ciento, podemos decir que se trata de una muestra de una población perfectamente conocida y caracterizada (a través de las declaraciones de cultivo), algo con lo que no cuentan el resto de las bases de datos agrícolas, en los que se controla a las pequeñas explotaciones que no llevan libros contables o no presentan declaración de impuestos ya que están exentas por su escasa dimensión. Ha de tenerse en cuenta que los datos de las unidades existentes y su identificación no son sólo los que se refieren a los solicitantes de ayuda en el año de referencia (85,98 por ciento de las declaraciones de cultivo), ya que podemos suponer que constan todos los olivareros, debido a que los olivares no declarados en el SIG-O no serían susceptibles de solicitar ayudas en el futuro, según consta en la reforma de la PAC.

Se han seleccionado únicamente explotaciones con datos de producción para la campaña 1998/99, limitando las densidades de plantación al intervalo comprendido entre 40 y 400 olivos/ha, y restringiendo las producciones de aceituna a un valor máximo de 20.000 kg/ha.

¹¹⁰ CAP-JA (2002M).

Las variables utilizadas son las siguientes:¹¹¹

INPUTS

Superficie Total (ha)

Datos de precipitación (octubre 1997 - diciembre 1998) (mm)

Olivos Productivos (ud)

Índice de riego la declaración de cultivo (%)

Costes Totales (ptas):

$$CT = (C_CREC2 + C_SREC2 + C_IND2) \cdot SUPTOTAL \quad (II.28)$$

donde:

CT: Costes Totales (Ptas)

C_CREC2: Coste de recolección (Ptas/ha)

C_SREC2: Restantes costes directos sin recolección (Ptas/ha)

C_IND2: Coste indirecto (Ptas/ha)

SUPTOTAL: Superficie total (ha)

OUTPUTS

Aceituna destinada a mesa (kg)

Aceituna destinada a aceite (kg)

Empleo Generado

$$ETG = (J_CREC2 + J_SREC2 + J_IND2) \cdot SUPTOTAL \quad (II.29)$$

donde:

ETG: Empleo Total Generado.

J_CREC2: Jornales empleados en la recolección (Jornales/ha)

J_SREC2: Restantes jornales directos salvo los empleados en la recolección (Jornales/ha)

J_IND2: Jornales indirectos (Jornales/ha)

SUPTOTAL: Superficie Total (ha)

¹¹¹ Los nombres de las variables indicadas son las originales de la base de datos, CAP-JA (2002M).

Rendimiento Graso

$$RG = \frac{ACEITE}{DEST9899} \quad (II.30)$$

donde:

RG: Rendimiento Graso (%)

ACEITE: Aceite producido (kg)

DEST9899: Aceituna destinada a aceite (kg)

II.13.2. Indirectas

Se han consultado tanto libros como artículos científicos. Dentro de las fuentes acerca de DEA, cabe destacar *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Application, References and DEA-Solver Software*, de Cooper, W.W., Seiford, L. M. y Tone, K.

En lo que respecta a la situación actual del Sector Olivarero Andaluz, cabría citar *El Olivar Andaluz* de la Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Unidad de Prospectiva y en lo referente a la OCM del Aceite de Oliva, el informe *La PAC en Andalucía: Periodo 1996-2000* de la Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Unidad de Prospectiva.

Para definir los términos técnicos específicos se ha utilizado el *Diccionario de la Real Academia Española*, siempre que ha sido posible, ya que en algunas ocasiones las acepciones del mismo no se corresponden con el uso de la jerga del sector, en los demás casos o bien se ha tomado de alguna otra fuente indirecta o se han refinado las definiciones aportadas por expertos en el proceso de entrevistas.



Resultados

Capítulo III



III. Resultados

Hay dos modos de adquirir el conocimiento, a saber: el razonamiento y la experiencia. El razonamiento concluye y nos otorga la conclusión, pero no hace ésta cierta, ni elimina la duda de forma que la mente pueda descansar en la intuición de la verdad, a menos que ésta lo descubra por el sendero de la experiencia.

Roger Bacon † 1294

Se ha aplicado la metodología presentada en el capítulo anterior a las 3.000 DMUs de la muestra y se han calculado los Scores para todas las DMUs. Pues uno de los objetivos era dar una medida de eficiencia para cada unidad con objeto de proporcionar un medio para asignar las ayudas moduladas de la PAC en base al criterio de eficiencia definido.

A modo de ejemplo se exponen los resultados¹¹² de una explotación eficiente según el modelo CCR-I en el cuadro III.1 y de dos explotaciones ineficientes en los cuadros III.2 y III.3. A la vista de los resultados que aparecen en el cuadro III.1 y de la definición II.6.3, se puede decir que la DMU_{24} es una explotación CCR-eficiente ya que su Score es igual a la unidad ($\theta_{24}^* = 1$) y sus holguras son nulas ($s_{24}^{*-} = 0$ y $s_{24}^{*+} = 0$). Al tratarse de una unidad eficiente, no tiene unidades de referencia (*Benchmarks*).

CUADRO III.1 Ejemplo del Score, pesos y holguras obtenidos para una unidad eficiente con el modelo CCR-I

DMU	SCORE	Benchmarks				
24	100,00%	-				
Inputs						
	Superficie	Olivos	%Riego	Precipitac	Gastos	
w	0	0,0035	28,5821	0,0056	0,0001	
s	-	-	-	-	-	
Outputs						
	Empleo	A.Mesa	A.Almaz.	R.Graso		
w	0	0,0002	0	4,0625		
s	-	-	-	-		

Fuente: Elaboración propia.

¹¹² Los pesos indicados como 0,0000 no son nulos, son menores a $5 \cdot 10^{-5}$ lo que supera la precisión de EMS I.3.

Los resultados del Cuadro III.2, por el contrario, muestran que la DMU_2 es una explotación CCR-ineficiente ya que su Score es menor que la unidad ($\theta_2^* = 0,7795 < 1$) y sus holguras no son nulas. Esto significa que, para ser eficiente, dicha unidad debería realizar una reducción radial de su consumo de inputs del: $(1 - \theta_2^*) \cdot 100 = (1 - 0,7795) \cdot 100 = 22,05\%$. Concretamente, respecto a sus inputs, esta explotación debería, para ser eficiente, reducir en 34 el número de olivos productivos ($s_{Olivos}^{*s} = 34,2996$) y el índice de riego de la explotación 77,95 puntos porcentuales ($s_{\%Riego}^{*s} = 0,7795$). Respecto a sus outputs, debería aumentar su producción de aceituna destinada a Almazara en 681,8395 kg ($s_{AAlmaz}^{*+} = 681,8395$).

CUADRO III.2 Ejemplo del Score, pesos y holgaduras obtenidos para una unidad ineficiente con el modelo CCR-I

DMU	SCORE	Benchmarks				
2	77,95%	24 (0,5370)	49 (0,2135)	687 (0,1653)	1043 (0,1434)	
Inputs						
	Superficie	Olivos	%Riego	Precipitac	Gastos	
w	0,3972	0	0	0,0003	0	
s	0	34,2996	0,7795	0	0	
Outputs						
	Empleo	A.Mesa	A.Almaz.	R.Graso		
w	0,101	0,0001	0	1,0688		
s	0	0	681,8395	0		

Fuente: Elaboración propia.

Al tratarse de una unidad ineficiente, ésta tiene DMUs de referencia (*Benchmarks*), concretamente para que la DMU_2 , se convirtiera en una unidad CCR-eficiente debería tender a la combinación lineal de las unidades: DMU_{24} , DMU_{49} , DMU_{687} y DMU_{1043} (todas ellas eficientes) con las ponderaciones que aparecen en el Cuadro III.2 entre paréntesis, junto a los números de estas unidades.

El cuadro III.3, presenta los resultados de otra explotación CCR-ineficiente, la DMU_{2281} , ya que su Score, es menor que la unidad ($\theta_{2281}^* = 0,8757 < 1$) y sus holguras no son nulas. Existen, sin embargo, algunas diferencias reseñables entre ésta y la DMU_2 expuesta en el párrafo anterior.

Por ejemplo, la reducción radial del consumo de inputs necesaria para ser eficiente es mayor en la DMU_2 que en la DMU_{2281} :

$$(1 - \theta_2^*) \cdot 100 = (1 - 0,7795) \cdot 100 = 22,05\% > 12,43\% = (1 - 0,8757) \cdot 100 = (1 - \theta_{2281}^*) \cdot 100$$

CUADRO III.3

Ejemplo del *Score*, pesos y holgaduras obtenidos para una unidad ineficiente con el modelo *CCR-I*

DMU	SCORE	Benchmarks			
2281	93,05%	283 (0,5510)	2297 (0,8078)	2594 (0,2248)	
Inputs					
	Superficie	Olivos	%Riego	Precipitac	Gastos
w	0,0025	0	0,7314	0	0
s	0	6654,81	0	0	0
Outputs					
	Empleo	A.Mesa	A.Almaz.	R.Graso	
w	0,0013	0	0	0	
s	0	0	46292,2971	0,1024	

Fuente: Elaboración propia.

Porello la primera es más ineficiente que segunda ($\theta_2^* = 0,7795 < \theta_{2281}^* = 0,8757$). Así mismo se observa que respecto a las holguras de sus inputs, esta explotación debería, para ser eficiente, reducir la superficie plantada en 6,9285 ha ($s_{Superficie}^{+*} = 6,9285$) y sus Gastos en 0,0002 ptas ($s_{Gastos}^{+*} = 0,0002$), en vez de incrementar el número de olivos productivos y el índice de riego de la explotación como debía hacer la DMU_2 . Respecto a sus outputs, debería aumentar su producción de aceituna de mesa en 0,0006 kg ($s_{A.Mesa}^{+*} = 0,0006$), el empleo generado en 0,0001 jornales ($s_{Empleo}^{+*} = 0,0001$) y el rendimiento graso 0,18 puntos porcentuales ($s_{R.Graso}^{+*} = 0,0018$), en vez de aumentar la producción destinada a Almazara, como tenía que hacer la DMU_2 .

Al tratarse de una explotación ineficiente, también tiene unidades de referencia (*Benchmarks*).

Concretamente para que la DMU_{2281} , se convirtiera en una unidad CCR-eficiente debería tomar como referencia los valores de la combinación lineal de las explotaciones: DMU_{283} , DMU_{650} , DMU_{1580} y DMU_{2393} (todas ellas eficientes) con las ponderaciones que aparecen en el Cuadro III.3 entre paréntesis, junto a los números de estas unidades.

No se presentan en esta sección los resultados exhaustivos de todas las unidades por su gran extensión y porque sin los campos nominales de las unidades a las que se corresponden, no son muy útiles: Lo serían, en su caso, para el agente decisor en la asignación las ayudas. En cualquier caso, están disponibles para su consulta en el disco adjunto.

Por ello, los resultados ofrecidos por el programa EMS I.3¹¹³ se han resumido mediante las medidas de análisis presentadas en la sección II.12. Aunque se han calculado los modelos, tanto orientados al Input como al Output, dado que ambas técnicas, por definición, identifican las mismas unidades eficientes, en este trabajo nos centraremos en los modelos orientados a Inputs, debido a que en la situación actual de la agricultura en Europa no es necesario aumentar la producción y, en cambio, todos los esfuerzos deberían ir encaminados a un uso eficiente de los distintos insumos, como, por ejemplo, el agua para riego. Los resultados de los modelos orientados al Output pueden también consultarse en el disco adjunto.

III.1 Eficiencia Técnica

En esta sección se han calculado los Scores de un modelo CCR orientado al Input (CCR-I) como el propuesto en la subsección II.6.1, ya que θ_{CCR}^* mide la Eficiencia Técnica tal como se ha expuesto en la sección II.8.1. Al utilizar un modelo CCR-I, estamos suponiendo rendimientos constantes a escala.

Análisis por provincias

El criterio de agrupación geográfica se ha tomado basándonos en las teorías de especialización productiva (*clusters*), muy apropiadas para actividades ampliamente extendidas y tradicionales como es el caso del olivar. Debido a que la base de datos, si bien era extensa, no era completa no hemos considerado la opción de agrupar los datos a nivel municipal ya que para algunos municipios sólo contaríamos con 1 explotación por lo que la representatividad de los datos sería escasa.

Identificación de grupos diferentes

En primer lugar hemos realizado los tests de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors, expuestos en la subsección II.1.1.1, para determinar si los datos de la muestra se distribuyen según una distribución normal, a efecto de determinar la técnica que se debía utilizar para la diferenciación de los grupos: Paramétrica o No Paramétrica.

Los resultados de dicho test, que se muestran en el Cuadro III.4, permiten afirmar que los Scores obtenidos del modelo CCR-I, no provienen de poblaciones normales ya que a un nivel de significación, $\alpha = 5\%$, se rechaza

¹¹³ Scheel (2000).

la hipótesis nula de normalidad con ambos test para al menos el 75% de las muestras provinciales.

CUADRO III.4

Resultados de los Test de Normalidad para los Scores CCR-I agrupados por provincias

Provincia	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.#	Estadístico	Sig.
Almería	0,2104	0,1485	0,8528	0,0397*
Cádiz	0,1585	0,1579	0,9115	0,0507
Córdoba	0,1352	0,0000*	0,9204	0,0000*
Granada	0,0983	0,0000*	0,9287	0,0000*
Huelva	0,2922	0,0003*	0,7785	0,0008*
Jaén	0,0818	0,0000*	0,9725	0,0000*
Málaga	0,1163	0,0000*	0,8944	0,0000*
Sevilla	0,1548	0,0000*	0,8623	0,0000*

Corrección de la significación de Lilliefors

* Se rechaza la hipótesis nula con $\alpha = 5\%$.

Nota: Los p-valor indicados como 0,0000 no son nulos, son menores a $5 \cdot 10^{-5}$ y se muestran redondeados.

Fuente: Elaboración propia.

Por ello se ha procedido, efectuando las prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis anteriormente descritas en la subsección II.1.1.2, para detectar entre qué grupos las diferencias son suficientemente significativas para prestarles especial atención. Los resultados de dicho test, que se muestran en el Cuadro III.5 muestran que para el modelo CCR-I, los datos agrupados por provincias, muestran diferencias significativas a un nivel de significación, $\alpha = 5$ por ciento, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de las funciones de densidad de las distribuciones de cada grupo.

CUADRO 3.5

Resultados del Test de Kruskal-Wallis

Sig. asintót.	Provincias	Tamaño
CCR-I	0,000*	0,000*
BCC-I	0,000*	0,000*
SE-I	0,000*	0,000*

* Se rechaza H_0 con $\alpha = 5\%$.

Nota: Los p-valor indicados como 0,0000 no son nulos, son menores a $5 \cdot 10^{-5}$ y se muestran redondeados.

Fuente: Elaboración propia.

Así es momento de buscar las diferencias por pares, corrigiendo previamente el nivel de significación. Para calcular el nivel de significación corregido nos basaremos en la Ecuación II.27, particularizándola para el caso de un $\alpha = 5$ por ciento y 8 provincias a comparar, $k = 8$.

$$\alpha'' = \frac{0,05}{\binom{8}{2}} = \frac{0,05}{28} = 0,0017857 \quad (\text{III.1})$$

Se ha realizado la prueba no paramétrica de la U de Mann-Whitney, expuesta en la sección II.1.2, a cada pareja de provincias. Los resultados se muestran en el Cuadro III.6, para los resultados de cada modelo.

Las tablas presentadas son simétricas ya que la prueba entre la provincia x frente a la provincia y es la misma que la prueba entre la provincia y frente a la provincia x , pero se ha preferido presentar así los resultados para facilitar la localización de provincias diferentes. Para los casos en que las diferencias son estadísticamente significativas al nivel de significación $\alpha = 5$ por ciento, es decir, cuando se rechaza la hipótesis nula, se ha marcado el p-valor experimental con un asterisco (*).

CUADRO III.6 P-valor resultante del Test de la U de Mann-Whitney aplicado a los Scores obtenidos del modelo CCR-I agrupados por provincias

Provincia	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla
Almería		0,3673	0,6265	0,1900	0,3471	0,9748	0,1786	0,2989
Cádiz	0,3673		0,0460	0,8867	0,1494	0,0001*	0,2191	0,6398
Córdoba	0,6265	0,0460		0,0000*	0,0088	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Granada	0,1900	0,8867	0,0000*		0,1843	0,0000*	0,0434	0,6871
Huelva	0,3471	0,1494	0,0088	0,1843		0,0003*	0,3557	0,2908
Jaén	0,9748	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0003*		0,0000*	0,0000*
Málaga	0,1786	0,2191	0,0000*	0,0434	0,3557	0,0000*		0,2640
Sevilla	0,2989	0,6398	0,0000*	0,6871	0,2908	0,0000*	0,2640	

Nota: Los p-valor indicados como 0,0000 no son nulos, son menores a $5 \cdot 10^{-5}$ y se muestran redondeados.
Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, las provincias que se muestran más diferentes a las demás son Córdoba y Jaén, que son las provincias con mayor extensión de olivar cultivado.

Porcentaje de unidades eficientes por provincia

En este caso lo que hemos hecho es calcular los porcentajes del número de unidades eficientes de cada estrato. De los resultados, que constan en el Cuadro III.7 que han sido ilustrados con el mapa del gráfico III.1, puede deducirse que:

CUADRO III.7 Porcentajes de Unidades Eficientes CCR-I de cada estrato

Provincia	Tamaño de Explotación (hectáreas)						Total
	(0,1]	(1,5]	(5,10]	(10,40]	(40,100]	(100,...)	
Almería	0,00	25,00	50,00	50,00	0,00	100,00	33,33
Cádiz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Córdoba	13,33	3,48	1,11	5,31	5,11	4,71	4,47
Granada	25,00	4,71	7,55	5,00	2,56	25,00	8,20
Huelva	0,00	20,00	0,00	0,00	50,00	66,67	22,22
Jaén	7,94	0,25	1,51	1,18	4,06	11,11	2,65
Málaga	0,00	2,00	10,00	5,17	3,23	18,18	6,67
Sevilla	0,00	12,82	2,86	4,76	7,55	28,81	11,36
Andalucía	10,09	2,39	2,90	3,23	4,75	14,91	4,90

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO III.1 Porcentajes de Explotaciones CCR-I Eficientes



Fuente: Elaboración propia.

- Huelva y Almería son relativamente (proporcionalmente al número de explotaciones) las provincias más eficientes. Consideramos que ha de deberse a que son las provincias con olivares más nuevos, es decir a las plantaciones con marcación (distancia entre olivos), pies y técnicas de cultivo modernas.¹¹⁴

¹¹⁴ CAP-JA (2002).

- Jaén, Córdoba y Cádiz son relativamente (proporcionalmente al número de explotaciones de la provincia) las provincias menos eficientes. Paradójicamente son las provincias con más tradición olivarera, al menos en lo que respecta a la aceituna destinada a aceite.

Ineficiencia media por provincias

El Cuadro III.8 presentan los datos resultantes de calcular el Score medio NO eficiente, SMNE, esto según la literatura se ha venido en llamar la Ineficiencia media. Estos datos se ilustran en el mapa del gráfico III.2 y en las estrellas del gráfico III.3. Al analizar esos resultados descubrimos que:

CUADRO III.8 Ineficiencia media CCR-I de cada estrato

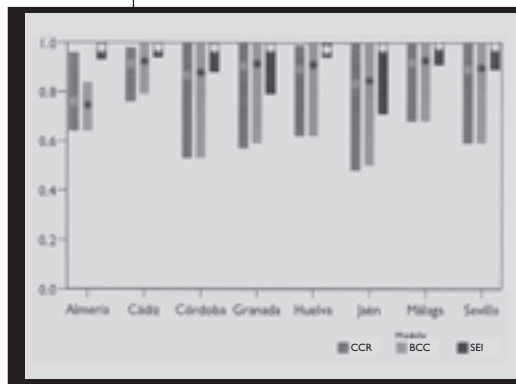
Provincia	Tamaño de Explotación (hectáreas)						Total
	(0,1]	(1,5]	(5,10]	(10,40]	(40,100]	(100,...)	
Almería	70,75	83,06	78,35	68,37	70,37	-	75,97
Cádiz	88,29	92,09	90,46	90,71	95,61	90,10	91,45
Córdoba	86,88	83,15	84,12	86,26	88,46	92,91	86,74
Granada	87,72	88,73	90,58	91,71	92,56	91,08	90,54
Huelva	83,78	93,91	85,09	91,18	94,91	76,59	89,35
Jaén	81,20	80,74	83,34	83,14	86,93	89,44	83,51
Málaga	91,51	91,46	89,75	91,17	94,48	93,57	91,90
Sevilla	85,56	84,57	91,39	87,90	92,17	90,14	89,15
Andalucía	83,61	83,17	85,27	85,71	89,00	90,87	86,02

Fuente: Elaboración propia.



GRÁFICO III.3

Ineficiencia media y Rango de la Ineficiencia de las Explotaciones CCR-I No Eficientes por provincias



Fuente: Elaboración propia.

- Los valores más altos de SMNE son los de las provincias de Málaga y Cádiz. Dado que ninguna de las dos aparecía como una de las provincias con más unidades eficientes (es más, Cádiz no tenía ninguna unidad eficiente) pensamos que las unidades de estas provincias si bien no llegan a ser eficientes, son las menos ineficientes en media, ya que sus valores de eficiencia están cerca del valor máximo bastante concentrados, como lo confirma el hecho de que son las provincias con menor desviación típica en el SMNE, como puede observarse en el Cuadro III.9.

CUADRO III.9

Dispersión en la Eficiencia CCR-I de cada estrato

Provincia	Tamaño de Explotación (hectáreas)						Total
	(0,1]	(1,5]	(5,10]	(10,40]	(40,100]	(100,...)	
Almería	10,18	11,32	-	-	-	-	9,71
Cádiz	-	5,89	2,95	3,75	3,77	11,87	5,44
Córdoba	6,35	9,96	8,63	8,88	8,97	5,62	9,15
Granada	7,12	7,11	5,19	5,10	5,33	9,73	6,47
Huelva	-	5,89	20,43	9,00	-	-	10,95
Jaén	8,95	9,42	8,82	9,18	8,04	8,35	9,32
Málaga	4,84	6,72	6,99	6,64	3,07	5,35	6,18
Sevilla	2,48	11,75	8,15	9,96	7,91	7,03	9,37
Andalucía	8,75	9,83	8,88	9,23	8,27	7,63	9,33

Fuente: Elaboración propia.

- Los resultados de SMNE de Jaén y Córdoba son los más bajos, por debajo de los cuales sólo se encuentran los de Almería que explicaremos inmediatamente. El hecho de que coincida con las provincias con menos explotaciones eficientes confirma la idea de que éstas son las provincias relativamente menos eficientes.
- El valor más bajo de SMNE es el de Almería. Si recordamos, la sección anterior, Almería era la provincia con relativamente más unidades eficientes y, sin embargo, es la provincia con mayor ineficiencia media. Esto nos hace pensar que existe una gran dispersión en los resultados de las diferentes explotaciones de la provincia, lo que podemos confirmar en el Cuadro III.9, ya que comprobamos que es la provincia con mayor Desviación Típica.
- Los resultados de SMNE son altos en cualquier caso, ya que el mínimo SMNE es de 0,75.

Dispersión en la Ineficiencia por provincias

Para analizar los niveles de Dispersión de la Ineficiencia por provincias, se presenta en el Cuadro III.9 los resultados de calcular la Desviación Típica de los Score NO eficientes de cada provincia. Dichos resultados se ilustran en el mapa del gráfico III.4. Así mismo, en el gráfico III.3 puede observarse el rango de variación de los Scores de cada provincia para cada modelo. Al estudiar esos resultados descubrimos que:

GRÁFICO III.4

Desviación Típica de los SMNE de las Explotaciones CCR-I No Eficientes



Fuente: Elaboración propia.

- Las provincias con mayor dispersión de la Ineficiencia son: Almería y Huelva, lo que es lógico ya que como hemos visto en la sección anterior tienen proporcionalmente muchas unidades eficientes, pero a su vez el SMNE es el más bajo.
- El siguiente nivel de dispersión se localiza en las provincias de Jaén, Sevilla y Córdoba, por este orden. Al ser las dos provincias con olivar destinado principalmente al molino (Jaén y Córdoba) y la provincia con más unidades de olivar de verdeo (Sevilla)¹¹⁵ como puede observarse en el Cuadro II.2, es probable que entre dichas explotaciones haya muchas anticuadas y muchas renovadas, por la tradición local y los costes de cambio de actividad de la población rural, con escasa o nula cualificación para otras actividades económicas.
- Los niveles de dispersión de la ineficiencia más bajos se encuentran en Cádiz, Málaga y Granada.

Eficiencia mínima por provincia

Para analizar los niveles de mínimos de Eficiencia por provincias, se presenta en el Cuadro III.10 los resultados de calcular los Scores mínimos de cada provincia, ilustrando dichos resultados en el gráfico III.3 puede observarse el rango de variación de los Scores de cada provincia para cada modelo. Al estudiar esos resultados observamos que:

Provincia	Eficiencia mínima CCR-I por estrato						Total
	Tamaño de Explotación (hectáreas)						
	(0,1]	(1,5]	(5,10]	(10,40]	(40,100]	(100,...)	
Almería	63,54	73,52	78,35	68,37	70,37	100,00	63,54
Cádiz	88,29	81,74	87,06	86,22	91,29	76,41	76,41
Córdoba	79,57	56,16	59,18	53,14	53,97	67,67	53,14
Granada	76,29	66,67	74,52	75,67	75,59	57,26	57,26
Huelva	83,78	85,69	61,66	78,10	94,91	76,59	61,66
Jaén	50,50	50,41	56,18	56,28	59,55	47,83	47,83
Málaga	86,11	74,51	72,60	67,82	84,28	80,11	67,82
Sevilla	83,61	58,51	64,21	61,60	60,00	72,26	58,51
Andalucía	50,50	50,41	0,00	0,00	53,97	0,00	47,83

Fuente: Elaboración propia.

¹¹⁵ CAP-JA (2002M).

- Los valores de Score más bajos se encuentran, además de en Jaén, en las provincias de Córdoba, Granada y Sevilla, por este orden. Al ser las provincias con mayor número de explotaciones de olivar (considerando Jaén) como puede observarse en el Cuadro II.2, es probable que entre dichas explotaciones haya muchas anticuadas y con métodos rudimentarios y poco tecnificados. Este resultado es coherente, con el alcanzado en la subsección anterior respecto de la Dispersión de la Ineficiencia en dichas provincias.
- En un segundo nivel se encuentran los resultados de Huelva y Almería. Si bien dijimos que son las provincias con más unidades eficientes en términos relativos como se veía en el Cuadro III.7, tampoco se dejó de resaltar que, sin embargo, son las provincias con SMNE más bajos y mayor Dispersión de la Ineficiencia. Como dijimos, son las que menos explotaciones tienen y por tanto con menor tradición olivarera, por lo que puede tratarse de olivares marginales o adeshados.¹¹⁶
- Los niveles mínimos más altos se encuentran en las provincias de Málaga y Cádiz, aunque esta última provincia, tiene unos Scores mínimos más altos que la de Málaga. Si revisamos las subsecciones anteriores, veremos que dichas provincias tienen si bien tienen pocas o ninguna (en el caso de Cádiz) unidades eficientes, presentan los niveles más altos de SMNE y las menores Dispersiones de la Ineficiencia. Eso unido a los resultados de este apartado nos hacen llegar a la conclusión de que las explotaciones de estas provincias, si bien no se sitúan sobre la frontera de eficiencia, sí se encuentran muy concentradas junto a ésta.

Análisis por Tamaño de Explotación

El criterio de agrupación por estratos de tamaño se ha tomado basándonos en que es el factor estructural que más determina la productividad de las explotaciones olivareras andaluzas.¹¹⁷

Identificación de grupos diferentes

En primer lugar hemos realizado los tests de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors, expuestos en la subsección II.1.1.1, para determinar si los datos de la muestra se distribuyen según una distribución normal,

¹¹⁶ CAP-JA (2002).

¹¹⁷ CAP-JA (2002).

a efecto de determinar la técnica a utilizar para la diferenciación de los grupos: Paramétrica o No Paramétrica.

Los resultados de dicho test, que se muestran en el Cuadro III.11, permiten afirmar que los Scores obtenidos del modelo CCR-I, no provienen de poblaciones normales ya que a un nivel de significación, $\alpha = 5\%$, se rechaza la hipótesis nula de normalidad (*) con ambos test para todas las muestras de los estratos de Tamaño de Explotación.

CUADRO III.11 Resultados de los Test de Normalidad para los Scores CCR-I agrupados por tamaños de explotación

Tamaño	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.#	Estadístico	Sig.
(0,1]	0,1169	0,0009*	0,9506	0,0005*
(1,5]	0,0691	0,0000*	0,9722	0,0000*
(5,10]	0,1706	0,0000*	0,9406	0,0000*
(10,40]	0,1450	0,0000*	0,9371	0,0000*
(40,100]	0,1421	0,0000*	0,8956	0,0000*
(100,...)	0,1579	0,0000*	0,8422	0,0000*

Corrección de la significación de Lilliefors
 * Se rechaza la hipótesis nula con $\alpha = 5\%$.
 Nota: Los p-valor indicados como 0,0000 no son nulos, son menores a $5 \cdot 10^{-5}$ y se muestran redondeados.
 Fuente: Elaboración propia.

Tras realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, expuesta en la subsección II.1.1.2, para detectar si entre qué grupos las diferencias son suficientemente significativas para prestarles especial atención. Los resultados de dicho test, que se muestran en el Cuadro III.5 muestran que para cualquiera de los modelos estudiados, los datos agrupados por Tamaño de Explotación, muestran diferencias significativas a un nivel de significación, $\alpha = 5$ por ciento, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de las funciones de densidad de las distribuciones de cada grupo.

Por ello, se procedió a tratar de detectar las diferencias por pares, corrigiendo previamente el nivel de significación. Para calcular el nivel de significación nos basaremos en la Ecuación II.27, particularizándola para el caso de un nivel de significación, $\alpha = 5\%$ y 6 estratos de tamaño de explotación a comparar, $k = 6$.

$$\alpha'' = \frac{0,05}{\binom{6}{2}} = \frac{0,05}{15} = 0,003 \quad (III.2)$$

Al realizar la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, expuesta en la sección II.1.1.2, a cada pareja de estratos de tamaño de explotación se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro III.12. Nuevamente las tablas presentadas son simétricas, ya que la prueba entre el estrato de tamaño de explotación x frente al estrato de tamaño de explotación y es la misma que el estrato de tamaño de explotación y frente al estrato de tamaño de explotación x . Para los casos en que las diferencias son estadísticamente significativas, es decir, cuando se rechaza la hipótesis nula, se ha marcado el p-valor experimental con *.

CUADRO III.12

Resultados del Test de la U de Mann-Whitney aplicado a los Scores obtenidos del modelo CCR-I agrupados por tamaños de explotación

Tamaño	(0,1]	(1,5]	(5,10]	(10,40]	(40,100]	(100,...)
(0,1]		0,1626	0,3771	0,1350	0,0000*	0,0000*
(1,5]	0,1626		0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
(5,10]	0,3771	0,0000*		0,0964	0,0000*	0,0000*
(10,40]	0,1350	0,0000*	0,0964		0,0000*	0,0000*
(40,100]	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,0000*
(100,...)	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	

Nota: Los p-valor indicados como 0,0000 no son nulos, son menores a $5 \cdot 10^{-5}$ y se muestran redondeados.

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, los estratos de tamaño de explotación se muestran más diferentes entre sí que los resultados agrupados por provincias. Esto confirma nuestra hipótesis de que el tamaño es el factor estructural que más determina la productividad de las explotaciones olivereras andaluzas y tras este análisis, no sólo la productividad sino también la eficiencia, tal y como la hemos definido en este trabajo.

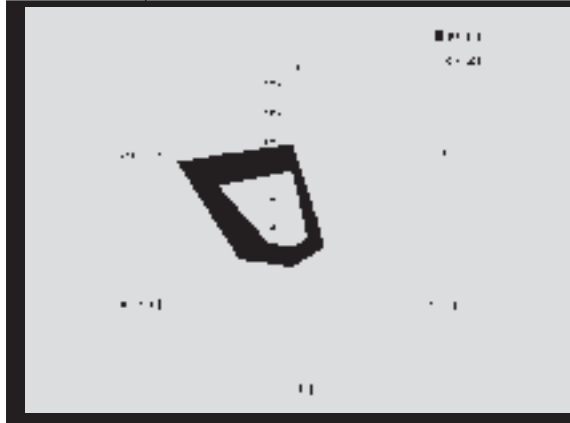
En cualquier caso los estratos de tamaño de explotación (1,5] ha, (40, 100] ha y (100,...) ha son los que muestran más diferencias a los demás (más de la mitad de sus comparaciones resultan en rechazo de la hipótesis nula).

Porcentaje de unidades eficientes por estrato

De los resultados que constan en el Cuadro III.7 y que se ilustran en el gráfico III.5, puede deducirse que:

GRÁFICO III.5

Porcentaje de Explotaciones Eficientes por Tamaño de Explotación y modelo



Fuente: Elaboración propia.

- La máxima eficiencia se detecta en el estrato de máximo tamaño, (100,...) ha: Consideramos que esto es debido a que son explotaciones muy tecnificadas con gran capacidad de inversión en maquinaria y técnicos, dada su escala de operación.
- En un segundo lugar se encuentran las explotaciones más pequeñas, (0,1] ha: Debido, probablemente a que son explotaciones familiares en las que es el mismo agricultor el que realiza todas las operaciones con sumo cuidado y más tiempo.
- Entre esos dos estratos anteriormente citados, se sitúan los demás en un plano intermedio y homogéneo en cuanto a eficiencia.

Ineficiencia media

Con los datos calculados que se presentan en el Cuadro III.7 y que se ilustran con estrellas en el gráfico III.6, deducimos que:

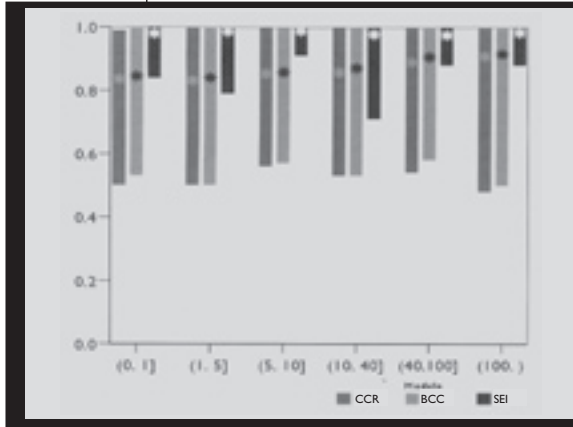
- El SMNE crece ligeramente con el tamaño de explotación.
- Si comparamos estos datos con los de Porcentaje de unidades eficientes por estrato, de la sección anterior, vemos que no son perfectamente coincidentes, ya que allí veíamos que las explotaciones más pequeñas se encontraban en segundo lugar en cuanto a número relativo de explotaciones eficientes. Sin embargo esta afirmación era

engañoso, pues eso no indica que sea el segundo estrato en nivel de eficiencia ya que en media son de los menos eficientes; era un efecto acusado por 1 de cada 10 explotaciones que eran eficientes, debido a la alta dispersión en los niveles de eficiencia dentro del estrato, la segunda más alta de todos los estratos como puede observarse por ejemplo en el Cuadro III.9.

Dispersión en la Eficiencia

De forma análoga a la estudiada en la subsección III.1.1, para analizar los niveles de dispersión de la Eficiencia en cada estrato de Tamaño de Explotación, se presenta en el Cuadro III.9 los resultados de calcular la Desviación Típica de los Score NO eficientes para cada estrato de Tamaño de Explotación. Así mismo en el gráfico III.6 puede observarse el rango de variación de los Scores de cada provincia para cada modelo. Al estudiar esos resultados se encuentra que:

GRÁFICO III.6 Ineficiencia media y Rango de la Ineficiencia de las Explotaciones CCR-I No Eficientes por Tamaños de Explotación



Fuente: Elaboración propia.

- Aunque los resultados son similares podemos encontrar dos o tres grupos, de forma que la dispersión decrece inversamente con el crecimiento del tamaño de las explotaciones.
- La dispersión de la Ineficiencia es menor en las explotaciones más grandes, esto es, las de más de 40 ha.

Eficiencia mínima por estrato

Tal como se hizo en la subsección III.1.1, para analizar los niveles de mínimos de Eficiencia en cada estrato de Tamaño de Explotación, se presenta en el Cuadro III.10 los resultados de localizar los Scores mínimos para cada estrato de Tamaño de Explotación ilustrándose dichos resultados en la Figura III.6 donde puede observarse el rango de variación de los Scores de cada provincia para cada modelo. Al estudiar esos resultados se encuentra que:

- El nivel más bajo de Scores mínimo es que se corresponde con más de 100 ha, correspondiéndose el dato presentado sin duda a un latifundio abandonado o semi-abandonado. Con valores cercanos se encuentra el estrato de explotaciones más pequeñas, las de menos de 1 ha.
- El resto de los estratos intermedios se encuentran en niveles similares de eficiencia mínima.

III.2 | **Eficiencia Local Pura**

En esta sección se presentan los resultados de los Scores de un modelo BCC orientado al Input (BCC-I) como el propuesto en la subsección II.6.3, ya que θ_{BCC}^* mide la Eficiencia Local Pura tal como se ha expuesto en la subsección II.8.1. Al utilizar un modelo BCC-I, estamos suponiendo rendimientos variables a escala.

Análisis por provincias

De forma análoga a como se han analizado los resultados de Eficiencia Técnica por provincias en la subsección III.1.1, a continuación se muestran y comentan los resultados de las de Eficiencia Local Pura por provincias.

Identificación de grupos diferentes

En primer lugar hemos realizado los tests de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors, expuestos en la subsección II.1.1.1, para determinar si los datos de la muestra se distribuyen según una distribución normal. A la vista de los resultados de dicho test se muestran en el Cuadro III.13, se puede afirmar que los Scores obtenidos del modelo BCC-I, no provienen de poblaciones normales ya que a un nivel de significación, $\alpha = 5$ por ciento, se rechaza la hipótesis nula de normalidad (*) con ambos test para casi todas las muestras provinciales.

CUADRO III.13

Resultados de los Test de Normalidad para los Scores BCC-I agrupados por provincias

Provincia	Kolmogorov-Smimov		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.#	Estadístico	Sig.
Almería	0,2691	0,0164*	0,8437	0,0307*
Cádiz	0,1476	0,2000	0,9096	0,0464*
Córdoba	0,1225	0,0000*	0,9051	0,0000*
Granada	0,1377	0,0000*	0,8964	0,0000*
Huelva	0,3088	0,0001*	0,6855	0,0001*
Jaén	0,0805	0,0000*	0,9630	0,0000*
Málaga	0,1435	0,0000*	0,8665	0,0000*
Sevilla	0,1927	0,0000*	0,8221	0,0000*

Corrección de la significación de Lilliefors

Se rechaza la hipótesis nula con $\alpha = 5$ por ciento.

Nota: Los p-valor indicados como 0,0000 no son nulos, son menores a $5 \cdot 10^{-5}$ y se muestran redondeados.

Fuente: Elaboración propia.

Por ello, se procedió a efectuar las prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, anteriormente descritas en subsección II.1.1.2, para detectar entre qué grupos las diferencias son suficientemente significativas para prestarles especial atención. Los resultados de dicho test, que se muestran en el Cuadro III.5, muestran que para el modelo BCC-I, los datos agrupados por provincias, muestran diferencias significativas a un nivel de significación, $\alpha = 5$ por ciento, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de las funciones de densidad de las distribuciones de cada grupo.

Se ha realizado la prueba no paramétrica de la U de Mann-Whitney, expuesta en la subsección II.1.1.2, a cada pareja de provincias. Los resultados se muestran en el Cuadro III.14. Para los casos en que las diferencias son estadísticamente significativas, con el nivel de significación corregido α' , calculado en la ecuación III.1, es decir, cuando se rechaza la hipótesis nula, se ha marcado el p-valor experimental con *.

CUADRO III.14

Resultados del Test de la *U de Mann-Whitney* aplicado a los Scores obtenidos del modelo BCC-I agrupados por provincias

Provincia	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla
Almería		0,4052	0,6526	0,2336	0,4003	0,8871	0,3374	0,4192
Cádiz	0,4052		0,0562	0,9963	0,1485	0,0001*	0,6569	0,7765
Córdoba	0,6526	0,0562		0,0000*	0,0043	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Granada	0,2336	0,9963	0,0000*		0,1226	0,0000*	0,6132	0,9460
Huelva	0,4003	0,1485	0,0043	0,1226		0,0001*	0,0677	0,1746
Jaén	0,8871	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0001*		0,0000*	0,0000*
Málaga	0,3374	0,6569	0,0000*	0,6132	0,0677	0,0000*		0,9145
Sevilla	0,4192	0,7765	0,0000*	0,9460	0,1746	0,0000*	0,9145	

Nota: Los p-valor indicados como 0,0000 no son nulos, son menores a $5 \cdot 10^{-5}$ y se muestran redondeados.

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, las provincias que se muestran más diferentes a las demás son Córdoba y Jaén, que son las provincias con mayor extensión de olivar cultivado.

Porcentaje de unidades eficientes por provincia

En este caso lo que hemos hecho es calcular los porcentajes del número de unidades PTE- eficientes (BCC-eficientes) de cada estrato. De los resultados que constan en el Cuadro III.15 e ilustrados en el mapa del gráfico III.7, puede deducirse que:

CUADRO III.15

Porcentajes de Unidades Eficientes BCC-I de cada estrato

Provincia	Tamaño de Explotación (hectáreas)						Total
	(0,1]	(1,5]	(5,10]	(10,40]	(40,100]	(100,...)	
Almería	0,00	50,00	50,00	50,00	0,00	100,00	41,67
Cádiz	0,00	0,00	0,00	0,00	33,33	33,33	9,09
Córdoba	20,00	6,09	1,11	8,21	12,41	16,47	9,09
Granada	25,00	11,76	11,32	13,75	10,26	46,88	16,39
Huelva	0,00	20,00	0,00	25,00	50,00	66,67	27,78
Jaén	14,29	0,98	5,66	3,53	7,61	16,34	5,49
Málaga	0,00	4,00	10,00	6,90	3,23	21,21	8,10
Sevilla	0,00	15,38	14,29	8,33	18,87	33,90	17,58
Andalucía	14,68	4,50	6,43	6,47	10,58	23,04	8,97

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO III.7

Porcentajes de Explotaciones BCC-I Eficientes



Fuente: Elaboración propia.

- El número de explotaciones PTE-eficientes es en torno a un 80 por ciento mayor que en el caso del análisis de la Eficiencia Técnica (TE) (Véase para ello el Cuadro III.7). Es lógico que el modelo BCC detecte más unidades eficientes ya que el supuesto acerca de la Frontera de Posibilidades de Producción (FPP) (rendimientos variables a escala) es en este caso menos restrictivo. En cualquier caso el incremento es notable.
- La ordenación y distancia entre grupos de provincias es homogénea con aquella presentada en el análisis del porcentaje de explotaciones TE-eficientes por provincias, en la página 102.

Ineficiencia media por provincias

El Cuadro III.16 presentan los datos resultantes de calcular el Score medio PTE-NO eficientes, (BCC-no eficientes) SMNE. El mapa del gráfico III.8 ilustra dichos resultados. Al analizarlos descubrimos que:

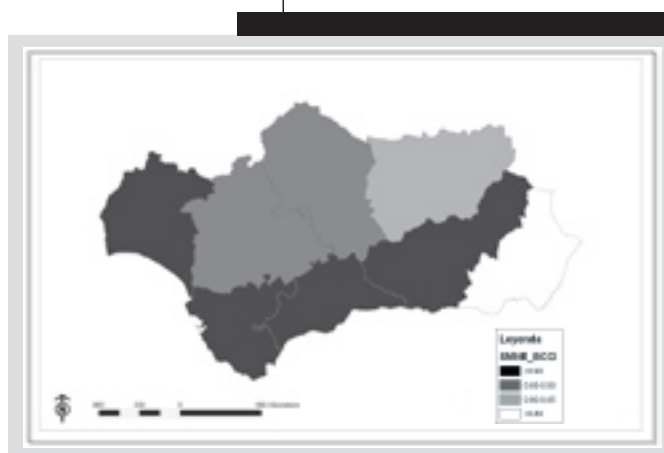
CUADRO III.16 Ineficiencia media BCC-I de cada estrato

Provincia	Tamaño de Explotación (hectáreas)						Total
	(0,1]	(1,5]	(5,10]	(10,40]	(40,100]	(100,...)	
Almería	74,12	77,78	79,76	68,39	70,38	-	74,62
Cádiz	88,30	92,38	91,88	93,33	97,10	89,52	92,55
Córdoba	86,88	83,55	85,02	87,89	90,60	94,01	87,93
Granada	89,45	89,91	91,45	92,99	94,08	88,79	91,51
Huelva	87,95	95,30	86,43	92,33	98,67	80,12	91,09
Jaén	81,58	81,99	83,70	84,67	88,51	90,33	84,62
Málaga	93,65	92,03	90,62	91,82	95,96	94,33	92,76
Sevilla	90,24	84,51	91,44	89,26	92,97	90,66	89,82
Andalucía	84,58	84,09	85,78	87,12	90,61	91,53	87,05

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO III.8

Ineficiencia media de las Explotaciones BCC-I No Eficientes



Fuente: Elaboración propia.

- El valor de la Ineficiencia Media de las explotaciones PTE-no eficientes (BCC-no eficientes) crece levemente en torno al 1 por ciento (salvo el caso de Almería), si lo comparamos con el obtenido en el caso del análisis de la Ineficiencia Media TE (Véase para ello el Cuadro III.8). Es lógico que el modelo compute una ineficiencia media más alta con el modelo BCC. Como hemos indicado en el epígrafe anterior, el supuesto acerca de la Frontera de Posibilidades de Producción (FPP) de los modelos con rendimientos variables a escala es menos restrictivo. Por tanto, la distancia de las DMUs, respecto de sus unidades virtuales

proyectadas sobre la FPP_{BCC} es menor que la distancia de dichas DMUs a la FPP_{CCR} , siempre que la DMU en cuestión no se encuentre en una zona de la región factible tal que, el tramo de la FPP_{BCC} sobre el que se proyecta su unidad virtual es coincidente con la FPP_{CCR} al estar ambas superpuestas. Este último caso no se da en ninguna de las explotaciones de la muestra, como se expone en la página 126.

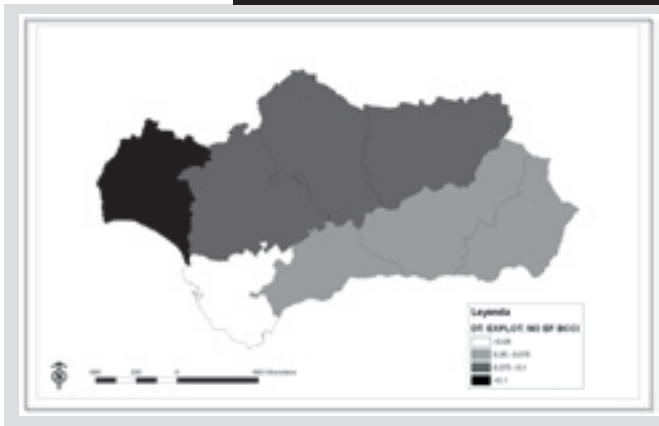
- La ordenación y distancia entre grupos de provincias es homogéneo con aquél presentado en el análisis de la Ineficiencia Media de explotaciones TE-ineficientes por provincias, en la página 111.

Dispersión en la Eficiencia por provincias

Para analizar los niveles de Dispersión de la Ineficiencia por provincias, se presenta en el Cuadro III.17 los resultados de calcular la Desviación Típica de los Score PTE-NO eficientes de cada provincia, ilustrandose dichos datos en el mapa del gráfico III.9. Así mismo en el cuadro III.3 puede observarse el rango de variación de los Scores de cada provincia para cada modelo. Al estudiar todos estos resultados descubrimos que:

GRÁFICO III.9

Desviación Típica de los SMNE de las Explotaciones BCC-I No Eficientes



Fuente: Elaboración propia.

CUADRO III.17 Dispersión en la Eficiencia BCC-I de cada estrato

Provincia	Tamaño de Explotación (hectáreas)						Total
	(0,1]	(1,5]	(5,10]	(10,40]	(40,100]	(100,...)	
Almería	14,32	3,43	-	-	-	-	7,31
Cádiz	-	5,99	3,19	2,99	1,44	14,67	5,23
Córdoba	6,07	9,64	8,87	8,95	8,62	5,71	9,20
Granada	6,65	6,89	5,27	4,63	5,13	9,70	6,24
Huelva	-	3,78	21,12	10,83	-	-	11,17
Jaén	8,89	9,44	8,82	10,16	7,84	8,20	9,61
Málaga	4,46	6,39	7,18	6,79	2,90	5,49	6,21
Sevilla	8,11	11,69	8,45	10,38	8,46	7,35	9,76
Andalucía	8,96	9,73	8,98	9,75	8,09	7,63	9,50

Fuente: Elaboración propia.

- El valor de la Dispersión de la Ineficiencia de las explotaciones PTE-no eficientes (BCC-no eficientes) aumenta muy levemente, menos del 1 por ciento (salvo el caso de Almería en que decrece en torno al 2 por ciento), si lo comparamos con el obtenido en el caso del análisis de la Dispersión de la Ineficiencia TE (Véase para ello el Cuadro III.9).
- La ordenación y distancia entre grupos de provincias es homogéneo (salvo Almería) con el presentado en el análisis de Dispersión de la Ineficiencia TE por provincias, en la página 112.

Eficiencia mínima por provincia

Para analizar los niveles de mínimos de Eficiencia por provincias, se presenta en el Cuadro III.18 los resultados de localizar los Scores PTE mínimos de cada provincia, ilustrando dichos resultados en el gráfico III.3 puede observarse el rango de variación de los Scores de cada provincia para cada modelo. Al estudiar esos resultados observamos que:

CUADRO III.18 Eficiencia mínima BCC-I por estrato

Provincia	Tamaño de Explotación (hectáreas)						Total
	(0,1]	(1,5]	(5,10]	(10,40]	(40,100]	(100,...)	
Almería	63,99	75,35	79,76	68,39	70,38	100,00	63,99
Cádiz	88,30	81,74	88,48	91,49	96,08	79,15	79,15
Córdoba	79,64	56,17	59,39	53,31	58,18	69,41	53,31
Granada	77,60	66,90	77,14	79,34	79,16	59,29	59,29
Huelva	87,95	90,71	62,09	79,83	98,67	80,12	62,09
Jaén	52,54	50,42	57,30	57,70	63,57	50,38	50,38
Málaga	87,71	74,51	73,91	68,01	84,29	80,12	68,01
Sevilla	85,29	58,72	64,36	62,12	61,06	72,98	58,72
Andalucía	52,54	50,42	57,30	53,31	58,18	50,38	50,38

Fuente: Elaboración propia.

- El valor de la Eficiencia PTE mínima aumenta levemente, si lo comparamos con el obtenido en el caso del análisis de la Eficiencia TE mínima (Véase para ello el Cuadro III.10). Esto era esperable y consistente con lo expuesto en el epígrafe acerca de la Ineficiencia Media de las explotaciones PTE-no eficientes, ya que si esta aumentaba, su mínimo era lógico que también lo hiciera.
- La ordenación y distancia entre grupos de provincias es homogéneo (salvo los casos de Granada y Sevilla que intercambian sus posiciones pero por pocas décimas) con aquel presentado en el análisis de la Eficiencia mínima TE por provincias, en la página 113.

Análisis por Tamaño de Explotación

De forma análoga a como se han analizado los resultados de Eficiencia Técnica por estratos de Tamaño de Explotación en la subsección III.1.2, a continuación se muestran y comentan los resultados de las de Eficiencia Local Pura por estratos de tamaño de explotación.

Identificación de grupos diferentes

Primero se han realizado los tests de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors, expuestos en la subsección II.1.1.1, para determinar si los datos de la muestra se distribuyen según una distribución normal, a efecto de determinar la técnica a utilizar para la diferenciación de los grupos: Paramétrica o No Paramétrica.

Los resultados de dicho test, que se muestran en el Cuadro III.19, permiten afirmar que los Scores obtenidos del modelo BCC-I, no provienen de poblaciones normales ya que a un nivel de significación, $\alpha = 5$ por ciento, se rechaza la hipótesis nula de normalidad (*) con ambos test para todas las muestras de los estratos de Tamaño de Explotación.

CUADRO III.19 Resultados de los Test de Normalidad para los Scores BCC-I agrupados por Tamaños de Explotación

Tamaño	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.#	Estadístico	Sig.
(0,1]	0,1028	0,0065*	0,9401	0,0001*
(1,5]	0,0779	0,0000*	0,9640	0,0000*
(5,10]	0,1604	0,0000*	0,9364	0,0000*
(10,40]	0,1383	0,0000*	0,9210	0,0000*
(40,100]	0,1685	0,0000*	0,8623	0,0000*
(100,...)	0,1980	0,0000*	0,8025	0,0000*

Corrección de la significación de Lilliefors
 Se rechaza la hipótesis nula con $\alpha = 5\%$.
 Nota: Los p-valor indicados como 0,0000 no son nulos, son menores a $5 \cdot 10^{-5}$ y se muestran redondeados.
 Fuente: Elaboración propia.

Tras realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, expuesta en la subsección II.1.1.2, para detectar si entre que grupos las diferencias son suficientemente significativas para prestarles especial atención. Los resultados de dicho test, que se muestran en el Cuadro III.5 para el modelo BCC-I, los datos agrupados por Tamaño de Explotación, muestran diferencias significativas a Kolmogorov-Smirnov Shapiro-Wilk un nivel de significación, $\alpha = 5$ por ciento, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de las funciones de densidad de las distribuciones de cada grupo.

Se ha realizado la prueba no paramétrica de la U de Mann-Whitney, expuesta en la subsección II.1.1.2, a cada pareja de Tamaño de Explotación. Los resultados se muestran en el Cuadro III.20. Para los casos en que las diferencias son estadísticamente significativas, con el nivel de significación corregido α' , calculado en la ecuación III.2, es decir cuando se rechaza la hipótesis nula, se ha marcado el p-valor experimental con *.

Como puede observarse, los estratos de Tamaño de Explotación se muestran más diferentes entre sí que los resultados agrupados por provincias. Esto confirma nuestra hipótesis de que el Tamaño de Explotación es el factor estructural que más determina la productividad de las explotaciones olivereras andaluzas y tras este análisis, no sólo la

productividad sino también la eficiencia, tal y como la hemos definido en este trabajo. En cualquier caso, el estrato que menos diferente se muestra es (0, 1] ha.

CUADRO III.20

Resultados del Tet de la *U de Mann-Whitney* aplicado a los Scores obtenidos del modelo *BCC-I* agrupados por tamaños de explotación

Tamaño	(0,1]	(1,5]	(5,10]	(10,40]	(40,100]	(100,...)
(0,1]		0,0655	0,8805	0,1303	0,0000*	0,0000*
(1,5]	0,0655		0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
(5,10]	0,8805	0,0001*		0,0002*	0,0000*	0,0000*
(10,40]	0,1303	0,0000*	0,0002*		0,0000*	0,0000*
(40,100]	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,0000*
(100,...)	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	

Nota: Los p-valor indicados como 0,0000 no son nulos, son menores a $5 \cdot 10^{-5}$ y se muestran redondeados.

Fuente: Elaboración propia.

Porcentaje de unidades eficientes por estrato de Tamaño de Explotación

En el Cuadro III.15, constan los porcentajes del número de unidades PTE-eficientes (BCC-eficientes) de cada estrato de Tamaño de Explotación y se ilustran en el gráfico III.5. En base a ellos puede deducirse que:

- El número de explotaciones PTE-eficientes es, entre un 40 y un 70 por ciento mayor que en el caso del análisis de la Eficiencia Técnica (Véase para ello el Cuadro III.7). Como se ha dicho en el epígrafe homólogo dedicado al Análisis por Provincias, es lógico que el modelo BCC detecte más unidades eficientes (Véase página 115).
- La ordenación y distancia entre estrato de Tamaño de Explotación es homogénea con aquella presentado en el análisis del porcentaje de explotaciones TE-eficientes por Tamaño de Explotación, en la página 110.

Ineficiencia media por estrato de Tamaño de Explotación

Con los datos calculados que se presentan en el Cuadro III.15 y que se ilustran con estrellas en el gráfico III.6, deducimos que:

- El valor de la Ineficiencia Media de las explotaciones PTE-no eficientes (BCC-no eficientes) crece levemente, en torno al 1 por ciento, si lo

comparamos con el obtenido en el caso del análisis de la Ineficiencia Media TE (Véase para ello el Cuadro III.8). Como ya se ha indicado varias veces, por ejemplo, en el epígrafe homólogo dedicado al Análisis por Provincias, es lógico que el modelo BCC detecte más unidades eficientes (Véase página 116).

- La ordenación y distancia entre estratos de tamaño de explotación es homogénea con aquella presentada en el análisis de la Ineficiencia Media de explotaciones TE-ineficientes por Tamaño de Explotación, en la página 111.

Dispersión en la Eficiencia por estrato de Tamaño de Explotación

De forma análoga a la estudiada en la página 112, para analizar los niveles de dispersión de la Eficiencia en cada estrato de Tamaño de Explotación, se presenta en el Cuadro III.17 los resultados de calcular la Desviación Típica de los Score PTE (BCC) NO eficientes para cada estrato de Tamaño de Explotación. Así mismo en el gráfico III.6 puede observarse el rango de variación de los Scores de cada provincia para cada modelo. Al estudiar esos resultados se encuentra que:

- El valor de la Dispersión de la Ineficiencia de las explotaciones PTE-no eficientes (BCC- no eficientes) se mantiene con oscilaciones no unidireccionales de menos del 1 por ciento, si lo comparamos con el obtenido en el caso del análisis de la Dispersión de la Ineficiencia TE por Tamaño de Explotación (Véase para ello el Cuadro III.9).
- La ordenación y distancia entre estratos de Tamaño de Explotación es homogénea (salvo el caso de los estratos (0, 1] y (10, 40] que intercambian sus posiciones por un par de centésimas) con aquel presentado en el análisis de la Dispersión de la Ineficiencia TE por Tamaño de Explotación, en la página 112.

Eficiencia mínima por estrato de Tamaño de Explotación

Tal como se hizo en la página 113, para analizar los niveles de mínimos de Eficiencia Técnica en cada estrato de Tamaño de Explotación, se presenta en el Cuadro III.18 los resultados de localizar los Scores PTE mínimos para cada estrato de Tamaño de Explotación ilustrándose dichos resultados en el gráfico III.6 donde puede observarse el rango de variación de los Scores de cada provincia para cada modelo.

Al estudiar esos resultados se encuentra que:

- El valor de la Eficiencia PTE mínima se mantiene con leves incrementos, si lo comparamos con el obtenido en el caso del análisis de la Eficiencia TE mínima por Tamaño de Explotación, véase para ello el Cuadro III.10.
- La ordenación y distancia entre estratos de Tamaño de Explotación es menos homogénea, que la presentada en el análisis de la Eficiencia TE mínima por Tamaño de Explotación, en la página 113. Los estratos (5, 10]; (40, 100] y (1, 5]; (100,...) intercambian sus posiciones, aunque las diferencias son de un 1 por ciento aproximadamente.

III.3 | Eficiencia de Escala

En esta sección se presentan los resultados de los Scores de Eficiencia de Escala de un modelo orientado al Input (SE-I) de la forma propuesta en la subsección II.8.2, ya que SE mide la Eficiencia de Escala tal como se ha expuesto en la antedicha sección.

Análisis por provincias

Tal como se han analizado los resultados de Eficiencia Técnica (TE) y Eficiencia Local Pura (PTE) por provincias en la subsecciones III.1.1 y III.2.1, a continuación se muestran y comentan los resultados de las de Eficiencia de Escala por provincias.

Identificación de grupos diferentes

Tal como se hizo en subsecciones anteriores se ha comenzado por realizar los tests de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors, expuestos en la subsección II.1.1.1 para determinar si los datos de la muestra se distribuyen según una distribución normal. A la vista de los resultados de dicho test se muestran en el Cuadro III.21, se puede afirmar que los Scores SE, no provienen de poblaciones normales ya que a un nivel de significación, $\alpha = 5$ por ciento, se rechaza la hipótesis nula de normalidad (*) con ambos test para casi todas las muestras provinciales.

Por ello se ha procedido, efectuando las prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis anteriormente descrita en la subsección II.1.1.2, para detectar entre qué grupos las diferencias son suficientemente significativas para prestarles especial atención. Los resultados de dicho test, que se muestran en el Cuadro III.5 muestran que para los Scores SE-I, los datos agrupados por provincias, muestran diferencias significativas a un nivel de significación,

$\alpha = 5$ por ciento, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de las funciones de densidad de las distribuciones de cada grupo.

CUADRO III.21

Resultados de los Test de Normalidad para los Scores SE-I agrupados por provincias

Provincia	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.#	Estadístico	Sig.
Almería	0,2900	0,0062*	0,6894	0,0007*
Cádiz	0,1783	0,0669	0,8756	0,0100*
Córdoba	0,1311	0,0000*	0,8674	0,0000*
Granada	0,2155	0,0000*	0,6759	0,0000*
Huelva	0,2327	0,0110*	0,8332	0,0046*
Jaén	0,1517	0,0000*	0,7507	0,0000*
Málaga	0,2433	0,0000*	0,6947	0,0000*
Sevilla	0,2469	0,0000*	0,6954	0,0000*

Corrección de la significación de Lilliefors

* Se rechaza la hipótesis nula con $\alpha = 5\%$.

Nota: Los p-valor indicados como 0,0000 no son nulos, son menores a $5 \cdot 10^{-5}$ y se muestran redondeados.

Fuente: Elaboración propia.

Se ha realizado la prueba no paramétrica de la U de Mann-Whitney, expuesta en la subsección II.1.1.2, a cada pareja de provincias. Los resultados se muestran en el Cuadro III.22. Para los casos en que las diferencias son estadísticamente significativas, con el nivel de significación corregido, calculado en la ecuación III.1, esto es cuando se rechaza la hipótesis nula, se ha marcado el p-valor experimental con *.

CUADRO III.22

Resultados de los Test de la U de Mann-Whitney aplicado a los Scores SE-I agrupados por provincias

Provincia	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla
Almería		0,0901	0,0306	0,0949	0,3695	0,0300	0,3249	0,2923
Cádiz	0,0901		0,7415	0,4982	0,6634	0,9659	0,0088	0,0398
Córdoba	0,0306	0,7415		0,0013*	0,6375	0,1285	0,0000*	0,0000*
Granada	0,0949	0,4982	0,0013*		0,9090	0,0047	0,0000*	0,0001*
Huelva	0,3695	0,6634	0,6375	0,9090		0,7388	0,2254	0,3996
Jaén	0,0300	0,9659	0,1285	0,0047	0,7388		0,0000*	0,0000*
Málaga	0,3249	0,0088	0,0000*	0,0000*	0,2254	0,0000*		0,2800
Sevilla	0,2923	0,0398	0,0000*	0,0001*	0,3996	0,0000*	0,2800	

Nota: Los p-valor indicados como 0,0000 no son nulos, son menores a $5 \cdot 10^{-5}$ y se muestran redondeados.

Fuente: Elaboración propia.

Aunque, como puede observarse, los datos de Eficiencia-SE presentan menos diferencias entre provincia que los de Eficiencia-TE y Eficiencia-PTE, las provincias que se muestran más diferentes a las demás son Córdoba, Granada Jaén, Málaga y Sevilla, que son las provincias con mayor extensión de olivar cultivado.

Porcentaje de unidades eficientes por provincia

En este caso lo que hemos hecho es calcular los porcentajes del número de unidades eficientes de cada estrato. De los resultados que constan en el Cuadro III.23, puede deducirse que el número de explotaciones SE-eficientes es el mismo para cada estrato que en el caso del análisis de la Eficiencia Técnica (Véase para ello el Cuadro III.7) como es lógico. Para que una DMU sea SE-eficiente ha de situarse sobre la Frontera de Posibilidades de Producción (FPP) con rendimientos constantes a escala (FPP_{CCR}) con $\theta_{CCR}^* = 1$ y sobre la Frontera con rendimientos variables a escala (FPP_{BCC}) con $\theta_{BCC}^* = 1$, para que $\theta_{CCR}^* / \theta_{BCC}^* = 1$. Otra posibilidad sería que $\theta_{CCR}^* = \theta_{BCC}^* \neq 1$ y por tanto $\theta_{CCR}^* / \theta_{BCC}^* = 1$, es decir que sería una unidad

TE-ineficiente y PTE-ineficiente, que se situaría en el interior del CPP y que sus proyecciones de sobre la FPP serían sobre un tramo en que $FPP_{CCR} = FPP_{BCC}$.¹¹⁸ Este último caso no se da en ninguna de las DMUs estudiadas. Esto quiere decir por tanto que todas las DMUs PTE-no eficientes y TE-no eficientes son ineficientes en escala ya que no existe ninguna DMUs PTE-no eficientes y TE-no eficientes con $\theta_{SE}^* = 1$. Por tanto es claro que todas las unidades ineficientes por ambos modelos tienen problemas de Eficiencia de Escala, lo que sugiere medidas para favorecer la concentración parcelaria y el asociacionismo como ya se ha indicado por parte de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.¹¹⁹

¹¹⁸ Véase la unidad F en la figura II.7.

¹¹⁹ CAP-JA (2002).

CUADRO III.23 Porcentajes de Unidades Eficientes *SE-I* de cada estrato

Provincia	Tamaño de Explotación (hectáreas)						Total
	(0,1]	(1,5]	(5,10]	(10,40]	(40,100]	(100,...)	
Almería	0,00	25,00	50,00	50,00	0,00	100,00	33,33
Cádiz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Córdoba	13,33	3,48	1,11	5,31	5,11	4,71	4,47
Granada	25,00	4,71	7,55	5,00	2,56	25,00	8,20
Huelva	0,00	20,00	0,00	0,00	50,00	66,67	22,22
Jaén	7,94	0,25	1,51	1,18	4,06	11,11	2,65
Málaga	0,00	2,00	10,00	5,17	3,23	18,18	6,67
Sevilla	0,00	12,82	2,86	4,76	7,55	28,81	11,36
Andalucía	10,09	2,39	2,90	3,23	4,75	14,91	4,90

Fuente: Elaboración propia.

Para una ilustración gráfica de estos resultados puede consultarse el mapa del gráfico III. I, ya que como se ha indicado los resultados de porcentaje de explotaciones Eficientes en Escala es el mismo que el de explotaciones Eficientes CCR.

Ineficiencia media por provincias

El Cuadro III.24 presenta los datos resultantes de calcular el Score medio SE-NO eficientes, SMNE. Estos datos se ilustran en el mapa del gráfico III. 10 y en las estrellas del gráfico del gráfico III.3, al analizar esos resultados descubrimos que:

CUADRO III.24 Ineficiencia media *SE-I* de cada estrato

Provincia	Tamaño de Explotación (hectáreas)						Total
	(0,1]	(1,5]	(5,10]	(10,40]	(40,100]	(100,...)	
Almería	95,91	97,66	98,23	99,96	99,99	-	97,87
Cádiz	99,99	99,70	98,45	97,19	97,47	96,84	98,11
Córdoba	98,90	98,98	98,97	97,75	96,81	98,07	98,01
Granada	98,10	97,92	98,69	97,94	97,89	98,90	98,15
Huelva	95,26	98,48	98,55	96,79	96,19	95,59	97,41
Jaén	98,13	98,57	98,80	97,56	97,73	98,38	98,18
Málaga	97,74	99,18	99,06	99,15	98,48	98,99	98,96
Sevilla	95,16	99,55	98,87	98,09	98,27	98,76	98,52
Andalucía	98,05	98,66	98,83	97,79	97,58	98,42	98,22

Fuente: Elaboración propia.

- El valor de la Ineficiencia Media de las explotaciones SE-no eficientes aumenta, en algunos casos espectacularmente (en el caso de Almería casi un 29 por ciento), si lo comparamos con el obtenido en el caso del análisis de la Ineficiencia Media TE y PTE (Véanse para ello los Cuadro III.8 y III.16). Esto parece indicar que si bien no hay empresas cuya ineficiencia no se deba al menos en parte a la escala, como se ha indicado en el apartado anterior, dicha Ineficiencia Media SE o de Escala es pequeña ya que los valores medios de SMNE-SE se sitúan en torno al 98 por ciento para todas las provincias. Esto podría resultar contradictorio con lo expuesto en el epígrafe anterior, respecto de la idoneidad de medidas que favorecieran la concentración parcelaria, pero ha de tenerse en cuenta que la visión de eficiencia que tratamos aquí es bastante más amplio (Aseguramiento de Rentas, Calidad,...) que el simplemente productivo que considera CAP-JA (2002). Así una empresa con ineficiente en escala según estos, puede ser más eficiente en escala para nosotros debido a los empleos que genera o la calidad de su producción.

GRÁFICO III.10

Ineficiencia media de las Explotaciones SE-I No Eficientes



Fuente: Elaboración propia.

- La distancia entre las provincias se ha reducido en gran medida si la comparamos con la presentada en los casos del análisis de la Ineficiencia Media de explotaciones TE-ineficientes y PTE-ineficientes por provincias, en las páginas 104 y 111, respectivamente. La ordenación entre las provincias ha cambiado aunque, como se indica, las diferencias ahora son mínimas.

Dispersión en la Eficiencia por provincias

Para analizar los niveles de Dispersión de la Ineficiencia por provincias, se presentan en el Cuadro III.25 los resultados de calcular la Desviación Típica de los Score SE-NO eficientes de cada provincia. Dichos resultados se ilustran en el mapa del gráfico III.4. Así mismo en el gráfico III.3 puede observarse el rango de variación de los Scores de cada provincia para cada modelo.

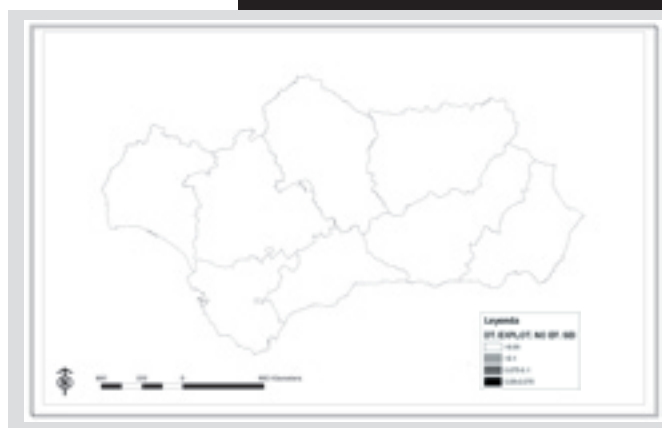
CUADRO III.25 Dispersión en la Eficiencia SE-I de cada estrato

Provincia	Tamaño de Explotación (hectáreas)						Total
	(0,1]	(1,5]	(5,10]	(10,40]	(40,100]	(100,...)	
Almería	92,52	95,57	98,23	99,96	99,99	100,00	92,52
Cádiz	99,99	99,04	97,45	94,23	95,02	96,53	94,23
Córdoba	92,51	95,71	96,85	88,84	88,01	92,26	88,01
Granada	86,61	78,68	96,54	94,24	93,27	96,31	78,68
Huelva	95,26	94,46	97,04	94,87	96,19	95,59	94,46
Jaén	84,26	87,25	90,75	70,88	90,17	87,93	70,88
Málaga	92,27	95,61	96,51	95,87	91,42	94,42	91,42
Sevilla	88,71	96,69	96,69	91,00	89,22	90,50	88,71
Andalucía	84,26	78,68	90,75	70,88	88,01	87,93	70,88

Fuente: Elaboraciónn propia.

GRÁFICO III.11

Desviación Típica de los SMNE de las Explotaciones SE-I No Eficientes



Fuente: Elaboración propia.

Al estudiar todos estos resultados descubrimos que el valor de la Dispersión de la Ineficiencia de las explotaciones SE-no eficientes tiende a cero para todos los casos, es decir, se ha reducido drásticamente si lo comparamos con el obtenido en el caso del análisis de la Dispersión de la Ineficiencia TE y PTE (Véanse para ello los Cuadros III.9 y III.17 respectivamente). Este resultado era esperable a la vista de lo comentado en el apartado anterior.

Eficiencia mínima por provincia

Para analizar los niveles de mínimos de Eficiencia por provincias, se presentan en el Cuadro III.26 los resultados de los Scores SE mínimos de cada provincia, ilustrando dichos resultados en el gráfico III.3 puede observarse el rango de variación de los Scores de cada provincia para cada modelo. Al estudiar esos resultados observamos que:

CUADRO III.26 Eficiencia mínima SE-I por estrato

Provincia	Tamaño de Explotación (hectáreas)						Total
	(0,1]	(1,5]	(5,10]	(10,40]	(40,100]	(100,...)	
Almería	4,79	2,15	-	-	-	-	2,65
Cádiz	-	0,43	0,75	2,38	2,17	0,54	1,81
Córdoba	2,07	1,00	0,67	1,51	1,99	1,56	1,68
Granada	3,95	3,18	0,91	1,38	1,70	1,16	2,19
Huelva	-	2,69	1,30	1,76	-	-	2,03
Jaén	3,00	1,44	0,87	1,90	1,52	1,87	1,72
Málaga	3,14	1,14	1,04	0,89	2,03	1,26	1,41
Sevilla	5,67	0,77	0,97	2,04	2,22	1,99	1,97
Andalucía	3,13	1,69	0,86	1,78	1,88	1,74	1,79

Fuente: Elaboración propia.

- El valor de la Eficiencia SE mínima aumenta considerablemente, si lo comparamos con el obtenido en el caso del análisis de la Eficiencia TE y PTE mínima, véanse para ello los Cuadros III.10 y III.18. Esto era esperable y consistente con lo expuesto en el epígrafe acerca de la Ineficiencia Media de las explotaciones SE-no eficientes, ya que si esta aumentaba, su mínimo era lógico que también lo hiciera.
- La ordenación y distancia entre grupos de provincias es no homogéneo con aquel presentado en el análisis de la Eficiencia TE y PTE mínima, en los Cuadros III.10 y III.18, pero los cambios de ordenación normalmente son tan sólo de una posición arriba o abajo.

Análisis por Tamaño de Explotación

De forma análoga a como se han analizado los resultados de Eficiencia Técnica (TE) y Eficiencia Local Pura (PTE) por estratos de Tamaño de Explotación en las subsecciones III.1.2 y III.2.2, a continuación se muestran y comentan los resultados de las de Eficiencia de Escala por estratos de tamaño de explotación.

Identificación de grupos diferentes

Primero se han realizado los tests de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors, expuestos en la subsección II.1.1.1 para determinar si los datos de la muestra se distribuyen según una distribución normal, a efecto de determinar la técnica a utilizar para la diferenciación de los grupos: Paramétrica o No Paramétrica.

Los resultados de dicho test, que se muestran en el Cuadro III.27, permiten afirmar que los Scores obtenidos del modelo BCC-I, no provienen de poblaciones normales ya que a un nivel de significación, $\alpha = 5$ por ciento, se rechaza la hipótesis nula de normalidad (*) con ambos test para todas las muestras de los estratos de Tamaño de Explotación.

Tamaño	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.#	Estadístico	Sig.
(0,1]	0,2811	0,0000*	0,6425	0,0000*
(1,5]	0,2179	0,0000*	0,6826	0,0000*
(5,10]	0,0982	0,0000*	0,8547	0,0000*
(10,40]	0,1168	0,0000*	0,7633	0,0000*
(40,100]	0,1142	0,0000*	0,9076	0,0000*
(100,...)	0,2150	0,0000*	0,7383	0,0000*

Corrección de la significación de Lilliefors
 * Se rechaza la hipótesis nula con $\alpha = 5\%$.
 Nota: Los p-valor indicados como 0,0000 no son nulos, son menores a $5 \cdot 10^{-5}$ y se muestran redondeados.
 Fuente: Elaboración propia.

Tras realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, expuesta en la subsección II.1.1.2, para detectar si entre qué grupos las diferencias son suficientemente significativas para prestarles especial atención. Los resultados de dicho test, que se muestran en el Cuadro III.5 para el modelo SE-I, los datos agrupados por Tamaño de Explotación, muestran

diferencias significativas a un nivel de significación, $\alpha = 5$ por ciento, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de las funciones de densidad de las distribuciones de cada grupo.

Se ha realizado la prueba no paramétrica de la U de Mann-Whitney, expuesta en la subsección II.1.1.2, a cada pareja de Tamaño de Explotación. Los resultados se muestran en el Cuadro III.28. Para los casos en que las diferencias son estadísticamente significativas, con el nivel de significación corregido α' , calculado en la ecuación III.2, es decir cuando se rechaza la hipótesis nula, se ha marcado el p-valor experimental con *.

CUADRO III.28 Resultados del Test de la U de Mann-Whitney aplicado a los Scores obtenidos SE-I agrupados por tamaños de explotación

Tamaño	(0,1]	(1,5]	(5,10]	(10,40]	(40,100]	(100,...)
(0,1]		0,0163	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,1288
(1,5]	0,0163		0,0869	0,0000*	0,0000*	0,3651
(5,10]	0,0001*	0,0869		0,0000*	0,0000*	0,0767
(10,40]	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,3411	0,0000*
(40,100]	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,3411		0,0000*
(100,...)	0,1288	0,3651	0,0767	0,0000*	0,0000*	

Nota: Los p-valor indicados como 0,0000 no son nulos, son menores a $5 \cdot 10^{-5}$ y se muestran redondeados.
Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, los estratos de Tamaño de Explotación se muestran más diferentes entre sí que los resultados agrupados por provincias. Esto confirma nuestra hipótesis de que el Tamaño de Explotación es el factor estructural que más determina la productividad de las explotaciones olivereras andaluzas y tras este análisis, no sólo la productividad sino también la eficiencia, tal y como la hemos definido en este trabajo.

En cualquier caso los estratos de tamaño de explotación (0, 1] ha, (5, 10] ha, (10, 40] ha y (40, 100] son los que muestran más diferencias a los demás (más de la mitad de sus comparaciones resultan en rechazo de la hipótesis nula).

Porcentaje de unidades eficientes por estrato de Tamaño de Explotación

En el Cuadro III.23, constan los porcentajes del número de unidades SE-eficientes de cada estrato de Tamaño de Explotación. Para una ilustración gráfica de estos resultados puede consultarse el cuadro III.5,

ya que como se ha indicado los resultados de porcentaje de explotaciones Eficientes en Escala es el mismo que el de explotaciones Eficientes CCR. En base a ello puede deducirse que el número de explotaciones SE-eficientes, como ya se indicó en el caso del análisis por provincias en la página 129 es el mismo para cada estrato que en el caso del análisis de la Eficiencia Técnica (Véase para ello el Cuadro III.7).

Ineficiencia media por estrato de Tamaño de Explotación

Con los datos calculados y presentados en el Cuadro III.23 y que se ilustran con estrellas en el gráfico III.6, se deduce que:

- La Ineficiencia Media de las explotaciones SE-no eficientes aumenta en algunos casos espectacularmente, como se indicó en el análisis por provincias (página 127), si lo comparamos con el obtenido en el análisis de la Ineficiencia Media TE y PTE (Cuadros III.8 y III.16).
- La distancia entre los estratos se ha reducido en gran medida si la comparamos con la presentada en los casos del análisis de la Ineficiencia Media de explotaciones TE- ineficientes y PTE-ineficientes por provincias (en las páginas 104 y 116, respectivamente). La ordenación entre las provincias ha cambiado aunque como se indica las diferencias ahora son mínimas.

Dispersión en la Eficiencia por estrato de Tamaño de Explotación

Los resultados presentados en el Cuadro III.25 son los obtenidos al calcular la Desviación Típica de los Score SE NO eficientes para cada estrato de Tamaño de Explotación. Así mismo en el gráfico III.6 puede observarse el rango de variación de los Scores de cada provincia para cada modelo. Considerando dichos resultados se encuentra que la Dispersión de la Ineficiencia de las explotaciones SE-no eficientes tiende a cero para todos los casos, tal y como ya se indicó en el análisis por provincias en la página 127 (Véanse los Cuadros III.9 y III.17). Este resultado era esperable a la vista de lo comentado en el apartado anterior.

Eficiencia mínima por estrato de Tamaño de Explotación

Tal como se hizo en la página 115, para analizar los niveles de mínimos de TE en cada estrato de Tamaño de Explotación y en página 123, para analizar los niveles de mínimos de PTE, se presenta en el Cuadro III.26 los resultados de Scores SE mínimos para cada Tamaño de Explotación ilustrándose dichos resultados en el gráfico III.6 donde puede observarse el rango de variación de los Scores de cada provincia para cada modelo. Al

estudiar los resultados se deduce que el valor de la Eficiencia SE mínima aumenta considerablemente, como ya se indicó en el análisis por provincias, en la página 130, si lo comparamos con el obtenido en el análisis de la Eficiencia TE y PTE mínima (Véanse los Cuadros III.10 y III.18).



Conclusiones

Capítulo IV

IV. CONCLUSIONES

Sé que la mayoría de los hombres, incluso los que estudian los problemas de mayor complejidad con tranquilidad, rara vez pueden aceptar ni la verdad más simple y obvia, si esto les obliga a admitir la falsedad de las conclusiones que se han deleitado en enseñar y explicar orgullosamente a sus colegas y que han tejido, enhebrando el hilo en la tela de sus vidas.

Leon Tolstoy † 1910

Tras el análisis pormenorizado de los datos calculados y expuestos en el capítulo anterior, las principales conclusiones que pueden extraerse de los resultados de este trabajo y que se presentan a continuación permiten afirmar que se han alcanzado los objetivos que se proponían en la sección 1.2 para este trabajo.

Así, las técnicas de Análisis Envolvente, DEA, han proporcionado un método para el cálculo de indicadores de Eficiencia relativa aplicables, en los términos expuestos, a la PAC, lo que responde concretamente al Objetivo Metodológico.

Respecto del Objetivo Descriptivo que se planteaba, las conclusiones siguientes permiten también afirmar que se ha alcanzado éste:

- El Know-How Tradicional del olivar parece ser más una desventaja que una ventaja comparativa, ya que las provincias con mayor tradición olivarera resultan ser las que presentan menos DMUs eficientes y menor ineficiencia media, SMNE (Jaén y Córdoba). Así mismo la dispersión de los resultados en estas zonas hace pensar que el Know-How se ha quedado atrás en la renovación de técnicas de cultivo.
- Las técnicas de cultivo modernas, podrían ser los mayores condicionantes de la eficiencia, ya que las DMUs más eficientes se encuentran en las provincias con mayor presencia relativa de olivar moderno (Huelva y Almería). Estos resultados podrían ser especialmente matizados con la inclusión de indicadores ambientales y con la corrección de los indicadores sociales tal como se expone en la subsección IV.2.1, dado que el hecho de que los aspectos productivos se muestren los más determinantes en la eficiencia, podría estar desvelando una infra-valoración de los indicadores sociales.

- La eficiencia esta correlacionada con el tamaño de la explotación. Este punto es sumamente importante ya que el olivar andaluz se caracteriza por la abundancia de micro-explotaciones.¹²⁰ Así se muestra que la debilidad de la eficiencia del sector es debida, al menos en parte, a la escala de operación de las empresas. Así mismo, las explotaciones más grandes son más homogéneas en cuanto a su eficiencia, lo que sugiere que se encuentran más al día en métodos modernos y estandarizados, probablemente por la capacidad de inversión en capital tanto físico como humano. En cualquier caso siguen quedando latifundios infra-utilizados en Andalucía tal como se sugiere en la página 114, lo que resulta paradójico cuando por lo que se deduce del estudio, son las unidades con las mejores características para ser eficientes.
- Aunque las conclusiones anteriores son válidas bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala y bajo el de rendimientos variables a escala (lo cual las confirma) existe cierto grado de ineficiencia de escala ya que no existe ninguna DMU NO eficiente que no presente ineficiencia de escala (SE ineficiente).
- El hecho de que los niveles de Ineficiencia de escala sean (Cuadro III.25) más homogéneos que los de Ineficiencia Técnica (Cuadro III.9) hace pensar que la ineficiencia de escala es generalizada, a pesar de ser pequeña, mientras que la ineficiencia técnica no.

IV.1 | Recomendaciones

A la vista de las conclusiones anteriores y de la experiencia desarrollada en este trabajo, se plantean las siguientes recomendaciones:

Respecto de los datos

Teniendo en cuenta las limitaciones de este trabajo, expuestas en las secciones II.12 y II.13, y con objeto de mejorar el conocimiento del sector del olivar en Andalucía y producir así indicadores más precisos, se propone:

- Incluir en el modelo de la Consejería de Agricultura y Pesca otras variables geográficas como la tipología, la erodibilidad y erosibilidad de los suelos andaluces o variables climáticas diferentes a la pluviometría, que resultan de gran relevancia en la caracterización del olivar, para poder estudiar el impacto ambiental de su cultivo. A este respecto sería interesante la recogida de datos en cada declaración de cultivo (campos dicotómicos: Sí o No) sobre las prácticas llevadas a cabo, ya que, aunque el olivar evita la erosión en las laderas, si la eliminación de malas hierbas se realiza mediante el uso abusivo de gradas y desclarificadores, en realidad se favorece el proceso erosivo.
- Diferenciar en el modelo las estructuras de costes de las explotaciones destinadas esencialmente al olivar de verdeo y al de molino. Así mismo incluir datos en la declaración de cultivo acerca de si la recogida de la aceituna es manual, mecanizada mediante vibrador de rama o de tronco (campos dicotómicos: Sí o No), a efectos de hacer un cálculo de costes, márgenes e impactos más ajustados a la realidad.
- Recoger la información a nivel de parcela en las solicitudes de ayuda, para evitar la imposibilidad de asociar la producción a cada parcela.
- Recoger información individualizada del precio medio pagado a cada agricultor, en las solicitudes de ayuda. Dicha información es relativamente fácil de conseguir ya que para solicitar la ayuda es preciso un certificado expedido por una almazara o empresa autorizada de la industria entamadora de aceituna de mesa, que pueden así mismo certificar el precio pagado al agricultor. Con esta información se podría incluir un indicador de la calidad de la producción de aceituna, especialmente la de mesa.
- Cruzar la información base con la que se elaboró del Inventario de Regadíos de Andalucía, con la del Modelo de Explotaciones Olivareras para generar información estimada acerca de los consumos de agua, de la misma forma en que se realizó para estudiar las estructuras de costes y generación de empleo, ya que la información disponible no identifica consumos de agua, sino sólo de la extensión del regadío.

Respecto de las explotaciones

A la vista de las conclusiones expuestas anteriormente y con objeto de incrementar la eficiencia de las explotaciones olivareras andaluzas se proponen las siguientes medidas de política económica:

- Implantar un sistema de modulación del Pago Adicional de la nueva PAC en función del cumplimiento de los criterios de esta. Esto impulsaría a los agricultores tradicionales a reformar sus explotaciones, con ganancias de eficiencia.
- Medidas para favorecer la concentración parcelaria, como por ejemplo, la reducción o bonificación del Impuesto de Transmisiones Patrimoniales y Actos Jurídicos Documentados (ITPyAJD), para permutas de parcelas de olivar, para unificación de explotaciones en una única parcela.
- Medidas para favorecer la implantación de nuevas tecnologías en el olivar, como por ejemplo, impulsar el asociacionismo con objeto de acceder a tecnología que los pequeños agricultores no pueden permitirse debido a su escala de operación. En el sector existe un amplio movimiento cooperativista, pero centrado esencialmente en la comercialización conjunta del producto (almazaras cooperativas y cooperativas transformadoras de aceituna de mesa), pero escasamente presente en el proceso productivo en si.

IV.2 Futuras Líneas de Investigación

Tras este trabajo se abren las líneas de investigación futuras que se exponen a continuación, entre las cuales se elegirá una o varias de ellas para seguir trabajando, con vistas a la elaboración de la tesis doctoral:

Mejoras metodológicas en el modelo

- Inclusión de indicadores ambientales: Se podrían incluir un indicador de erosión calculado a través de la metodología USLE. Así mismo se podrían incluir otros indicadores acerca de prácticas de conservación o niveles de contaminación química en tanto en cuanto la información disponible con desagregación a nivel de parcela.

- Corrección de los indicadores Sociales: Tener en cuenta la "necesidad" de generación de empleo de cada comarca corrigiendo las cifras de empleo generado con los niveles de paro registrado. Así se puede otorgar un mayor valor a un empleo generado en una zona con un alto nivel de desempleo respecto al empleo generado en una zona sin dicha dificultad, en tanto en cuanto a la mayor utilidad social del primero.
- Inclusión de indicadores que pudieran ser del interés de un eventual agente decisor y afinado en su línea de los existentes (restricciones sobre los pesos, variables no discrecionales,...)
- Análisis de la evolución temporal de la Eficiencia del sector mediante un análisis con datos de panel, con objeto de no hacer asignaciones de ayudas en base a los datos de una campaña atípica en general o en una explotación concreta.
- Diseño de un programa que confronte una unidad DMU, con unidades similares en cuanto a aspectos estructurales y/o productivos (tamaño de explotación, localización geográfica,...) con el fin de no comparar unidades excesivamente diferentes en sus condiciones de partida. Dicha comparación resulta injusta y técnicamente no sería adecuado, dado que las técnicas DEA tengan la misma función de producción.

Creación de una rutina informática específica

- Creación de una rutina informática capaz de solucionar el modelo teórico utilizando la base de datos completa de 300.000 explotaciones olivareras o incluso trabajar a nivel parcelario. Podría orientarse el trabajo hacia los algoritmos de búsqueda dirigida (Metaheurísticos) o bien al diseño de una rutina de optimización que seleccione previamente una muestra de las explotaciones para utilizarlas como restricciones tecnológicas del problema para diseñar la frontera de eficiencia. Dado el número de unidades a evaluar habría que acudir a programar en sistemas bajo UNIX, con el fin de utilizar clusters de ordenadores en red para hacer funcionar el programa.
- Implementación de rutinas con un interfaz amigable para un usuario no experto, que prepare tablas de resumen e informes.

Otras líneas de investigación

- Hacer un estudio comparativo con varios escenarios, estudiando el impacto del sistema propuesto sobre los márgenes y la percepción de rentabilidad de las explotaciones olivareras, comparando con el escenario actual, detectando las tipologías perjudicadas, cuantías de los impactos,...
- De los distintos niveles a los que podía tratarse la información, se eligió el de declaración de cultivo. No obstante de lo expuesto en la sección II.13, existen otros niveles de información que presentan interés para el tratamiento de determinadas variables. Por ejemplo la parcela oleícola es útil para el estudio de variables relacionadas con la estructura productiva (densidad, variedad, régimen de cultivo, etc.) y la parcela catastral para la georreferenciación. Por este motivo sería interesante acceder a los datos de la tabla de subparcelas oleícolas que desglosa las parcelas oleícolas en tantas subparcelas como corresponda en función de sus referencias catastrales. La subparcela oleícola, que resulta de la intersección de parcela oleícola y catastral, es el máximo nivel de detalle al que se podría trabajar en este estudio y, en concreto, constituye la base para la georreferenciación de las distintas variables estudiadas. Sin duda esto exigiría, producir previamente el software indicado en el epígrafe anterior, ya que el número de DMUs a evaluar haría inviable su manejo con técnicas de optimización tradicionales.
- Análisis de la Eficiencia de la industria transformadora con la misma filosofía seguida en este trabajo: considerando una eficiencia en sentido amplio, considerando Outputs productivos (beneficios o producción), sociales (empleo generado), medio ambientales (vertidos generados) y cualitativos (indicador de calidad del producto).



Bibliografía

Capítulo V

Bibliografía

- Afriat, S. N. Efficiency estimation of a production function, *Internatiotal Economic Review*, 13 (3), pp. 568-598, 1972.
- Aigner, D., y Chu, S. F. On estimating the industry production function, *American Economic Review*, 58, pp. 826-839, 1968.
- Aigner, D.J. Lovell, C.A. K. Schimidt, P. Formulation and estimation of stochastic frontier funcion models, *Journals of Econometrics*, 6, pp. 21-37, 1977.
- Adolphson, D. L., Cornia, G. C. y Walters, L. C. A unified framework for classifying DEA models, *Operation Research' 90*, pp. 647-657, 1990.
- Aldaz, N. y Millán. J.A. An inter-country comparison of agricultural productivity with intertemporal DEA. Efficiency Series Paper 2002/09. Permanent Seminar on Efficiency and Productivity, Departamento de Economía, Universidad de Oviedo, 2002.
- Ali, A.I., y Seiford, L.M. The mathematical programming approach to efficiency analysis, Oxford University Press, Nueva York, 1993.
- Ali, A. I., y Seiford, L. M. Traslacion invariance in Data Envelopment Analysis, *Operation Research Letters*, 9, pp. 403-405, 1990.
- Ali, A.I., Grabowski, R., Pasurka, C. y Rangan, N. Technical, scale and allocative efficiency in US banking: an empirical investigation, *Review of Economics and Statistics*, LXXII, pp. 211-218, 1990.
- Allen, R., Athanassopoulos, A. y Dyson, R. G., Thanassoulis, E. Weights restrictions and value judgements in Data Envelopment Analysis: Evolution development and future directions, *Annals of Operations Research* 73, pp. 13-34, 1997.
- Allen, K. DEA in ecological context: an overview, en *Data Envelopment Analysis in the service sector*, Westermann. pp. 203-235, Gableer, Wiesbaden, 1999.

- Álvarez, A. Concepto y medición de la eficiencia productiva, en Álvarez, A. (coord.), La medición de la eficiencia y la productividad, Ed. Pirámide, pp. 19-38, Madrid, 2001.
- Athanassapoulos, A. D. Lambroukos, y N. Seiford, L. Data Envelopment scenario analysis for setting targets to electricity generating plants. *European Journal of Operational Research*. 115: 413-428, 1998.
- Arzubi, A. y Berbel, J. Determinación de la eficiencia usando DEA en las explotaciones lecheras de Argentina. IV Congreso de la Asociación de Economía Agraria. Pamplona, 2001.
- Banker, R. D., Charnes, A. y Cooper, W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis *Management Science*, 30, pp. 1078- 1092, 1984.
- Banker, R. D. y Thrall, R. M. Estimation of returns to escale using data envelopment analysis *European Journal of Operational Reseach*, 62, pp. 74-84, 1985.
- Banker, R. D. y Morey, R. Analisis for exogenously fixed inputs and output. *Operational Reseach*, 34(4), pp. 513-521, 1986a.
- Banker, R. D. y Morey, R. The use of categorical variables in DEA. *Managemnt Science*, 32(12), pp. 1613-1627, 1986b.
- Boles, J. N. Efficiency squared-efficient computation of efficiency indexes, *Proceedings of the Thirty Ninth Annual Meeting of the Western Farm Economics Association*, pp. 137-142, 1966.
- Boussofiáne, A., Dyson, R.G. y Thanassoulis, E. Applied Data Envelopment Analysis *European Journal of Operational Research*, 52, pp. 1-15, 1991.
- Bowlin, W. F., Brennan, J., Charnes, A., Cooper, W.W. y Sueyoshi, T. A model for measuring amounts of efficiency dominance, *Research Report, The University of Texas at Austin, Graduate School of Business*, 1984.
- Caballero, R., Galache, T., Gómez, T., Molina, J. y Torrico, A. Budgetary allocations and efficiency in the human resources policy of an university following multiple criteria. *Economics of Education Review*, 23, 2004.

- Calatrava Leyva, J. Análisis de la eficiencia productiva de las explotaciones olivareras andaluzas. Un estudio mediante funciones de producción de frontera Trabajo profesional fin de carrera. Departamento de Matemática Aplicada y Estadística. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba. 1997.
- Callens, I. y Tyteca, D. Towards indicators of sustainable development for firms: a productive efficiency perspective, *Ecological Economics*, 28 , pp. 41-53, 1999.
- Camacho Poyato, E., Rodríguez Díaz, J.A. y López Luque, R. El futuro del regadío en Andalucía en Informe anual del sector agrario en Andalucía 2001. Analistas Económicos de Andalucía, Fundación Unicaja, 2002.
- CAP-JA Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Unidad de Prospectiva, Modelo de explotaciones olivareras, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Sevilla, 2002M.
- CAP-JA Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Unidad de Prospectiva, El olivar andaluz, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, Sevilla. noviembre 2002L.
- Casas Sánchez, J. M. Inferencia estadística, Ed. Centro de Estudios Ramón Areces. Madrid 1997.
- Casas Sánchez, J. M. Inferencia estadística para economía y administración de empresas, Ed. Centro de Estudios Ramón Areces. Madrid, 1996.
- Consejo Económico y Social Sobre la Organización Común de Mercados del Aceite de Oliva. Informe 5, p. 44, 1996.
- Charnes, A., Cooper, W.W. y Rhodes, E. Measuring the efficiency of decision makings units, *European Journal of Operational Research* 2, pp. 429-444, 1978.
- Charnes, A. y Cooper, W.W. Preface to topics in data envelopment analysis, *Annals of Operational Research*, vol. 2, pp. 67-81, 1985.
- Charnes, A., Cooper, W.W. Huang, Z. y Sun, D. Polyhedral cone-ratio models with an ilustrative application to large comercial banks, *Journal of Econometrics* 46, pp. 73-90, 1990.

- Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, A. y Seiford, L. Data Envelopment Analysis: Theory, methodology and applications, Kluwer Academic Publishers, Dordrech, Holanda, 1995a.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Golany, B. y Seiford, L. Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans empirirical production unctions, Journal of Econometrics, Vol 30 n. 1, pp. 91-107 1995b.
- Chao, B. F.;Vigo-Aguiar, M.I., Garcia, D. y Ferrándiz, J. M. Mediterranean and Black sea level variations, 1986-2001: Altimetry vs. tide gauge data., V - Proceedings of the Computational amd Mathematical Methods in Science and Engineering 2005, (CMMSE- 2005), 2005.
- Coelli, T. A guide to DEAP version 2.1: A Data Envelopment Analysis (computer) program, CEPA Working Paper 96/8, Department of Econometrics, University of New England, Armidale NSW, Australia, 1996.
- Coelli, T. y Perelman, S. Efficiency measurement, multiple-output technologies and distance functions: With applications to European railways, CREPP Working Paper 96/05. University of Liege, Belgica, 1996.
- Coelli, T. y Perelman, S. A Comparison of parametric and non-parametric distance functions: With applicantion to european railways, European Journal of Operational Research, 117, pp. 326-339, 1999.
- Cooper, W.W., Seiford, L. M. y Tone, K. Data Envelopment Analysis: A comprehensive text with models, application, references and DEA-solver software, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000.
- D'Agostino, R. B. y Stephens, M. A. Goodness-of-fit techniques, Marcel Dekker, Inc., Nueva York, 1986.
- Deprins, D., Simar, L. y Tulkens, H. Measuring labor efficiency in post offices, en The Performance of Public Enterprises: Concepts and Measurement, pp. 243-267 Marchand, M., Pestiau, P. y Tulkens, H. (eds), Amsterdam, Holanda, 1984.
- Diputación Provincial de Sevilla Estudio de los costes agrarios en la provincia de Sevilla. Biblioteca Socio-Económica de la Diputación Provincial de Sevilla, pp. 545-552. Sevilla 1989.

- Dulá, J.H. Data Envelopment Analysis, en Handbook of Applied Optimization, Oxford University Press, Oxford 2000.
- Dyson, R. G. y Thanassoulis, E. Reducing weight in Data Envelopment Analysis, Journal of Operational Research Society, 39 (6), pp. 563-576, 1989.
- El-Mahgary, S. y Lahdelma, R. Data Envelopment Analysis: Visualizing the results, European Journal of Operational Research, 85, pp. 700-710, 1995.
- Färe, R., Grosskopf, S. y Lovell, C.A. K. The structure of technical efficiency, Scandinavian Journal of Economics, vol. 85, pp. 181-190, 1983.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A. K. y Pasurka, C. Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach, The Review of Economics and Statistics, vol. 71/1, 1989.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A. K. y Yaisawarng, S. Derivation of shadow prices for undesirable outputs: a distance function approach, The Review of Economics and Statistics, vol. 75, 1993.
- Färe, R., Grosskopf, S., y Lovell, C.A. K., Productions frontiers, Cambridge University Press, Cambridge, 1994.
- Färe, R., Grosskopf, S. y Tyteca, D. An activity analysis model of the environmental performance for firms: An application to fossil-fuel-fired electric utilities, Ecological Economics, vol. 18, pp. 161-175, 1996.
- Färe, R., Grosskopf, S. y Hernández-Sancho, F. Environmental performance: An index number approach, Project GV98-8-100, 2000. Resource and Energy Economics, Volume 26, Issue 4, pp. 343-352. December 2004.
- Färe, R., Grosskopf, S. Kirley, J. y Squires, D. Data Envelopment Analysis (DEA): A framework for assessing capacity in fisheries when data are limited., Oregon State University, 2000.
- Farrell, M. J. The measurement of productive efficiency, Journal of Royal Statistics Society, Serie A 120, pp. 253-281, 1957.
- Førsund, F. R. Categorical variables in DEA, ICER Working Paper, 2001.

- Friedman, L. y Sinuany-Stern, Z. Combining ranking scales and selecting variables in the DEA context: The case of industrial branches, *Computers and Operations Research*, 25 (9), pp. 781-791, 1998.
- Golany, B., A. Note on including ordinal relations among multipliers in DEA, *Management Science*, 34, pp. 1029-1033, 1988.
- Golany, B. y Roll, Y. An application procedure for DEA, *Omega: The International Journal of Management Science*, 17, pp. 237-250, 1989.
- Golany, B., Roll, Y. y Rybak, D. Measuring efficiency of power plants in Israel by Data Envelopment Analysis, *IEEE Transactions of Engineering Management*, vol. 41, n.º. 3, 1994.
- Golany, B., y Thore, S. Restricted best practice selection in DEA: An overview with a case study evaluating the socio-economic performance of nations, *Annals of Operations Research*, 73, pp. 117-140, 1997.
- Goldhamer, D., Dunai, J. y Ferguson, L. Irrigation requirements of olive trees and responses to sustained deficit irrigation. *Acta Hort.* 356: 172-176, 1994.
- Gonzalez Delgado, J. Teoría de la economía agraria, Grupo Editorial Atril 97, Mairena del Aljarafe, 1998.
- Gonzalez Delgado, J. El cambio tecnológico en la agricultura: Teoría y aplicación al caso de España y Andalucía, Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Sevilla y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Sevilla, 1988.
- Gonzalez Fidalgo, E. La estimación de la eficiencia con métodos no paramétricos, en Álvarez, A. (coord), *La medición de la eficiencia y la productividad*, pp. 139-166, Ed. Pirámide, Madrid, 2001.
- Greene, W. Maximum Likelihood Estimation of econometric frontier functions, *Journal of Econometrics*, 13(1), pp. 27-56, 1980a.
- Greene, W. On the estimation of a flexible frontier production model, *Journal of Econometrics*, 13(1), pp. 101-115, 1980b.

- Grosskopf, S. The role of the reeference technology in measuring production efficiency, *The Economic Journal*, **96**, pp. 499-513, 1986.
- Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. y Black, W.C. *Análisis multivariante*, 5 a Ed. Prentice Hall. Madrid, 1999.
- Halme, M., Joro T., Korhonen, P., Salo, S. y Wallenius, J. A value efficiency approach to incorporating preference information in Data Envelopment Analysis *Management Science*, **45**, pp. 103-115, 1999.
- Haslem, J.A.; Scheraga, C.A. y Bedingfield, J. P. DEA efficiency profiles of U.S. Banks operating internationally *International Review of Economics and Finance*. **8**: 165- 182, 1999.
- Hernández, F., Picazo, A.J. y Reig, E. *Análisis no paramétrico de eficiencia en presencia de outputs no deseables*, IVIE Working Paper, WP-EC97-09. 1997.
- Hudson, N. *Soil Conservation*, 3ª Ed. B.T. Batsford Limited. Londres, 1995.
- Hussain, I., Marikar, F. y Jehangir, W. Productivity and performance of irrigated wheat farms across canal Commands in the Lower Indus Basin. *International Water Management Institute. Research Report 44*, 2000.
- Instituto de Estadística de Andalucía *Marco Input-Output de Andalucía 1995*, Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía. Sevilla, 1995.
- Instituto Nacional de Estadística *Censo Agrario 1999*, Madrid, 2001.
- Jaforullah, M. y Whiteman, J. *Australian Journal of Agricultural & Resource Economics* Vol. 43 Issue 4, p.523, 19p, December 1999.
- Laguna, A. *Estudio cuantitativo de la erosión del suelo. Tesis Doctoral. Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba*, 1989.
- LOPD *Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. BOE de 14 de diciembre de 1999.*

- | | |
|-----------------------------|--|
| LFEP | Ley 12/1989 de 9 de mayo de 1989, de la Función Estadística Pública, BOE de 11 de mayo de 1989. |
| LFEP | Ley 4/1989 de 12 de diciembre, de Estadística de la Comunidad Autónoma de Andalucía, BOE de 9 de Enero 1990. |
| López-Cuervo, S. | La erosión en los suelos agrícolas y forestales de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, pp 11-16, 1990 |
| Kamakura, W.A. | A note on the use of categorical variables in Data Envelopment Analysis., Management Science 34(10), pp. 1273-1276, 1988. |
| Koopmans, T. C. | Analysis of production as an efficient combination of activities, en Activity Analysis of production and allocation, pp. 33-97, Cowles Commission, Wiley, Nueva York, 1951. |
| Korhonen, P. y Luptacik, M. | Eco-efficiency analysis of power plants: An extensión of Data Envelopment Analysis, Helsinki School of Economics and Business Administration, WP-241, 2000. |
| Lovell, C. A. K. | Production frontiers and productive efficiency, en The measurement of productive efficiency, pp. 3-67, Oxford University Press, Oxford, 1993. |
| Mao, W. y Koo, W.W. | Productivity growth, technological progress, and efficiency change in chinese agriculture after rural economic reforms: a DEA approach, China Economic Review; Vol. 8 Issue 2, p157, 18p, 6 charts, 8 graphs, Fall 1997. |
| MAPA | Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Anuario de Estadística Agroalimentaria, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (ed). Madrid, 2003. |
| MAPA | Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Anuario de Estadística Agroalimentaria, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (ed). Madrid, 2002. |

MAPA	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Anuario de Estadística Agroalimentaria, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (ed). Madrid, 2001.
MAPA	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Anuario de Estadística Agroalimentaria, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (ed). Madrid, 2000.
Ernst & Young	Estudio sobre la posición competitiva del sector de la alimentación y bebidas en España, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (ed). Madrid, 1993.
Meeusen, W. Van der Broeck, J.	Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error, <i>International Economic Review</i> , 18, pp.435-44, 1977.
NSW Treasury	Applicability of Data Envelopment Analysis for measure service provision performance in Australia, Industry Commission, Melbourne, 1994.
Oude Lansink, A. y Silva, E.	Non-parametric production analysis of pesticides use in the Netherlands <i>Journal of Productivity Analysis</i> , Volume 21, Issue 1, pp. 49-65. January 2004.
Ortega Sada, J. L.	Manual de explotaciones agrícolas, Ed. Mundi-Prensa y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 1993.
Pardo, M. L., Ruiz, D. E. M., Rodríguez, J. J., Martos, J. y Lara, P.	Aplicación de la metodología DEA en la medida de la eficiencia de la producción de la leche en Córdoba. IV Congreso de la Asociación de Economía Agraria. Pamplona, 2001.
Pedraja, F., Salinas, J. y Smith, P.	On the role of weight restrictions in Data Envelopment Analysis, <i>Journal of Productivity Analysis</i> , 8, pp. 215-230, 1997.
Pretel, M. M.	Diseño de una metodología para la caracterización de los costes de cultivo de olivar en Andalucía. Trabajo profesional fin de carrera. ETSIAM. Universidad de Córdoba. 2001.

RAE	Real Academia Española. Diccionario de la Lengua Española, 22ª Edición, Ed. Espasa- Calpe. Madrid, 2001.
Reig, E., Picazo, A. y Hernández, F.	Shadow prices and distance functions: An analysis for firms of the spanish pavements industry, IVIE Working Paper, WP-EC 99-19, 1999.
Richmond, J.	Estimating the efficiency of production, International Economic Review, 15(2), pp. 515-521, 1974.
Roll, Y., Cook, W. D. y Golany, B.	Controlling factor weights in Data Envelopment Analysis, IIE Transactions March, pp. 1-9, 1991.
Roll, Y. y Golany, B.	Alternate methods of treating factor weights in DEA, Omega vol. 21(1), pp. 99-109, 1993.
Rousseau, J. J., y Semple, J.	Categorical outputs in Data Envelopment Analysis, Management Science 39(3), pp. 384-386, 1993.
Scheel, H.	EMS: Efficiency measurement system user's manual Dormunt University Working Paper, 2000.
Scheel, H.	Undesirable outputs in efficiency valuations, European Journal of Operational Research, 132, pp. 400-410, 2001.
Schmidt, P.	On the statistical estimation of parametric frontier production functions, Review of Economics and Statistics, 58, pp. 238-239, 1976.
Steering Comitee for the Review of Commonwealth/ State Service Provision	Data Envelopment Analysis: A technique for measuring the efficiency of government service delivery, AGPS, Camberra, Australia, 1997.
Seiford, L.M. y Thrall, R.M.	Recent development in DEA: The mathematical programming approach in frontier analysis, Journal of Econometrics, 46, pp. 7-38, 1990.
Seiford, L.M.	Data Envelopment Analysis: The evolution and the state of the art (1978- 1995), Journal Productivity Analysis, 7 (2-3), pp. 99-137, 1996.
Sengupta, J. K.	Test of efficiency in Data Envelopment Analysis, Computers and Operations Research, 17(2), pp. 123-132, 1990.

- Shapiro, S. S. y Wilk, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples) *Biometrika*, 52, 3 and 4, pages 591-611, 1965.
- Shephard, R.W. *The theory of cost and production functions*, Princeton University, 1970.
- Simar, L. y Wilson, P.W. Aplicación del bootstrap con estimadores DEA, en Álvarez, A. (coord), *La medición de la eficiencia y la productividad*, pp. 299-327, Ed. Pirámide, Madrid, 2001.
- Smith, P. The use of performance indicators in the public sector, *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 153, no. 1, pp. 53-72, 1990.
- Thanassoulis, E. *Introduction to the theory and application of Data Envelopment Analysis: A foundation text with integrated software*. Kluwer Academic Publishers. Nueva York, 2001.
- Thompson, R.G., Dharmapala, P., Rotherberg, L. y Thrall, R. DEA ARs and CRs Applied to world wide major oil companies, *Journal of Productivity Analysis*, 5, pp. 181-203, 1994.
- Thompson, R.G., Langemeier, L., Lee, C. y Thrall, R. The role of the multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming, *Journal of Econometrics*, 46, pp. 93-108, 1990.
- Tyteca, D. On the measurement of the environmental performance for firms: A literature review and a productive efficiency perspective, *Journal of Environmental Management*, 46, pp. 281-308, 1996.
- Tyteca, D. Linear programming models for the measurement of environmental performance for firms: Concepts and empirical results, *Journal of Productivity Analysis*, 8, pp. 183-198, 1997.
- Tzouvelekas, V.M., Giannakas, K. y Tran, K. C. On the choice of functional form in stochastic frontier modeling, *Empirical Economics*, Volume 28, Issue 1, p. 75, January 2003.
- Tzouvelekas, V.M., Pantzios, C.J. y Fotopoulos, C. Technical efficiency of alternative farming systems: the case of Greek organic and conventional olive-growing farms, *Food Policy*, 26 pp. 549-569, 2001.

- Tzouvelekas, V.M. y Giannakas, K. Technical efficiency measures for olive-growing farms in Crete, Greece, *International Advances in Economic Research*, Vol 3, Issue 2, p154, 16p, 6 charts, May 1997.
- USDA-ARS Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised Universal Soil Loss Equation. *Agricultural Handbook 703*, USDA ARS Washington. 1994.
- Vicario, V., Dios, R. y Martínez La eficiencia técnica en las explotaciones multi-cultivo de la provincia de Córdoba mediante DEA. Una comparación con los métodos paramétricos. IV Congreso de la Asociación de Economía Agraria. Pamplona, 2000.
- Wierzbicki, A. On the Completeness and Constructiveness of Parametric Characterizations to Vector Optimization Problems, *OR Spektrum* 8, pp. 73-87, 1986.
- Wischmeier, W. H. Use and misuse of the Universal Soil Loss Equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 31, 1 5-9, 1976
- Wong, Y-H. B. y Beasley J. Restricting weight flexibility in DEA, *Journal of the Operational Research Society* 41, pp. 829-835, 1990.
- Zaim, O. y Taskin, F. A Kuznets Curve in Environmental Efficiency: An Application on OECD Countries, *Environmental and Resource Economics*. Volume 17, Number 1, pp. 21-36. Kluwer Academic Publishers. September 2000.

Entrevistas Personales

Cardenete-E.	Cardenete, C. Servicio de Estudios de la Conserjería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Sevilla, marzo 2001.
Díaz-E	Díaz, J. M. Representante de ASAJA Sevilla para el subsector de la Aceituna de Mesa en las Comarcas del Aljarafe y Doñana. Sevilla, marzo 2001.
De Pablos-E	De Pablos, C. Servicio de Estudios de la Conserjería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Sevilla, marzo 2001.
Vázquez-E	Vázquez, J. Representante de ASAJA Sevilla para el Sector Olivarero. Sevilla, marzo 2001.

Páginas Web más importantes

Atapi-W	Asociación Técnica de Producción Integrada del Olivar, http://www.atpiolivar.org/ , 2005.
Casanf-W	Casanf Group-Milan, http://www.aceitedeoliva.com/ , 2005.
Asoliva-W	Asociación Española de la Industria y el Comercio Exportador del Aceite de Oliva, http://www.asoliva.com/ , 2005.
CAP-JA-W	Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ , 2005.
EBSCO-W	EBSCP Industries Inc., http://www.ebsco.com/ , 2005.
Elsevier-W	Elsevier B.V., http://www.sciencedirect.com/ , 2005.
Scheel-W	Scheel, H., Universität Dortmund, http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems/ , 2005.

- | | |
|------------|---|
| UE-W | Oficina de Publicaciones de la Unión Europea,
http://europa.eu.int/eur-lex , 2005. |
| Eurostat-W | EuroStat,
http://europa.eu.int/comm/eurostat , 2005. |
| FAO-W | Food and Agricultural Organization of the United
Nations,
http://www.fao.org/ , 2005. |
| COI-W | Consejo Oleícola Internacional,
http://www.internationaloliveoil.org/ , 2005. |
| MAPA-W | Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación,
Sub. Gral. Estadísticas Agroalimentarias,
http://www.mapa.es/es/estadistica/infoestad.html ,
2005. |
| Springer-W | SpringerLink,
http://www.springerlink.com , 2005. |

