



FACULTAD
DE CIENCIAS
ECONÓMICAS



UNC
Universidad
Nacional
de Córdoba

REPOSITORIO DIGITAL UNIVERSITARIO (RDU-UNC)

Eficiencia técnica en el sector olivícola en la Provincia de La Rioja

Germán Antequera, José Luis Navarrete, Gabriela Starabinsky,
Walter Robledo

Ponencia presentada en XLVIII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía
Política realizada en 2013. Rosario, Sante Fé, Argentina



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual
4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



ASOCIACION ARGENTINA
DE ECONOMIA POLITICA

ANALES | ASOCIACION ARGENTINA DE ECONOMIA POLITICA

XLVIII Reunión Anual

Noviembre de 2013

ISSN 1852-0022

ISBN 978-987-28590-1-5

EFICIENCIA TÉCNICA EN EL SECTOR
OLIVÍCOLA EN LA PROVINCIA DE LA RIOJA

Antequera Germán
Navarrete José Luis
Starabinsky Gabriela
Robledo Walte

Eficiencia Técnica en el Sector Olivícola en la Provincia de La Rioja¹

Antequera, Germán^ψ
Navarrete, José Luis^ψ
Starobinsky, Gabriela^φ
Robledo, Walter^φ

Resumen

El objetivo del presente trabajo es analizar la eficiencia de las firmas olivícolas en la provincia de La Rioja. Para ello, se emplea la técnica de Análisis de Envoltorio de Datos (DEA), la cual nos permite calcular los scores de eficiencia de las firmas analizadas y comparar su eficiencia relativa. Los resultados sugieren que existen marcadas diferencias entre las empresas pertenecientes al sector, identificándose la escala de producción y la cantidad de trabajadores empleados como los principales factores que influyen en la eficiencia relativa.

Palabras Claves: Análisis de Envoltorio de Datos, Producción de Olivo, Eficiencia Técnica
Clasificación JEL: D2 y Q1

Abstract

The principal purpose of this paper is to analyze the productive efficiency of olive producers from the province of La Rioja. In order to achieve this goal, we use the Data Envelopment Analysis (DEA) technique, which allow us to calculate the efficiency scores for the analyzed firms, and to compare their relative efficiency. The results show that there are significant differences between the evaluated units. Additionally, the findings suggest that the scale of production and the amount of labor employed are the main factors which influence the relative efficiency.

Key Word: Data Envelopment Analysis, Olive Production, Technical Efficiency
JEL Classification: D2 y Q1

¹ El presente trabajo es parte del proyecto de investigación denominado "Medición de la Eficiencia Económica del Sector olivícola del Departamento Chilecito" financiado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Chilecito. En dicho proyecto también participan los docentes Lic. Fernando López, Lic. María Zaquilán, Lic. Alejandra Ortiz y los alumnos avanzados de la carrera de Licenciatura en Economía Carolina Domínguez y Juan Cabrera, a quienes se agradece por sus aportes realizados.

^ψ Universidad Nacional de Chilecito. Mail: antequerag@hotmail.com.

^ψ Universidad Nacional de Córdoba y Universidad Nacional de Chilecito. Mail: jlnavarrete@eco.unc.edu.ar.

^φ Universidad Nacional de Chilecito. Mail: gstarobinsky@gmail.com.

^φ Universidad Nacional de Córdoba y Universidad Nacional de Chilecito. Mail: cwrobledo@hotmail.com.

1. Introducción

En la actualidad, tanto el contexto internacional como nacional presenta importantes oportunidades para el desarrollo del sector olivícola, debido al destacado crecimiento de las exportaciones y la producción. Dado que Argentina es uno de los principales productores y exportadores mundiales de aceitunas de mesa y aceite de oliva, dichas oportunidades no deben pasar desapercibidas.

Por su parte, La Rioja es la principal provincia productora de aceitunas de la Argentina y, a su vez, la olivicultura es una de las actividades productivas más importante de la zona. Consecuentemente, para aprovechar el crecimiento de la demanda internacional es necesario incrementar la producción primaria de aceitunas, comenzando por el aumento de la eficiencia productiva de las explotaciones olivareras. En este sentido, el objetivo general del presente trabajo es analizar la eficiencia relativa de las fincas olivícolas de los principales departamentos productores de la provincia de La Rioja, ya que dichas unidades se caracterizan por contar con distintos resultados productivos.

Para el estudio de la eficiencia se utiliza la técnica de Análisis de Envolvente de Datos (DEA), la cual permite calcular una frontera de producción conformada por las unidades que utilizan los insumos productivos de manera más eficiente. Este método permite calcular la distancia de las unidades económicas evaluadas respecto de dicha frontera e identificar la ineficiencia relativa de las mismas. Para aplicar esta metodología al análisis de las empresas olivícolas de La Rioja se trabaja con información de campo recabada por medio de una encuesta a productores de los departamentos de Chilecito, Arauco y La Rioja.

En base a los resultados obtenidos del Análisis de Envolvente de Datos se comprueba que existen explotaciones olivícolas que operan por debajo de la frontera de producción delimitada por los casos de mayor eficiencia de la muestra.

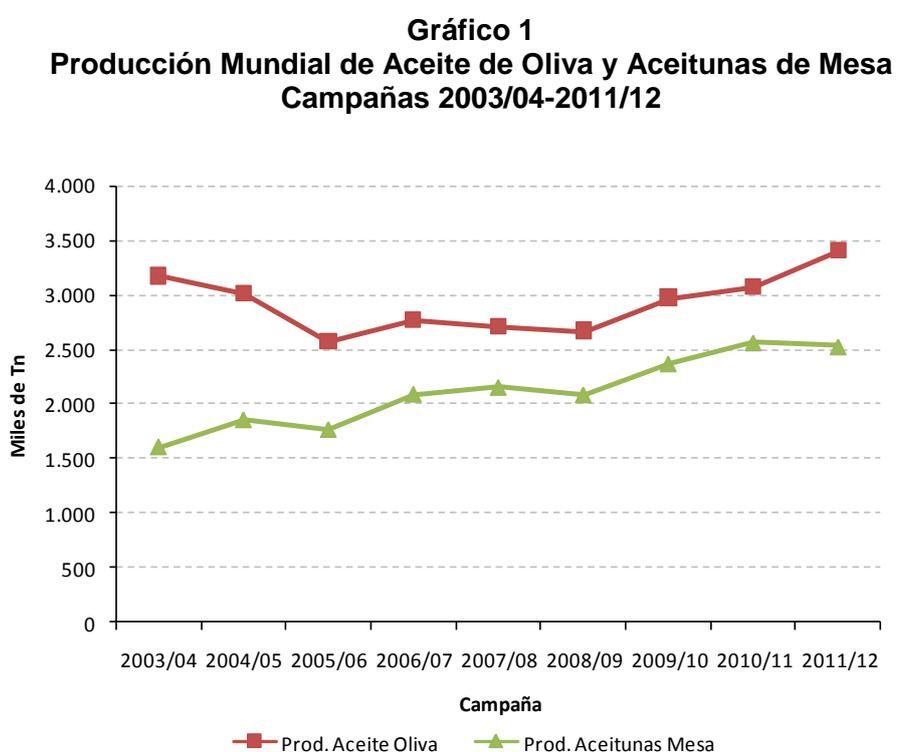
El trabajo se organiza de la siguiente manera, en primer lugar, se analizan las tendencias de la actividad olivícola en términos de producción y exportación tanto a nivel internacional, nacional y regional, para luego profundizar sobre las características productivas locales del sector. Posteriormente, se identifican los antecedentes sobre estudios de eficiencia relativa aplicados a diversos sectores productivos para dar a conocer el estado del arte en la materia que se aborda. A continuación, se desarrolla el marco teórico y metodológico del Análisis de Envolvente de Datos que se utiliza para medir y comparar la eficiencia relativa de las fincas olivícolas de la provincia. Por último, se presentan los resultados obtenidos para la producción de distintas variedades de olivo (Manzanilla, Arauco y Arbequina) y las conclusiones elaboradas a partir de los mismos.

2. Caracterización del Sector

2.1 Tendencias de la Producción y las Exportaciones del Complejo Olivícola

2.1.1 Tendencias Mundiales de la Producción y el Comercio de Aceitunas de Mesa y Aceite de Oliva

La producción mundial de aceitunas se caracteriza por un fuerte dinamismo en la última década, reportándose un crecimiento de la producción de aceitunas de mesa del 4% y del 4,1% para el aceite de oliva en el período comprendido entre las campañas 2003/2004 y 2011/2012. Para la cosecha 2011/2012 se alcanza una producción total de 2.526.000 toneladas de aceitunas de mesa y 3.408.500 toneladas de aceite de oliva (Gráfico 1) (COI 2011).



Fuente: Elaboración propia en base COI 2011

La Unión Europea es la principal zona productora de aceitunas del mundo, concentra para la cosecha 2011/2012 el 28% de la producción mundial de aceitunas de mesa y el 72% de aceite de oliva. Asimismo, representa el 95% de la superficie mundial cultivada siendo la zona Mediterránea la principal productora y consumidora. España ocupa en el año 2011 el primer lugar como productor mundial de aceitunas de mesa (20,6%) y aceite de oliva (47%), seguido de Egipto (19%) y Turquía (15,8%) en aceitunas de mesa, y por Italia (13,2%) y Grecia (8,6%) en la producción de aceite (COI 2011).

Por su parte, la Argentina es uno de los principales productores a nivel mundial situado en la posición 13° respecto a la superficie implantada con olivos (con más de 100.000 hectáreas cultivadas), y en la 11° en la producción primaria con 170.000 toneladas de aceitunas en el año 2011. En cuanto al volumen producido de derivados el país ocupa el quinto puesto en aceitunas de mesa y el onceavo en aceite de oliva (campaña 2011/2012). Es destacable que la producción local se encuentra creciendo a un ritmo muy superior al promedio mundial con

un incremento del 25% promedio anual en la producción de aceitunas de mesa y del 18% en aceite de oliva entre 2003 y 2011 (COI 2011; Gómez del Campo et. al 2010; Gallo et al 2005).

A su vez, el dinamismo productivo del sector se encuentra acompañado por una fuerte expansión del comercio internacional. Las cantidades mundiales exportadas experimentan un crecimiento del 43% de aceitunas de mesa y del 17% de aceite de oliva para el período 2003/2011, y un crecimiento promedio anual del 4% y del 6% respectivamente. La Argentina ocupa el tercer puesto en exportaciones de aceitunas de mesa con el 13,5% del total en 2011, y es el sexto exportador mundial de aceite concentrando el 3%. En particular, el sector olivícola argentino tiene un perfil marcadamente exportador (se exporta más del 60% de la producción local) y se encuentra dentro de los primeros diez exportadores para ambos productos (COI 2011).

En particular, la comercialización internacional de aceite de oliva presenta un gran crecimiento que se sostiene desde hace más de una década. A lo largo de los últimos diez años (campañas 2003/04 – 2012/13) las importaciones mundiales de aceite de oliva crecen a un ritmo promedio anual del 4,82% y las exportaciones lo hacen a un 6,47%. Esta tendencia es el resultado tanto del incremento en el consumo en mercados tradicionales (Estados Unidos, Brasil, Italia, Canadá) como de la aparición de mercados no tradicionales que muestran un dinamismo creciente (Japón, India, China), lo que implica nuevas oportunidades para los países exportadores. El creciente consumo de aceite de oliva a nivel mundial obedece a cambios en las preferencias de los consumidores hacia productos naturales y saludables, junto a una mayor exigencia en términos de calidad (COI 2011).

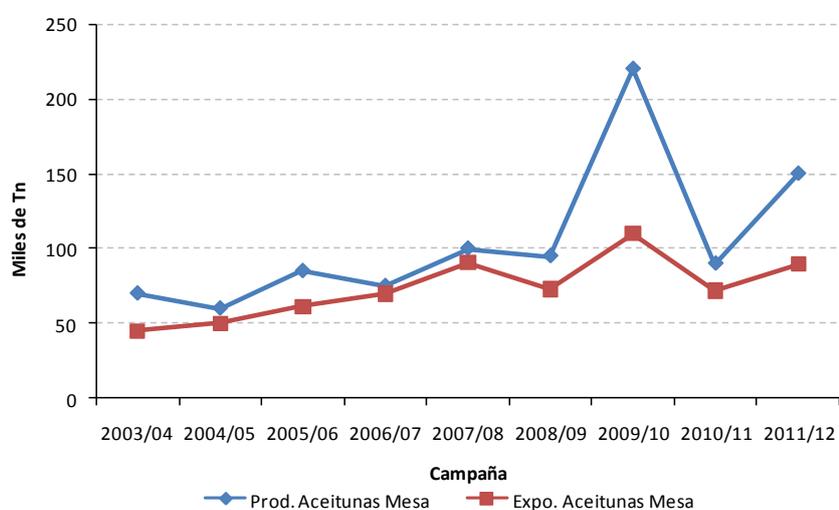
Este contexto de expansión de la producción y comercialización de los productos derivados del cultivo del olivo, en el cual la Argentina ya cuenta con un destacado puesto en la inserción externa, presenta importantes oportunidades para el desarrollo de dichos productos y consecuentemente para el crecimiento de la producción primaria.

2.1.2 Tendencias de la Producción y las Exportaciones Locales

A lo largo de la última década el sector olivarero presenta a nivel nacional una tendencia creciente en términos de producción y exportaciones. Tanto la producción local como las exportaciones se encuentran en una fase expansiva que se inicia una década atrás y aún continúa vigente (a excepción de los años en los que impactó la crisis internacional).

La cantidad producida de aceitunas de mesa crece un 114% en 2011/12 respecto de 2003/04, pasando de 70.000 tn a 150.000 tn y las exportaciones aumentan un 99% incrementándose de 45.000 tn a 89.500 tn exportadas, a un ritmo anual promedio del 14% a lo largo del período analizado (Gráfico 2). Del valor total exportado el 33% corresponde a la provincia de La Rioja, el 31% a Mendoza, el 18% a Catamarca y otro 18% a San Juan (COI 2011; Matías, A. et al 2012).

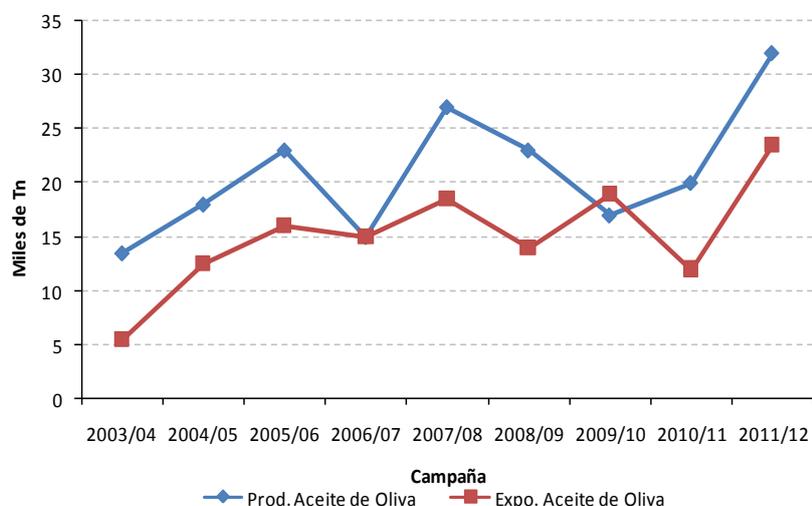
Gráfico 2
Producción y Exportaciones Argentinas de Aceitunas de Mesa
Campañas 2003/04-2011/12



Fuente: Elaboración propia en base COI 2011

En el caso del aceite de oliva, se observa que la producción aumenta un 137% pasando de 13.500 tn en 2003 a 32.000 tn en 2011, y las exportaciones un 327% con un incremento de 5.500 tn a 23.500 tn (Gráfico 3). En la campaña 2011/12, ambos productos generan exportaciones por más de 30 millones de dólares. Dicho crecimiento tiene su origen en el dinamismo de los mercados internacionales ya que la mayor parte de la producción se destina al mercado externo, principalmente a Brasil, Estados Unidos y Centro América (COI 2011). La principal provincia exportadora del país es Mendoza, concentrando el 46% del valor total, en segundo lugar se encuentra La Rioja con el 36%, seguida por Catamarca con el 12% (Matías, A. et. al. 2012; Cáceres, R. et al. 2009).

Gráfico 3
Producción y Exportaciones Argentinas de Aceite de Oliva
Campañas 2003/04-2011/12



Fuente: Elaboración propia en base COI 2011

2.2 Caracterización del Sector Olivícola en Argentina

El cultivo del olivo es una producción tradicional de larga data en el país introducido por los conquistadores españoles en la zona de Cuyo y el Noroeste, dichas regiones son actualmente las principales productoras de aceitunas del país. Según estimaciones del Consejo Federal de Inversiones para el 2010 se encuentran implantadas cerca de 112.720 hectáreas, de las cuales Catamarca concentra el 28%, La Rioja (26%), San Juan (16%), Mendoza (20%), Córdoba (6%), Buenos Aires (2%) y Salta (2%). Las principales variedades cultivadas en Argentina son Arauco, Arbequina, Manzanilla, Picual, Coratina, Frantoio y Barnea (Gallo et al 2005, Matías, A. et al 2012).

La actividad olivícola en el país cuenta con importantes ventajas competitivas para la producción de aceitunas y aceite de oliva. En primer lugar, produce contra estación respecto de los principales productores del mediterráneo, lo que significa una gran oportunidad para la exportación. Luego, debido a las favorables condiciones agroecológicas y su capacidad productiva la Argentina está en condiciones de producir en gran cantidad aceites vírgenes de buena calidad y clasificarlos por variedad (Matías, A. et al 2012).

Durante la década de los noventa se aplican las Leyes de Diferimientos Impositivos (Ley N° 22.021) para emprendimientos industriales, agrícolas, ganaderos y turísticos, que incluyen a la producción olivícola, potenciando la producción en las zonas con mayores desventajas para el desarrollo agropecuario. Gracias a esta política se incrementa la cantidad de explotaciones agropecuarias olivícolas y la producción primaria principalmente en las provincias de La Rioja, Catamarca y San Juan. Consecuentemente, la superficie cosechada total exhibe un gran crecimiento a lo largo de los últimos años, incorporándose entre los años 1998 y 2008, 25.000 hectáreas al área cosechada. Asimismo, este incremento en la producción primaria se ve complementado por el avance de la industria extractora de aceite de oliva, principalmente en las provincias de Catamarca, La Rioja y San Juan (FAOSTAT; Gómez del Campo et. al 2010; Matías A. et al 2012).

La implementación de la Ley de Diferimientos Impositivos conlleva a una reestructuración del sistema productivo olivícola, ya que ésta fomenta emprendimientos de mayor envergadura y la implementación de nuevas tecnologías, en contraste a las pequeñas plantaciones tradicionales. Así, la estructura del sector olivícola argentino se caracteriza por la existencia de distintos tipos de unidades productivas que operan en condiciones heterogéneas en cuanto a la escala de producción, la tecnología implementada, la mano de obra utilizada, las prácticas productivas llevadas a cabo, y por ende, la productividad por hectárea.

De esta forma, se pueden identificar dos tipos de modelos productivos que conviven al interior del sector olivícola argentino. Por un lado, el modelo tradicional que se caracteriza por trabajar con marcos de plantación amplios de 8 m x 8 m a 12 m x 12 m, la implementación de riego superficial por inundación, y cosecha manual, siendo la principal variedad cultivada en las fincas tradicionales el Arauco (Vita Serma, F. y Matías, C. 2013, Gallo, H. 2005).

Por otro lado, el modelo de producción moderno consta de tres variantes: de baja densidad, de alta densidad y super-intensivo. El modelo de baja densidad se adopta principalmente en plantaciones pequeñas y medianas de menos de 80has, los marcos de plantaciones son menores a los del modelo tradicional, lo que resulta en una densidad de 200 a 400 plantas por hectárea, y se realiza cosecha mecánica con máquinas vibradoras de tronco. Luego los modelos de alta intensidad (400 a 800 plantas por ha) y super-intensivos (2000 plantas por ha) se caracterizan por poseer marcos de plantaciones aún menores que pueden alcanzar esquemas de distancia entre plantas de 5 a 2 m. Estos sistemas productivos requieren tecnologías de riego por goteo, y una intensiva práctica de labores culturales como la poda para poder trabajar con cosechadoras cabalgantes de gran porte. Las unidades productivas

que implementan esta tecnología implantan variedades de menor porte como Arbequina y Arbosana, lo que limita la diversidad de variedades (Vita Serma, F. y Matías, C. 2013, Gallo, H. 2005).

Bajo los modelos productivos más intensivos se logra una rápida entrada en producción de las plantas, según las condiciones agroclimáticas entre el tercer y el quinto año la planta puede alcanzar niveles de producción equivalentes al de un olivar adulto. De esta forma los modelos productivos modernos pueden incrementar sustantivamente la producción de las plantaciones, llegando a quintuplicar la del sistema tradicional. Mientras que el rendimiento promedio en las fincas tradicionales es de 3,1 tn/ha, en las explotaciones modernas se encuentra entre 7,5 y 12,5 tn/ha (Vita Serma, F. y Matías, C. 2013, Gallo, H. 2005).

Por último, es importante destacar que la actividad olivícola es una de las principales fuentes de empleo de las zonas de Cuyo y el noroeste argentino, desatancándose principalmente la mano de obra transitoria para las tareas de poda y cosecha. Se calcula que hay 50.000 hectáreas de cultivos modernos intensivos que requieren al año al menos 14.500 puestos de trabajo durante los tres meses de cosecha, sin contar la contratación de mano de obra calificada (técnicos, ingenieros y administrativos) (Cáceres, R. et al. 2009).

2.3 El Sector Olivícola en la Provincia de La Rioja

2.3.1 Características Geográficas y Climáticas

En base a las características geográficas y climáticas de la Provincia de La Rioja se pueden distinguir dos regiones diferentes. En primer lugar, la Sur-oriental (Llanos Riojanos) que se trata de una planicie árida con algunas salinas y sierras bajas puntuales. Dadas las características de esta región la principal actividad económica se basa en la cría de ganado vacuno y caprino. Por otro lado, se encuentra la región Nor-occidental la cual es atravesada en sentido Norte-Sur por varios cordones montañosos de mayor altura que en la región Sur-oriental (pueden alcanzar hasta los 5.000 m.s.n.m.). En los valles conformados entre las sierras, dado el régimen irregular y escaso de lluvias y caudales de ríos, se practica la agricultura de oasis (bajo riego) de cultivos de frutales principalmente de vid, olivo y nogal (Minagri 2009).

La provincia de La Rioja se caracteriza por un clima de tipo desértico, sus precipitaciones rondan los 100 a 200 mm anuales en los valles irrigados del oeste y con 250 a 350 mm anuales en la región de los llanos. Los ríos de la provincia son temporarios, la mayor parte del año no corre agua por los mismos, y cuando lo hace el caudal es escaso. Así, la fuerte radiación solar y la escasa humedad determinan un clima semiárido (INTA 2009).

La zona productiva riojana más importante es la ubicada al oeste de la provincia, entre el macizo de Velazco al Este y el Nevado de Famatina al Oeste. Este valle ofrece condiciones óptimas para el cultivo de la vid, olivo y nogal, entre otras: más de 1000 m.s.n.m.; suelos aluvionales con textura franca a franco-arenosa; baja humedad ambiente, sólo 200 mm. de precipitaciones anuales, alta luminosidad y una amplitud térmica promedio en época estival, que va de los 35° C durante el día y desciende hasta los 17° C por las noches (INTA 2009).

Es una región con amplias limitantes ambientales, principalmente vinculadas a la disponibilidad de agua, recurso crítico para la actividad económica de la región. La escasez de agua mencionada se agrava dado el mal manejo que se realiza del recurso (INTA 2009).

2.3.2 Producción Olivícola en la Provincia de La Rioja

El cultivo del olivo es una de las principales actividades económicas de la provincia de La Rioja representando el 25% de la superficie agrícola total de la provincia y el 20% de las explotaciones agropecuarias (existen alrededor de 3.000 unidades productoras de olivo). Asimismo, en términos de exportaciones, el complejo olivícola representa el 41% del valor total de las exportaciones de la provincia. La producción primaria de aceitunas crece un 50% entre 2005 y 2007 pasando de producir 65.000 toneladas a 97.676 toneladas en 2008. La producción de aceitunas ocupa un lugar preponderante en la estructura productiva riojana siendo el principal cultivo en términos de hectáreas implantadas y, a su vez, en términos de valor de la producción en comparación con la producción de vid y nogal, los otros cultivos característicos de la región (INTA 2009; Minagri 2009).

Los principales departamentos productores olivícolas son la Capital, Chilecito y Arauco. Los primeros dos concentran el 74% del volumen producido en la provincia y el 78% del valor total generado por la producción. En Chilecito se produce el 37% de la producción de La Rioja, aunque ocupa el tercer puesto en cantidad de hectáreas implantadas. Esto se debe a que en dicho departamento se encuentran las unidades productivas de mayor superficie y de rendimiento por hectárea. Las principales variedades de olivo implantadas en el departamento de Arauco son: Arauco, Manzanilla, Arbequina, y Frantoio; en Capital: Arbequina y Manzanilla; y en Chilecito: Arbequina, Barnea y Picual (INTA 2009; Vita Serma, F. y Matías, C. 2013, Cáceres, R. et al. 2009).

Ante el contexto de crecimiento de la actividad a nivel nacional e internacional, la respuesta del sector productivo provincial ha sido favorable en términos de producción y hectáreas implantadas con olivos. La superficie implantada con olivo en la provincia de La Rioja en el año 2011 es de aproximadamente 30.000 has un 36% más que en 2007 (22.000has). Por su parte la producción se incrementa un 50% entre los años 2005-2010, para este último año alcanza aproximadamente 100.000 toneladas y su destino se distribuye un 43% a conserva y un 57% para aceite de oliva. Asimismo, el crecimiento de la superficie plantada y la producción primaria es acompañado por el aumento en la capacidad instalada para elaboración de aceite de oliva y aceituna de conserva. La provincia cuenta con 17 plantas elaboradoras de aceituna en conserva, 11 plantas de aceite de oliva y 6 plantas que elaboran ambos productos (INTA 2009, Gallo et. al. 2005).

La producción olivícola riojana tiene como destino principal la industrialización local. Del total producido de aceitunas se destina un 57% a la producción de aceite de oliva, de las cuales el 98% es procesado por industrias locales. El otro 43% se destina a la producción de aceitunas de mesa, del mismo el 71% tiene como destino industrias locales y el 27% es procesado por empresas integradas a la producción primaria. A su vez, el perfil del sector es marcadamente exportador, ya que se destina el 70% de la producción de aceitunas en conserva y el 90% del aceite de oliva al mercado externo (Cáceres, R. et al. 2009).

2.3.3. Principales Problemáticas del Sector Olivícola en La Rioja

El sector agrícola de la provincia enfrenta importantes problemáticas que tienen consecuencias directas sobre la actividad olivícola, en particular en la productividad de los cultivos y su comercialización, lo cual impacta sobre los rendimientos de la actividad.

Entre los principales problemas de la actividad agrícola en su conjunto se puede mencionar: 1- la falta y el mal manejo de disponibilidad de agua; 2- la introducción de variedades foráneas con comportamientos inadecuados; 3- la presencia de enfermedades que afectan a los distintos cultivos de la provincia en términos de productividad, calidad y acceso a los

mercados; 4- la existencia de una gran cantidad de plantas viejas con bajos niveles de rendimientos; 5- la falta de genética certificada y trazabilidad de las plantas; y 6- la inadecuación de las variedades a las nuevas demandas nacionales e internacionales (INTA 2009; Minagri 2009).

En términos comerciales, la evolución de la demanda internacional descrita en secciones anteriores presenta importantes oportunidades para la inserción externa de las firmas locales. Sin embargo, para las pequeñas y medianas empresas el aprovechamiento de las mismas no resulta un proceso espontáneo. Las debilidades que éstas enfrentan, sumadas a la falta de asociatividad, constituyen obstáculos tanto para incrementar su cuota en los mercados actuales como para acceder a mercados no tradicionales de gran dinamismo. Entre las principales debilidades para exportar que se pueden mencionar son: falta de tipificación de los aceites, bajo valor agregado, estándares de calidad diferentes a los internacionales, ausencia de canales de comercialización, falta de información sobre tendencias y nuevos mercados internacionales, reducida actividad comercial y falta de una marca país (Minagri 2009).

2.4 Oportunidades para el Desarrollo del Sector

El sector olivícola argentino presenta grandes posibilidades de crecimiento gracias al citado aumento de la superficie implantada, y a los altos rendimientos por hectárea percibidos en los emprendimientos de mayor envergadura.

Sumado a las características internas que hacen propicia la expansión del cultivo y producción de aceitunas, deben destacarse las oportunidades que ofrecen el crecimiento del consumo de aceite de oliva y aceitunas de mesa a nivel mundial, la sostenida expansión del comercio externo y la capacidad local para competir en la comercialización internacional (dada la calidad de la producción).

Sin embargo, no deben subestimarse las debilidades que enfrenta el sector. Dentro de las mismas se pueden mencionar la ausencia de un plan estratégico de desarrollo para el sector, volúmenes de producción discontinuos que generan caídas en los saldos exportables y problemas de administración del agua. Por otro lado, también se encuentran obstáculos externos generados por los altos aranceles que impone la Unión Europea a las importaciones, por los subsidios otorgados también por la UE a su sector interno, y el crecimiento de la producción en nuevos países como Australia, Túnez, Argelia, Marruecos, Chile y Uruguay (Minagri 2009; COI 2011).

En este contexto de oportunidades para el crecimiento de la producción local y para la expansión del comercio externo deben tenerse como objetivos concretos para el sector incrementar la producción, mantener y mejorar la calidad, y fortalecer las exportaciones. Para alcanzar estos objetivos, el aumento de la eficiencia de las unidades productivas olivícolas cobra particular relevancia.

3. Estado del Arte

En la literatura se encuentra una gran serie de trabajos de investigación que realizan análisis de eficiencia relativa a través de las técnicas de Análisis de Envolvente de Datos (DEA) y de Frontera Estocástica para los más diversos sectores productivos. La aplicación de dichas técnicas ha registrado una amplia difusión a lo largo de las dos últimas décadas. Existen estudios de eficiencia para el sector bancario², de plantas de energía eléctrica³, de ferrocarriles⁴, de calderos de pesca⁵, pesticidas⁶, etc (Amores Hernández 2006).

La existencia de rendimientos y niveles de eficiencia heterogéneos entre las explotaciones del sector agrícola y la necesidad de determinar los factores más influyentes sobre dichas diferencias han conllevado al desarrollo de una serie de trabajos de investigación basados aplicaciones de la metodología DEA y de frontera estocástica. Se destacan investigaciones sobre la eficiencia de las explotaciones agrarias de Canadá⁷ y Australia⁸, un estudio para la producción de trigo en India⁹. Para el sector olivícola, objeto de estudio de la presente investigación, se encuentra un número acotado de trabajos que estudian la eficiencia relativa de las unidades productivas a través de DEA y/o de frontera estocástica. Así, se disponen de trabajos para España¹⁰ y Grecia¹¹ (los dos principales productores de aceitunas a nivel mundial), y una aplicación para las explotaciones olivícolas de Túnez¹².

En cuanto a estudios de eficiencia para el sector agropecuario argentino, existe una gran cantidad de trabajos aplicando el método DEA. Entre ellos se puede citar en primer lugar al realizado para las explotaciones lecheras de Buenos Aires¹³; otro ejemplo es el trabajo de Arzubi para las explotaciones ovinas de dicha provincia¹⁴ y finalmente el realizado para el sector lechero caprino de Santiago del Estero¹⁵. Para el sector olivarero argentino no existe ninguna aplicación de dichos métodos.

Los trabajos citados proporcionan resultados de suma importancia para el análisis del sector bajo estudio. Calculan, por un lado, la eficiencia promedio estimada del conjunto de la muestra utilizada determinando así el margen existente para incrementar la producción total del sector sin necesidad de aumentar los insumos utilizados. Por otro lado, determinan cuales son las unidades más ineficientes y postulan los principales factores que influyen en el desempeño de las mismas. Las conclusiones de estas investigaciones proporcionan información de suma relevancia no sólo para el análisis teórico de estos sectores sino también para los hacedores de política económica, ya que por un lado destacan las principales problemáticas que enfrentan los productores para la eficientización en el uso de sus recursos, y asimismo, reflejan las mejores prácticas que están siendo llevadas a cabo en los sectores y debieran promoverse.

En este sentido, por ejemplo, la investigación de la eficiencia de las unidades productoras de trigo en India por medio de la aplicación de la metodología DEA arroja un índice de

² (Haslem et al. 1999)

³ (Athanassapoulos et al. 1998)

⁴ (Coelli y Perelman 1999)

⁵ (Färe et al. 2000)

⁶ (Lansink y Silva 2004)

⁷ (Cloutier y Rowley 1993)

⁸ (Battese y Corra 1977) (Fraser y Cordina 1999)

⁹ (Hussain et al. 2000)

¹⁰ (Calatrava 1997; Amores Hernández 2006; Lambarraa et al. 2007)

¹¹ (Tzouvelekas y Giannakas 1997; Karagiannis y Tzouvelekas 2001)

¹² (Lachaal et al. 2005; Dhehibi et al. 2006)

¹³ (Arzubi y Berbel 2002)

¹⁴ (Arzubi et. al 2009)

¹⁵ (Rodríguez, Paz y Robledo 2008)

eficiencia promedio en el sector del 74%, lo que implica que podría reducirse la utilización de los insumos utilizados en un 26% si todos los productores mejoraran su eficiencia al nivel de las mejores prácticas presentes en la muestra. En cuanto al desempeño individualizado de las unidades productivas el trabajo estima que el 20% de las mismas son eficientes al 100%, un 30% opera con un nivel de ineficiencia bajo entre el 70% y el 100% y el resto son unidades ineficientes que se encuentran por debajo del nivel medio de eficiencia, lo que demuestra una gran diferenciación entre los niveles de eficiencia de cada productor. Por ejemplo, los productores más eficientes producen casi el doble por unidad de fertilizante (Hussain, Marikar et al. 2000).

El análisis de eficiencia para las explotaciones lecheras de la Cuenca de Abasto Sur de Buenos Aires realizado por (Arzubi y Berbel 2002) aplica la técnica DEA para una muestra de 35 productores lecheros encuestados por los propios autores. El estudio concluye que la eficiencia técnica global del sector en dicha zona alcanza el 78,2% y que tan sólo el 11% de la muestra opera eficientemente. Se detecta que la escala de producción es uno de los principales factores influyentes en dichos resultados.

Para el sector olivarero el principal trabajo de investigación aplicando el método DEA se trata del realizado por Amores Hernandez (2006) para las explotaciones de Andalucía, España. Dicho autor encuentra que el know-how tradicional es una desventaja para el aumento de la eficiencia ya que no se renuevan las técnicas productivas implementadas. Asimismo, se encuentra que la utilización de técnicas modernas incrementa la eficiencia de las explotaciones. Por último, se destaca la eficiencia de escala, a mayor tamaño de la explotación mayor es la eficiencia relativa de las mismas (Amores Hernández 2006). Estas conclusiones son de suma relevancia para el sector olivarero de Andalucía ya que en base a las mismas se hacen recomendaciones de política económica para el aumento de la eficiencia.

Respecto a los trabajos sobre eficiencia en el sector olivarero con modelos de fronteras estocásticas, se tienen que los mismos permiten obtener conclusiones similares a los análisis de DEA reforzando entonces los resultados obtenidos por ambos metodologías. En el trabajo de (Lambarraa, Serra et al.) los resultados revelan que la muestra analizada del sector olivarero Español arroja una eficiencia promedio estimada es del 75,5%, lo que implica un gran margen para aumentar el producto total sin necesidad de incrementar la utilización de recursos o alterar la tecnología vigente. Al igual que el trabajo de (Amores Hernández) destaca la correlación positiva entre la eficiencia y el tamaño de las plantaciones, y agrega el factor localización y composición de la mano de obra como determinantes de la eficiencia.

4. Análisis de Eficiencia

La medición de la eficiencia se basa en la idea de comparar la actuación real de una empresa con respecto a un óptimo. Sin embargo, esto no es posible dado que el investigador no tiene un conocimiento perfecto del mundo en el que se desenvuelve la empresa y no conoce con exactitud ni la tecnología ni algunas restricciones que pueden afectar a la obtención del máximo beneficio.

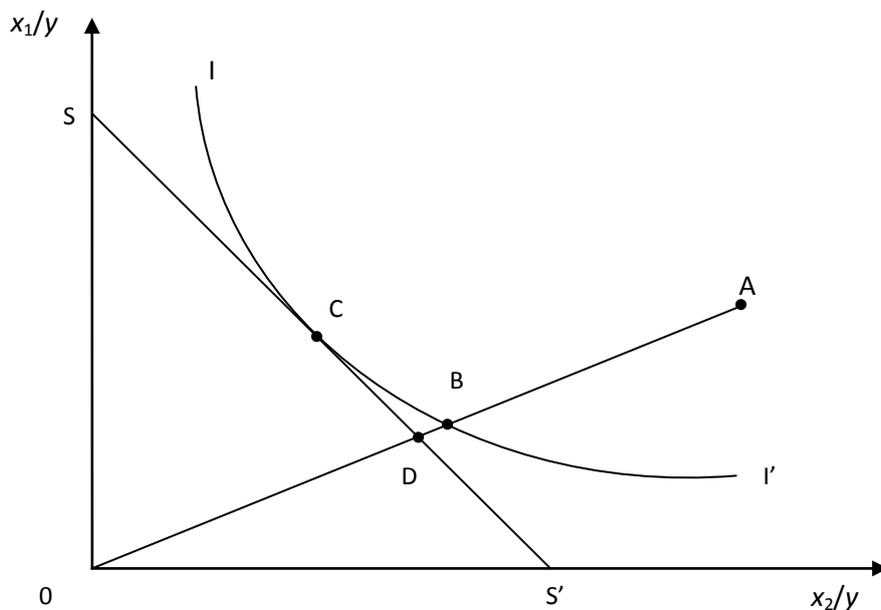
Por lo tanto, lo mejor que puede hacer el investigador es comparar lo que hace una empresa con lo que hacen otras empresas parecidas. Ésta fue la idea de Farrell (1957) al determinar un estándar de referencia, la frontera, con el que comparar las empresas para determinar si son eficientes o no. Las medidas de eficiencia calculadas de esta manera definen lo que se conoce como eficiencia relativa, es decir, miden la eficiencia de una empresa comparando su actuación respecto de las mejores empresas observadas, quienes son las que definen la frontera eficiente. Al mismo tiempo, Farrell también diferencia a la eficiencia en dos tipos:

Eficiencia técnica: alcanzar el máximo producto posible con los insumos utilizados.

Eficiencia en la asignación: comprar el mejor set de insumos, dados los precios de mercado y sus productividades marginales.

Estos conceptos pueden ser analizados en el siguiente Gráfico

Gráfico 4
Eficiencia Técnica y Eficiencia en la Asignación



Fuente: Farrel (1957)

Suponiendo que existen rendimientos constantes a escala, el Gráfico 4 muestra la isocuanta unitaria II' que contiene todas las combinaciones mínimas de los factores productivos x_1 y x_2 , por unidad de producto, necesarias para producir una unidad. Todos los puntos sobre esta isocuanta son técnicamente eficientes mientras que cualquier punto que se encuentre por encima de ella muestra una combinación ineficiente ya que está utilizando mayor cantidad de la necesaria para producir una unidad de producto. La ineficiencia técnica del productor que utiliza una combinación de insumos como A puede medirse por el cociente BA/OA y, por lo tanto, una medida de la eficiencia de este productor sería OB/OA . Esta medida se comportará de la forma esperada para un indicador de eficiencia técnica, es decir será 1 en el caso en que la firma se encuentre produciendo sobre la isocuanta y disminuirá a medida que utilice mayor cantidad de factores para obtener una unidad de producto.

Si se conoce además, el precio de los factores en el mercado, entonces puede construirse la recta de isocosto SS' y, suponiendo un comportamiento minimizador de costos de los productores, se puede conocer el punto en donde se alcanzan las dos medidas de eficiencia presentadas (punto C en el gráfico). De esta forma, se podría obtener una medida de la ganancia que tendría el productor de pasar de un punto técnicamente eficiente pero no eficiente en la asignación (como el punto B del gráfico) a uno eficiente en los dos sentidos como el punto C, esta medida se obtiene a través del cociente DB/OB y, por ende, la medida de la eficiencia en la asignación de este productor sería OD/OB .

Combinando estas medidas de eficiencia se alcanza una medida de la eficiencia económica:

$$EE = \text{Eficiencia Técnica} \times \text{Eficiencia Asignación} = \frac{OB}{OA} \times \frac{OD}{OB} = \frac{OD}{OA}$$

La eficiencia económica nos daría una información más completa a cerca de la manera en que los distintos productores están operando. Sin embargo, los precios de los factores no siempre están disponibles limitando así la posibilidad de estimar la eficiencia económica. Por este motivo, en el presente trabajo sólo se calculará la eficiencia técnica de los productores olivícolas.

4.1 Análisis Envolvente de Datos

Esta técnica, propuesta por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), consiste en construir una envolvente de las combinaciones insumo-producto más eficientes a través de la resolución de un programa de optimización lineal. En otros términos, el análisis envolvente de datos (DEA) construye una frontera de posibilidades de producción a partir de las diferentes combinaciones de insumo-producto que se observan de los datos de las firmas o unidades económicas.

A diferencia de los modelos paramétricos tradicionales, el DEA realiza una optimización para cada unidad de observación individual. Bajo esta concepción, calcula la frontera de la mejor práctica productiva posible y estima un parámetro de eficiencia que es resultado de la distancia de la empresa bajo análisis respecto de la mencionada frontera. Por lo tanto, se puede decir que esta metodología integra los dos problemas básicos de la medición de la eficiencia. Esto es, definir una performance estándar (la tecnología) y evaluar los logros de cada unidad evaluada respecto de ese estándar.

La medida de eficiencia utilizada por el DEA es el máximo del cociente entre los productos ponderados y los insumos ponderados (Productividad Total de los Factores) sujetos a la restricción de que el mismo cociente para cada empresa sea igual o menor a la unidad. Es decir:

$$\max h_{0,u_r,v_i} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$$

sujeto a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m$$

Donde y_{rj}, x_{ij} son los valores positivos y conocidos para los productos e insumos de la j -ésima unidad productiva analizada y $u_r, v_i \geq 0$ son los ponderadores variables que serán determinados en la solución de este problema. El resultado de la maximización presentada, que debe ser realizada para cada unidad productiva, es entonces el conjunto de ponderadores que hacen máximo el valor de h para una unidad productiva dada, dentro del marco de las restricciones presentadas.

El problema de maximización presentado tiene como inconveniente que es no lineal, lo cual implica que para poder resolverlo debemos re-expresarlo como un problema ordinario de programación lineal. Esto puede hacerse maximizando el numerador del problema anterior y fijando el valor del denominador como igual a una constante (Arzubi y Berbel 2001). Es decir:

$$\begin{aligned} \max z_{0,u_r,v_i} &= \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \\ \text{sujeto a:} \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} &= 1 \\ -\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} &\leq 0; \quad j = 1, \dots, n \\ v_r, v_i &\geq 0; \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m \end{aligned}$$

Como todo problema de programación lineal, el problema anterior puede solucionarse a partir del dual y, de esta forma, presentarnos información de utilidad a través del valor de las variables de holgura del problema. Estas variables indicarán cuánto pueden aumentar los productos de cada firma manteniendo constante el uso de los insumos, si maximizamos el primal (DEA orientado al producto) o cuánto pueden disminuir cada firma el uso de los insumos manteniendo constante los niveles de producción (DEA orientado al insumo).

El problema dual asociado al primal presentado, tendría la forma:

$$\begin{aligned} \min \theta_{\theta,\lambda} \\ \text{sujeto a:} \\ \theta x_{i0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &\geq 0 \\ -y_{r0} + \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} &\geq 0; \\ \lambda_j &\geq 0; \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m \end{aligned}$$

Siendo θ , la variable que nos proporciona el grado de eficiencia de una firma. El caso presentado es el de un programa DEA orientado a los insumos en donde se suponen rendimientos constantes a escala. Cambiando los supuestos del modelo anterior a través de la incorporación de restricciones adicionales se podrá alterar el supuesto de rendimientos constantes para poder trabajar con rendimientos: crecientes, decrecientes o variables.

5. Datos

Los datos utilizados para la estimación de la eficiencia técnica proceden de una encuesta realizada por la Unidad de Vinculación Tecnológica de la Universidad Nacional de Chilecito (Wolberg, 2011). La encuesta se realizó sobre una muestra de 92 productores del sector olivícola de la provincia de la Rioja en el segundo trimestre del 2012. Esta muestra fue diseñada y obtenida de forma aleatoria en los departamentos de Chilecito, Arauco y Capital.

Dividiendo a los productores en minifundistas (menos de 5 hectáreas), pequeños (entre 5 y 50 hectáreas), medianos (entre 50 y 500 hectáreas) y grandes (más de 500 hectáreas). Podemos resumir la información de los productores que formaron parte de la encuesta en la siguiente Tabla.

Tabla 1
Resumen Productores Encuestados

Departamento	Tipo de Productor (según superficie cultivada)				
	Grande	Mediano	Pequeño	Minifundista	Total
Chilecito	3	3	14	19	39
Arauco	2	12	13	8	35
Capital	5	11	1	1	18
Total	10	26	28	28	92

Fuente: Elaboración propia.

Para el presente análisis de la eficiencia técnica se trabajó sólo con los productores pequeños, medianos y grandes. Los productores minifundistas fueron dejados fuera del análisis debido a que sus métodos productivos difieren radicalmente de los utilizados por el resto. Es decir, la función de producción de los productores minifundistas sería distinta a la del resto de los productores y este hecho viola un supuesto básico del método DEA.

Por otro lado, sólo fueron incluidas en el análisis aquellas unidades que producen las variedades seleccionadas.

Cuando se trabaja con modelos DEA, los resultados obtenidos son muy sensibles a los datos utilizados. Por ello, se procedió a detectar la presencia de posibles outlier en la base de datos a través de la función “*ap*” incluida en el paquete *FEAR* desarrollado por Paul Wilson (2008)¹⁶¹⁷. Los resultados sugieren no incluir sólo una observación, por lo que la misma fue removida de la base inicial.

Luego de las depuraciones por superficie, variedad y análisis de outliers, la cantidad total de observaciones utilizadas fue de 29. Sin embargo, la forma de individualizar a cada unidad productiva fue a través del número de orden de la encuesta original. Es decir, a pesar de ser sólo 29 observaciones su número identificadorio puede variar entre 1 y 92.

5.1 Definición de Variables

En función de la encuesta realizada a los productores olivícolas de la provincia se seleccionaron las variables para las cuales se contaba con un número de observaciones significativo. Por este motivo, algunas variables (por ejemplo los Costos Totales) que podrían haber aportado al análisis de eficiencia no se han podido utilizar. Asimismo, se trabaja con las variedades de mayor difusión en la región (Manzanilla, Arauco y Arbequina) para contar con un mayor número de unidades productivas.

Para realizar el Análisis de Envoltura de Datos es necesario contar con al menos un producto (output) y un insumo (input) para comparar de manera relativa cuán eficientes son las firmas en términos de utilización de insumos comparado con la producción obtenida. En este caso se toma en cuenta un sólo producto y un set de múltiples insumos para observar la relación que existe entre los mismos en las distintas firmas de la muestra.

¹⁶ Disponible en <http://www.clemson.edu/economics/faculty/wilson/Software/FEAR/fear.html>

¹⁷ Un análisis complementario se llevó a cabo a través de la función *pairs* para gráficos disponible en el software R.

En particular, la variable que se utiliza para medir el output de las firmas es la cantidad producida total de aceitunas medida en toneladas; y las variables que representan los inputs son la superficie implantada medida en hectáreas; la cantidad de trabajadores permanentes por hectárea; la cantidad de trabajadores transitorios por hectárea; y la densidad de plantación medida por la cantidad de plantas por hectárea. Estas variables son tenidas en cuenta tanto para el análisis de eficiencia de cada una de las variedades como para el modelo que analiza el conjunto total de las mismas. A continuación se detallan las características de cada una de las variables escogidas.

Outputs

- Producción Total en Toneladas: Si bien la producción olivícola está afectada por el fenómeno denominado vecería, debido al cual la producción de la plantas presenta años de mucha producción alternados por años de cosecha baja, actualmente el manejo del cultivo (poda, fertilización, aclareo, diseño de la plantación, y época de recolección) atenúa dicha alternancia (Ramírez Santa Pau 2001). Dado que estas prácticas se encuentran cada vez más difundidas, se puede tomar esta variable como medida del output para analizar la eficiencia productiva. La misma se utiliza en cuatro instancias de análisis, para medir la eficiencia en el caso de cada una de las variedades utilizadas y luego para el conjunto de las variedades y firmas. Manzanilla es la principal variedad de olivo cuyo fruto se destina a la producción de aceitunas de mesa debido a su productividad, calidad de fruto, y rendimiento económico (Estrada Cabezas 2011). Las toneladas de aceitunas cosechadas representan una buena medida del output para este tipo de variedad destinada a la producción de aceitunas de mesa. La variedad Arauco es la más tradicional de la provincia, y se trata de una variedad doble propósito, pero que principalmente se destina a conserva (INTA 2002), por lo cual también se puede medir el output a través de las toneladas producidas. Por su parte, Arbequina es una variedad que se destina a la producción de aceite. En este caso si bien debería tomarse como medida de output el rendimiento en aceite (INTA 2002), al no contar con dicha información, se debe utilizar también la producción en toneladas.

Inputs

- Superficie (Hectáreas Implantadas): al tratarse de una actividad agrícola la tierra es uno de los principales factores productivos, por lo cual se incluye como uno de los insumos clave del modelo.
- Trabajadores Permanentes por Hectárea: la producción olivícola se trata de una actividad que requiere distintos niveles de mano de obra según el ciclo productivo. Si bien la mayor contratación de trabajo se realiza durante la época de cosecha, a lo largo del año es posible que las fincas contraten trabajadores permanentes para el mantenimiento general de la explotación y para la realización permanente de labores culturales. De la encuesta realizada se cuenta con datos de trabajadores totales de la explotación. Dado que en muchos casos el olivo no es el único cultivo de las mismas, se ha procedido a transformar dicho dato en Trabajadores Permanentes por hectárea para poder utilizarlo como insumo de la producción olivícola.
- Trabajadores Transitorios por Hectárea: como se mencionó en el punto anterior la mayor contratación de mano de obra es de carácter transitorio en particular para la época de cosecha y poda. Por ello, los trabajadores transitorios son un insumo clave para la producción. De la encuesta realizada se cuenta con datos de trabajadores totales

de la explotación. Dado que en muchos casos el olivo no es el único cultivo de las mismas, se ha procedido a transformar dicho dato en Trabajadores Transitorios por hectárea para poder utilizarlo como insumo de la producción olivícola.

- Densidad de Plantación (Cantidad de Plantas por Hectárea): la cantidad de plantas es calculada en base a la marcación de plantación (distancia entre plantas y entre líneas) de cada variedad. Esta medida es un buen indicador de la antigüedad y las técnicas implementadas.

6. Resultados

Para el cálculo de las medidas de eficiencia se trabajó por separado con cada variedad y luego se procedió a calcular las mismas medidas pero para una base agregada. Esta forma de trabajo fue escogida debido a la posibilidad de que las distintas variedades tengan un rendimiento promedio diferente. De esta forma, se compararán las unidades productivas de una misma variedad y se podrá cotejar si las unidades eficientes en la submuestra siguen siendo eficientes en la muestra total.

Cabe señalar que el cálculo de los scores de eficiencia, como así también los test de hipótesis fueron realizados empleando el software estadístico R tal como lo propone Bogetoft et al. (2011). Para ello, es necesario previamente instalar el paquete *Benchmarking*, el cual permite aplicar la metodología DEA en sus diferentes variantes.

6.1 Análisis de Resultados Variedad Manzanilla

En la Tabla 2 se presentan los resultados de los scores de eficiencia relativa arrojados por cada explotación teniendo en cuenta la producción de Manzanilla. De los resultados observados se pueden destacar, del total de la muestra de dieciocho observaciones, un conjunto de unidades productivas que son eficientes (arrojan un score igual 1) tanto en el Modelo con Rendimientos Constantes (CRS) como en el de Rendimientos Variables (VRS), estas son las observaciones número: 3 – 28 – 43 – 60 – 79.

Adicionalmente, existe un grupo de firmas que son eficientes en el modelo VRS pero que no lo son bajo el CRS, lo que refleja la existencia de un efecto escala sobre la eficiencia productiva, que se verifica con los valores de la Eficiencia Escala (Tabla 2). Esta medida surge como en cociente entre los scores de eficiencia de cada firma bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala respecto al score que la misma obtiene bajo el supuesto de rendimientos variables a escala (dado que las empresas eficientes bajo CRS son eficientes también bajo VRS, su score de eficiencia a escala es 1). La eficiencia a escala nos indica cuán lejos se encuentra una firma de maximizar su producto medio, por lo que un menor valor de este indicador señala que la empresa se encuentra lejos de maximizar su producto medio u operar en su tamaño de escala óptimo. Las observaciones eficientes son las número: 25 – 46 – 88 – 92. Por lo tanto, de un total de 18 observaciones de explotaciones olivícolas que producen la variedad manzanilla se destacan cinco unidades productivas eficientes (un 27% del total) para ambos modelos, y cuatro que son eficientes sólo en el modelo de rendimientos variables VRS. Así, bajo el Modelo VRS, se identifican en total 9 explotaciones eficientes, el 50% de la muestra. Respecto de las firmas que presentan un nivel de ineficiencia relativa mayor (con un score menor a 0,5) se pueden destacar las observaciones: 89 – 91 – 27 – 92 – 25 – 46.

Tabla 2
Scores de Eficiencia Variedad Manzanilla

Empresa	Eficiencia CRS	Eficiencia VRS	Eficiencia Escala
1	0,8114	0,9420	0,8614
3	1,0000	1,0000	1,0000
25	0,4000	1,0000	0,4000
27	0,2333	0,6766	0,3448
28	1,0000	1,0000	1,0000
46	0,4551	1,0000	0,4551
54	0,5327	0,9891	0,5386
91	0,1053	0,9091	0,1159
92	0,3167	1,0000	0,3167
43	1,0000	1,0000	1,0000
45	0,5622	0,9466	0,5939
60	1,0000	1,0000	1,0000
61	0,9027	0,9344	0,9661
62	0,7172	0,7598	0,9439
63	0,8765	0,9142	0,9588
79	1,0000	1,0000	1,0000
88	0,5766	1,0000	0,5766
89	0,0393	0,9375	0,0419

Fuente: Elaboración propia.

Cuando se analizan estos resultados teniendo en cuenta la superficie implantada con la variedad Manzanilla (firmas pequeñas menos de 100ha y firmas grandes más de 100ha); y el departamento al cual pertenece cada explotación se pueden identificar diferencias entre los distintos grupos.

En primer lugar, bajo el Modelo de rendimientos constantes se observa una marcada diferencia entre las firmas pequeñas y las grandes. Por ejemplo, mientras que el promedio de los scores ineficientes es de 0,3769 para las explotaciones de menos de 100 ha, para las fincas grandes es 0,7027 lo que implica que en promedio las unidades productivas de más de 100ha producen con menor nivel de ineficiencia. Asimismo, cuando se analiza el porcentaje de explotaciones eficientes se observa que en el grupo de fincas de mayor tamaño el 38% de las mismas son eficientes mientras que para las pequeñas sólo el 20% (Tabla 3). Las cinco fincas que se identificaron previamente como las más ineficientes de la muestra en términos relativos pertenecen todas al grupo de fincas pequeñas.

En cuanto a las distinciones observadas por departamento se puede destacar, en el Modelo CRS, que las explotaciones olivícolas de Arauco son para todas las variables analizadas las que arrojan peores resultados de eficiencia relativa. En contraposición el promedio de los scores de las fincas del departamento Capital arroja un valor de eficiencia superior al de los otros dos departamentos, y a su vez éstos presentan una baja desviación estándar (Tabla 3). Chilecito, por su parte, cuenta con valores de eficiencia en promedio menores que el departamento Capital pero un mayor porcentaje de fincas eficientes (el 40% de la muestra). De las explotaciones identificadas anteriormente que son eficientes bajo ambos supuestos

de rendimientos, tres ellas pertenecen al departamento Capital y las restantes dos a Chilecito.

Tabla 3
Resultados de Eficiencia por Tamaño de Explotación y Departamento Modelo CRS
Manzanilla

CRS	Total	Pequeñas	Grandes	Chilecito	Arauco	Capital
Promedio score	0,6405	0,6991	0,5672	0,6890	0,3524	0,7416
Promedio score ineficientes	0,5659	0,7594	0,5242	0,5224	0,3524	0,6124
% eficientes	28%	20%	38%	40%	0%	33%
Desviación típica	0,3288	0,3266	0,3382	0,3534	0,1874	0,3158
Eficiencia mínima	0,0393	0,0393	0,1053	0,2333	0,1053	0,0393

Fuente: Elaboración propia.

6.2 Análisis de Resultados Variedad Arauco

En lo que respecta a la producción de olivo en su variedad Arauco, el análisis incluye a dieciséis unidades de observación o empresas. Las mismas se encuentran distribuidas en tres departamentos de la provincia de La Rioja (seis en Chilecito, ocho en el departamento Arauco y sólo dos en el departamento Capital). Los resultados respecto de la eficiencia de cada empresa se presentan en la Tabla 4. A partir de dicha Tabla, se puede observar que, si suponemos que la tecnología presenta rendimientos constantes a escala (CRS), existen seis firmas consideradas eficientes (estas firmas son la 1, 3, 34, 47, 55 y 76 con un score de 1) las cuales constituyen un 33% del total. Por su parte, si suponemos rendimientos variables a escala (VRS), el número de empresas eficientes asciende a diez (se adicionan a las empresas eficientes bajo CRS las firmas 28, 46, 59 y 92), lo cual representa un 63% del total de las firmas productoras de olivo en su variedad Arauco.

De la misma forma, en la Tabla 4 también se presenta el cálculo de la eficiencia a escala correspondiente a cada unidad de observación. En este sentido, son las empresas 46, 48, 92 y 45 las que están más lejos de optimizar su producto medio (menor valor de eficiencia a escala).

Respecto de las firmas ineficientes, se puede apreciar que, bajo CRS tienen en promedio un score de eficiencia de 0,351 y de 0,792 bajo el supuesto de VRS. Asimismo, las empresas que emergen con un menor valor del indicador de eficiencia (menos eficientes) son las firmas 48, 46, 92 y 45 con CRS y las firmas 48, 27, 35 y 25 bajo VRS.

En lo que sigue, se procederá a analizar los resultados obtenidos bajo el supuesto que la tecnología presenta rendimientos constantes a escala. Estos resultados se resumen en la Tabla 5¹⁸. A partir de ésta, surge que la empresa más ineficiente tiene un score de 0,033, lo cual implica que dicha firma tendrá que realizar una reducción radial en el uso de insumos en un 97% (1-0,033) si pretende ser eficiente manteniendo su actual nivel de producción. La firma 46 es la segunda más ineficiente con un score de eficiencia de 0,05, significando que la misma tendrá que reducir el consumo de sus insumos en un 95% para ser considerada eficiente y no alterar su producción.

¹⁸ En la Tabla A.3 de Anexo, se presentan resultados similares bajo el modelo VRS.

Tabla 4
Scores de Eficiencia Variedad Arauco

Empresa	Eficiencia CRS	Eficiencia VRS	Eficiencia Escala
1	1,0000	1,0000	1,0000
3	1,0000	1,0000	1,0000
25	0,2666	0,8353	0,3192
27	0,3306	0,6612	0,5000
28	0,8404	1,0000	0,8404
32	0,8573	0,9657	0,8877
34	1,0000	1,0000	1,0000
35	0,2962	0,7802	0,3797
45	0,1666	0,9174	0,1816
46	0,0500	1,0000	0,05
47	1,0000	1,0000	1,0000
48	0,0333	0,5939	0,0561
55	1,0000	1,0000	1,0000
59	0,5142	1,0000	0,5142
76	1,0000	1,0000	1,0000
92	0,1540	1,0000	0,1540

Fuente: Elaboración propia.

También, se puede señalar que sólo una firma productora de olivo en su variedad Arauco es considera grande (más de 100 ha), la cual presenta un score de eficiencia menor a la unidad. Al dividir a las unidades en base a su lugar de explotación, el score promedio de eficiencia no difiere significativamente entre las mismas. No obstante, el score de eficiencia promedio de las empresas ineficientes son menores en los departamentos Arauco y Capital. Finalmente, no parece existir diferencias respecto al porcentaje de empresas eficientes entre los departamentos Chilecito y Arauco (se recuerda que para el departamento Capital sólo se incluyen a dos firmas en el presente análisis).

Tabla 5
Resultados de Eficiencia por Tamaño de Explotación y Departamento Modelo CRS Arauco

CRS	Total	Pequeñas	Grandes	Chilecito	Arauco	Capital
Promedio score	0,5943	0,5768	0,8573	0,6223	0,5761	0,5833
Promedio score ineficientes	0,3510	0,2947	0,8573	0,4335	0,3217	0,1667
% eficientes	38%	40%	0	0,3333	0,375	0,5
Desviación típica	0,40	0,4056	0	0,3608	0,4426	0,5892
Eficiencia mínima	0,0333	0,3333	0,8574	0,2667	0,0333	0,1667

Fuente: Elaboración propia.

Una última observación con respecto a la producción de olivo en su variedad de Arauco radica en la importancia relativa de los insumos para explicar la eficiencia relativa de cada firma. En la Tabla A.4 del anexo se exhiben los ponderadores arrojados por la técnica DEA para cada insumo y producto (las variables u_i y v_i presentadas en la Sección 4.1), los cuales muestran la importancia de cada insumo en la producción. De los valores observados en

dicha Tabla, se puede destacar la importancia del insumo trabajo permanente, el cual se perfila como el principal insumo para explicar la ineficiencia relativa de la mayoría de las firmas bajo los dos modelos alternativos. En segundo lugar, y sólo para pocas firmas, se considera al insumo superficie como otro de los insumos que explican la ineficiencia relativa. En resumen, podemos afirmar que para mejorar sus scores de eficiencias, la mayoría de las firmas deberían mejorar relativamente el uso del insumo trabajo permanente en sus procesos productivos.

6.3 Análisis de Resultados Variedad Arbequina

El análisis de la variedad Arbequina fue realizado con una base de 18 unidades productivas y se presenta en la Tabla 5. Suponiendo rendimientos constantes a escala, en dicha Tabla podemos observar que existirían 4 empresas eficientes (firmas 32, 43, 77 y 88). Por otro lado, si suponemos rendimientos variables a escala (VRS), las empresas eficientes en esta variedad serían 10 (además de las eficientes en el modelo CRS, serían eficientes las empresas 9, 25, 46, 54, 59 y 92). En la Tabla también podemos observar la eficiencia a escala de cada unidad productiva. Analizando este punto, las empresas 9, 46, 89 y 91 son las que están más lejos de optimizar su producto medio.

El score promedio de las empresas ineficientes es 0,32 en el modelo CRS y de 0,85 en el modelo VRS.

Tabla 6
Scores de Eficiencia Variedad Arbequina

Empresa	Eficiencia CRS	Eficiencia VRS	Eficiencia Escala
1	0,6197	0,7007	0,8844
9	0,0194	1,0000	0,0194
25	0,3871	1,0000	0,3871
32	1,0000	1,0000	1,0000
43	1,0000	1,0000	1,0000
44	0,1115	0,8660	0,1288
45	0,1162	0,9005	0,1290
46	0,0331	1,0000	0,0331
54	0,2180	1,0000	0,2180
59	0,4004	1,0000	0,4004
60	0,8098	0,8397	0,9644
61	0,7550	0,7879	0,9583
62	0,8018	0,8266	0,9700
77	1,0000	1,0000	1,0000
88	1,0000	1,0000	1,0000
89	0,0492	0,9532	0,0516
91	0,0543	0,9196	0,0591
92	0,1645	1,0000	0,1645

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 6 se presenta el resumen de las estimaciones obtenidas para los productores de Arbequina discriminado de acuerdo al tamaño de la explotación y al departamento. En esta Tabla se puede observar la gran diferencia en el score promedio entre las pequeñas y las grandes, además una marcada diferencia entre la eficiencia promedio de los departamentos Chilecito y Capital con el departamento Arauco.

Tabla 7
Resultados de Eficiencia por Tamaño de Explotación y Departamento Modelo CRS
Arbequina

CRS	Total	Pequeñas	Grandes	Chilecito	Arauco	Capital
Promedio score	0,4744	0,3421	0,6824	0,5065	0,3117	0,5804
Promedio score ineficientes	0,3243	0,2763	0,4443	0,3421	0,1741	0,4406
% eficientes	22%	9%	43%	25%	17%	25%
Desviación típica	0,3925	0,3269	0,4192	0,4115	0,3622	0,4144
Eficiencia mínima	0,0194	0,0194	0,0492	0,0194	0,0331	0,0492

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Análisis de Resultados Producción Total

En el presente apartado se analizarán los resultados de eficiencia de las firmas productoras de olivo sin discriminar por variedad. El propósito de llevar a cabo este análisis radica principalmente en mirar al sector en su conjunto y así aprovechar la escasa información disponible del mismo. No obstante, se considera necesario aclarar que los rendimientos y propósitos de cada variedad suelen diferir entre sí.

Se considera como output a la producción total de olivo, expresado en toneladas, la cual surge de sumar la producción total en las tres variedades anteriormente analizadas. Respecto a los insumos, se consideran los mismos inputs utilizados en el análisis por variedad. Los resultados obtenidos por medio de la metodología DEA bajo los supuestos de rendimientos constantes a escala (CRS) y rendimientos variables a escala (VRS) son presentados en la Tabla 8. A partir de dicha Tabla, se puede deducir que existen fuertes diferencias entre las firmas consideradas respecto a su score de eficiencia técnica. Así, bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala, el 24% de las firmas resultaron ser eficientes (de un total de 29 empresas), mientras que si se supone rendimientos variables a escala dicho porcentaje asciende al 38%.

Las firmas 9 y 48 presentan los menores scores de eficiencia en el modelo CRS, lo cual implica que las mismas pueden producir su actual nivel de producción reduciendo el uso de sus insumos de manera proporcional en un 98% y 96,6% para lograr ser eficientes. Alternativamente, también se puede expresar que dichas empresas pueden incrementar fuertemente sus niveles de producción con la actual dotación de recursos para ser consideradas eficientes. Este resultado podría cuantificarse si se estima un modelo DEA orientado al producto, lo cual no sucede en la presente investigación.

En relación a la eficiencia a escala, se tiene que son las firmas 9, 48, 89, 44 y 91 las que menores scores presentan (0,073 en promedio), por lo tanto, son las que mayores problemas de eficiencia presentan por no operar en la escala óptima de su planta.

Asimismo, es interesante destacar que las observaciones eficientes son las mismas para el modelo agregado que para los casos en que se toma cada una de las variedades; y las

unidades ineficientes también lo son para ambos casos. Tal como se menciona en la caracterización del sector, este resultado se puede asociar a la existencia de la implementación de distintos modelos productivos y distintas escalas productivas.

Tabla 8
Scores de Eficiencia Producción Total

Empresa	Eficiencia CRS	Eficiencia VRS	Eficiencia Escala
1	0,8344	0,8409	0,9923
3	1,0000	1,0000	1,0000
9	0,0200	1,0000	0,0200
25	0,3576	0,7962	0,4491
27	0,2835	0,6460	0,4388
28	0,7383	1,0000	0,7383
32	0,3058	0,7167	0,4267
34	0,7277	1,0000	0,7277
35	0,2006	0,8093	0,2478
43	1,0000	1,0000	1,0000
44	0,0814	0,7225	0,1127
45	0,3200	0,6482	0,4937
46	0,4257	0,9134	0,4661
47	1,0000	1,0000	1,0000
48	0,0333	0,6047	0,0551
54	0,4401	0,9233	0,4766
55	0,2957	1,0000	0,2957
59	0,2590	0,8995	0,2880
60	1,0000	1,0000	1,0000
61	0,8891	0,8957	0,9926
62	0,7923	0,8010	0,9892
63	0,7923	0,8010	0,9892
76	1,0000	1,0000	1,0000
77	1,0000	1,0000	1,0000
79	0,7006	0,9035	0,7755
88	1,0000	1,0000	1,0000
89	0,0472	0,7451	0,0634
91	0,0864	0,7643	0,1131
92	0,2397	0,9516	0,2519

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 9 se considera la performance de las firmas bajo el supuesto de CRS. Precisamente, se observa que el score promedio para el conjunto de las firmas es de 0,5472 mientras que para las firmas ineficientes este promedio desciende a 0,4032, con un valor mínimo de 0,02. Respecto a la relación entre el tamaño de las firmas y el score promedio, se tiene que éste indicador es mayor en promedio para las empresas consideradas grandes (mayores a 100 ha). De la misma forma, se observan diferencias en los indicadores de eficiencia promedio según la localización de la firma. Los scores más elevados se dan en el departamento Capital, seguido del departamento Chilecito.

A diferentes resultados se arriba cuando se supone VRS, no observándose diferencias significativas en los scores promedio entre firmas según tamaño ni ubicación¹⁹.

Tabla 9
Resultados de Eficiencia por Tamaño de Explotación y Departamento Modelo CRS
Producción Total

CRS	Total	Pequeñas	Grandes	Chilecito	Arauco	Capital
Promedio score	0,5472	0,4602	0,618	0,5542	0,3813	0,693
Promedio score ineficientes	0,4032	0,2983	0,497	0,4057	0,3126	0,5176
% eficientes	24%	23%	25%	25%	10%	36%
Desviación típica	0,36	0,3789	0,3434	0,384	0,2914	0,3695
Eficiencia mínima	0,02	0,02	0,047	0,02	0,0333	0,0472

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al peso relativo asignado a los insumos en los procesos productivos de las diferentes firmas, se puede inferir que, para el 45% de las empresas el insumo trabajo transitorio es el que mayor peso tiene asignado en un modelo CRS (esta cifra desciende al 41% de las firmas bajo el supuesto de VRS). En segundo término se encuentra el factor trabajo permanente, quien figura como principal insumo para el 35% de las empresas en el modelo CRS (55% para el modelo VRS). El insumo superficie sólo aparece como principal insumo en el 17% de las firmas para el modelo CRS (3% bajo VRS).

6.5 Test de Hipótesis

Para finalizar el presente estudio, se procedió a realizar diferentes test de hipótesis con el propósito de indagar la existencia o no de diferencias significativas entre grupos de empresas que componen la muestra. También sobre la validez de los supuestos incluidos en los modelos estimados (específicamente sobre el tipo de rendimiento de la tecnología). Dado el escaso número de unidades de observación que se dispone por variedad, se decidió trabajar sólo con la muestra que incluya a la producción total de olivo. En total se efectuaron tres test de hipótesis diferentes, con la finalidad de obtener diferentes indicadores en cada prueba. Los dos primeros, denominados TEX y THN²⁰, corresponden a test paramétricos basados en la teoría estadística asintótica, que incluyen supuestos sobre la distribución de la ineficiencia y el ruido de los datos. Por su parte, la tercera prueba es un test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov. Los resultados arrojados por los distintos test se presentan en la Tabla 10.

La primer prueba consistió en contrastar si la distribución de eficiencia es la misma tanto en firmas pequeñas como en las empresas grandes (mayores a 100 ha), bajo los dos supuestos de rendimientos a escala. A partir de los test TEX y THN, se puede inferir que se rechaza la hipótesis nula de igualdad en la distribución de eficiencia dado que el valor del

¹⁹ Estos resultados se resumen en la Tabla A.7 del Anexo.

²⁰ Específicamente, el test TEX se construye de la siguiente manera: $TEX = \frac{\sum_{n \in N_1} (\theta^n - 1) / N_1}{\sum_{n \in N_2} (\theta^n - 1) / N_2} \sim F(2N_1, 2N_2)$,

siendo θ el score de eficiencia de una firma, N_1 y N_2 el número de empresas en los grupos 1 y 2 respectivamente y $F()$ la distribución de Fisher. Aquí, la hipótesis nula establece que las ineficiencias de los grupos 1 y 2 tiene la misma distribución. Se rechazará dicha hipótesis, si TEX es mayor al cuantil 95%. A

continuación se presenta el test THN, $THN = \frac{\sum_{n \in N_1} (\theta^n)^2 / N_1}{\sum_{n \in N_2} (\theta^n)^2 / N_2} \sim F(N_1, N_2)$. Para un mayor análisis estos test, se puede consultar a Bogetoft et al. (2011), páginas 155-165.

test TEX es 3,196 (4,474 bajo VRS) el cual es mayor al valor crítico de 2,079. Por su parte, los valores para el test THN son de 8,655 (9,362 bajo VRS) y 2,851 respectivamente. El test de Kolmogorov-Smirnov, sin embargo, presenta un p-valor de 0,391 lo cual no permite rechazar la hipótesis nula. Una observación que surge de las pruebas realizadas mediante el test de Kolmogorov-Smirnov para todos los modelos, es que nunca se rechaza la hipótesis nula.

El segundo test de hipótesis se concentra en analizar las diferencias en la distribución de eficiencia entre empresas que se encuentran ubicadas en los departamentos incluidos en la muestra (Chilecito, Capital y Arauco). A partir de los valores que arrojan los diferentes test se pueden obtener algunas regularidades. Cuando se comparan las empresas ubicadas en los departamentos Capital y Arauco, no se encuentran diferencias significativas en las mismas. Lo opuesto ocurre cuando se confrontan las firmas ubicadas en los departamentos Chilecito y Arauco, obteniéndose diferencias estadísticamente significativas entre las mismas. Al cotejar entre empresas de los departamentos Capital y Chilecito, no se rechaza la hipótesis nula cuando suponemos que la tecnología posee rendimientos constantes a escala, mientras que si se rechaza la hipótesis nula bajo el supuesto de rendimientos variables a escala.

Tabla 10
Test de Hipótesis de Diferencia entre Grupos

Modelos	TEX				THN				K-S	
	Valor	Prob. Cola 5%	Prob. Cola 95%	p-valor	Valor	Prob. Cola 5%	Prob. Cola 95%	p-valor	Valor	p-valor
Pequeñas vs. Grandes (CRS)	3,196	0,467	2,079	0,999	8,655	0,330	2,851	0,999	0,337	0,391
Pequeñas vs. Grandes (VRS)	4,474	0,467	2,079	1,000	9,362	0,330	2,851	1,000	0,399	0,204
Chilecito vs. Capital (CRS)	2,112	0,373	2,547	0,944	3,798	0,233	3,855	0,974	0,300	0,819
Chilecito vs. Capital (VRS)	Inf	0,373	2,547	1,000	Inf	0,233	3,855	1,000	0,500	0,217
Chilecito vs. Arauco (CRS)	2,748	0,377	2,472	0,986	8,776	0,236	3,664	0,999	0,386	0,494
Chilecito vs. Arauco (VRS)	8,399	0,377	2,472	0,999	18,797	0,236	3,664	1,000	0,409	0,420
Capital vs. Arauco (CRS)	1,301	0,411	2,389	0,727	2,311	0,273	3,526	0,902	0,136	1,000
Capital vs. Arauco (VRS)	0,000	0,411	2,389	0,000	0,000	0,23	3,526	0,000	0,091	1,000
CRS vs. VRS	1,683		1,546	0,975	2,777		1,861	0,996	0,207	0,564

Fuente: Elaboración propia.

En último lugar, se contrasta la validez de los supuestos empleados en los modelos en relación al tipo de rendimiento de la tecnología. El propósito es examinar si la restricción adicional que se incluye en el cálculo del modelo cuando se supone rendimientos variables a escala (comparado con el modelo de rendimientos constantes a escala)²¹ es estadísticamente significativa. La hipótesis nula establece que ambos modelos tienen la misma distribución de eficiencia, mientras que si se rechaza dicha hipótesis, se considera que la restricción incluida es significativa, por lo que deberíamos optar por el modelo con VRS. En esta oportunidad, ambos test, TEX y THN, rechazan la hipótesis nula dado que sus valores 1,683 y 2,777 son mayores a los valores críticos 1,546 y 1,861 respectivamente. Esto indica que el modelo más adecuado en esta oportunidad es el que supone rendimientos variables a escala.

²¹ En los modelos DEA esto significa que $\sum \lambda_j = 1$.

7. Conclusiones

En el presente trabajo se procedió a analizar la eficiencia técnica del sector olivarero en la provincia de La Rioja. La producción de olivo, constituye una de las principales actividades económicas de la provincia, lo que motiva su estudio y el análisis de su proceso productivo. Como se destaca en esta investigación, el sector olivícola tuvo un fuerte crecimiento en los últimos años, incrementándose la superficie cosechada, la producción y la cantidad exportada de este bien.

Sin embargo, existe escasa disponibilidad de datos sobre el sector olivícola, lo cual constituye un factor fuertemente limitante al momento de llevar a cabo estudios relacionados al sector. En respuesta a ello, para llevar a cabo el presente análisis se recurrió a datos de campo elaborados por la Unidad de Vinculación Tecnológica de la Universidad Nacional de Chilecito.

Los resultados obtenidos, nos permiten sacar algunas conjeturas respecto de la situación del sector olivícola en los departamentos Capital, Chilecito y Arauco. Entre ellas, podemos mencionar que existe una marcada diferencia entre productores de olivo, ya sea en relación a la capacidad de producción como a la eficiencia de los mismos. Estas discrepancias en cuanto al score de eficiencia de las firmas sugieren que existe un elevado margen para expandir la eficiencia total del sector. Asimismo, de la investigación se destaca la importancia del factor trabajo (ya sea permanente o transitorio) como fuente reducción de la ineficiencia. Esto implica que la modificación de dicho insumo tiene efectos relativos más fuertes sobre el score de eficiencia de una firma, respecto de los demás inputs.

Otro resultado que se desprende de la investigación es la diferencia en los niveles de eficiencia entre empresas pequeñas y grandes. En función de la caracterización del sector realizada, se puede asociar esta diferencia a la implementación de distintos modelos productivos. Esta diferencia no parece tan clara según el lugar de ubicación de la empresa.

Respecto al tipo de rendimiento que presenta la tecnología, los test parecen inclinarse a favor de suponer rendimientos variables a escala, en contraposición a los rendimientos constantes.

A pesar de los resultados recientemente expuestos, es conveniente señalar las limitaciones de los mismos. La primera es la escasa disponibilidad de datos que abarca el presente análisis. En segundo lugar, la inexistencia de estudios similares para el sector olivícola en Argentina, lo cual no permite cotejar estos hallazgos.

8. Bibliografía

- Amores Hernández, A. F.** (2006). Estudio de la eficiencia del olivar andaluz mediante técnicas de análisis envolvente aplicadas a la nueva Política Agraria Comunitaria, Analistas Económicos de Andalucía.
- Arzubi, A. y J. Berbel** (2001). "Un análisis no paramétrico de eficiencia en explotaciones lecheras de Argentina". *Estudios Agrosociales y Pesqueros* N 193 (pp. 119-142).
- Arzubi, A. y J. Berbel** (2002). "Determinación de índices de eficiencia mediante DEA en explotaciones lecheras de Buenos Aires." *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.* **17**(1-2): 103-123.
- Arzubi, A.; Mc Cormick, M.; Simonetti, L y Lynch, G** (2009). "Análisis de Eficiencia Técnica y Económica de Explotaciones Ovinas en la Provincia de Buenos Aires" *Revista Argentina de Economía Agraria*, Vol.XI, Nº2, 115-126.
- Athanassopoulos, A. D., N. Lambroukos, et al.** (1998). "Data Envelopment scenario analysis for setting targets to electricity generating plants." *European Journal of Operational Research* **115**: 413-428.
- Battese, G. E. y G. S. Corra** (1977). "Estimation of a Production Frontier Model: whit Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia " *Australian Journal of Agricultural Economics* **21**: 169-179.
- Bogetoft, Peter y Lars Otto** (2011). "Benchmarking With DEA, SFA and R", Ed. Springer, New York.
- Calatrava, L.** (1997). Análisis de la eficiencia productiva de las explotaciones olivareras andaluzas. Un estudio mediante funciones de producción de frontera. *Departamento de Matemática Aplicada y Estadística*. Córdoba, EscuelaTécnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba.
- Cloutier, L. y R. Rowley** (1993). "Relative technical efficiency: Data Envelopment Analysis and Quebec's dairy farms." *Canadian Journal of Agricultural Economics* **41**: 169-176.
- Charnes A, Cooper WW, Rhodes E** (1978) "Measuring the efficiency of decision making units". *European Journal of Operational Research* **2**:429–444
- Coelli, T. y S. Perelman** (1999). "A Comparison of parametric and non-parametric distance functions: With application to european railways." *European Journal of Operational Research* **117**: 326-339.
- Dhehibi, B., Lachaal L, et al.** (2006). Decomposition of Output Growth in the Tunisian Olive - Growing Sector: A Frontier Production Function Approach. *98 th EAAE Seminar 'Marketing Dynamics within the Global Trading System: New Perspectives'*. Crete, Grecia.
- Estrada Cabezas J.** (2011), *La aceituna de mesa: nociones sobre sus características, elaboración y cualidades*, Aceituna de Mesa Fundación para el fomento y promoción, Diputación de Sevilla.
- Färe, R., S. Grosskopf, et al.** (2000). Data Envelopment Analysis (DEA): A framework for assessing capacity in fisheries when data are limited, Oregon State University.
- Farrell, M.J.** (1957). "The Measurement of Productive Efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society*, **120**:253–281.
- Fraser, I. y D. Cordina** (1999). "An application of data envelopment analysis to irrigated dairy farms in Northern Victoria, Australia." *Agricultural Systems* **59**: 267-282.
- Haslem, J. A., C. A. Scheraga, et al.** (1999). "DEA efficiency profiles of U.S. Banks operating internationally." *International Review of Economics and Finance* **8**: 165-182.

Hussain, I., F. Marikar, et al. (2000). Productivity and performance of irrigated wheat farms across canal Commands in the Lower Indus Basin. Research Report, International Water Management Institute. **44**.

INTA (2002), Catalogo de variedades de Olivo presentes en la colección de la EEA Junín, Centro Regional Mendoza – San Juan.

Karagiannis, G. y V. Tzouvelekas (2001). "Self-dual stochastic production frontiers and decomposition of output growth: the case of olive-growing farms in Greece." Agriculture Resource Economic Review **30**(2): 168-178.

Lachaal, L., B. Karray, et al. (2005). "Technical efficiency measures and its determinants for olive producing farms in Tunisia: stochastic frontier analysis." African Development Review **17**(3): 580-592.

Lambarraa, F., T. Serra, et al. (2007). "Technical efficiency analysis and decomposition of productivity growth of Spanish olive farms." Spanish Journal of Agricultural Research **5**(3): 259-27.

Lansink, A. O. y E. Silva (2004). "Non-Parametric Production Analysis of Pesticides Use in the Netherlands." 21: 49-65.

Ramírez Santa Pau (2001), Variabilidad de la producción en olivo (*Olea europaea* L.). Relación entre alternancia, floración, vigor y productividad, Tesis Doctoral, Departamento de Agronomía, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes, Universidad de Córdoba, España.

Rodríguez Sperat, R.; Paz, R. y Robledo W. (2008) "Productive efficiency in small peasant and capitalist farms. Empirical evidence using DEA". World Journal of Agricultural Sciences **4** (5): 583-599.

Tzouvelekas, V. M. y K. Giannakas (1997). "Technical efficiency measures for olive-growing farms in Crete, Greece." International Advances in Economic Research **3**(2): 154-166.

Wilson P.W. (2008) FEAR 1.0: A software package for frontier efficiency analysis with R. Socio-Economic Planning Sciences **42**:247–254.

Wolberg, Darío (2011). "Encuesta Sector Olivícola de la Provincia de La Rioja" Unidad de Vinculación Tecnológica, Universidad Nacional de Chilecito.

9. Anexo

Tabla A.1
Resultados de Eficiencia por Tamaño de Explotación y Departamento Modelo VRS
Manzanilla

VRS	Total	Pequeñas	Grandes	Chilecito	Arauco	Capital
Promedio score	0,9450	0,9492	0,9396	0,9237	0,9746	0,9436
Promedio score ineficientes	0,9432	0,9869	0,9164	0,8093	0,9491	0,8985
% eficientes	44%	50%	50%	60%	50%	44%
Desviación típica	0,0901	0,0748	0,1116	0,1404	0,0439	0,0771
Eficiencia mínima	0,6766	0,7598	0,6766	0,6766	0,9091	0,7598

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.2
Ponderadores de Insumos en Modelo DEA
Manzanilla

Empresa	Modelo CRS					Modelo VRS				
	v1	v2	v3	v4	u1	v1	v2	v3	v4	u1
1	0,0120	0,0000	0,0000	0,0019	0,0014	0,0027	0,9780	0,0000	0,0039	0,0004
3	0,0211	0,0000	0,0000	0,0034	0,0024	0,0211	0,0000	0,0000	0,0034	0,0024
25	0,1667	0,0000	0,0000	0,0000	0,0056	0,0340	5,3193	0,0000	0,0020	0,0000
27	0,1000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0033	0,0000	1,6880	0,1407	0,0030	0,0000
28	0,3333	0,0000	0,0000	0,0000	0,0111	0,0000	2,3255	0,4651	0,0042	0,0000
43	0,0102	72,7791	0,0000	0,0000	0,0017	0,0102	31,6613	0,0000	0,0000	0,0012
45	0,0070	0,0000	0,0000	0,0011	0,0008	0,0000	1,9473	0,0000	0,0042	0,0002
46	0,0066	0,0000	1,3971	0,0000	0,0008	0,0003	1,7540	0,1268	0,0043	0,0002
54	0,0088	0,0000	1,8643	0,0000	0,0010	0,0004	1,2535	0,7686	0,0039	0,0002
60	0,0020	0,0000	0,0000	0,0003	0,0002	0,0020	0,0000	0,0000	0,0003	0,0002
61	0,0035	0,0000	0,0000	0,0006	0,0004	0,0043	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005
62	0,0064	0,0000	0,0000	0,0010	0,0007	0,0100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011
63	0,0039	0,0000	0,0000	0,0006	0,0004	0,0050	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005
79	0,0002	38,9595	0,0000	0,0005	0,0004	0,0000	1,9612	0,0000	0,0034	0,0001
88	0,0519	0,0000	11,0410	0,0000	0,0062	0,0000	2,3255	0,4651	0,0042	0,0000
89	0,0091	0,0000	0,0000	0,0015	0,0010	0,0000	3,1249	0,0000	0,0042	0,0000
91	0,0144	0,0000	0,0000	0,0023	0,0016	0,0000	3,0302	0,0000	0,0041	0,0000
92	0,1250	0,0000	0,0000	0,0000	0,0042	0,0000	2,4947	0,2079	0,0044	0,0000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.3
Resultados de Eficiencia por Tamaño de Explotación y Departamento Modelo VRS Arauco

VRS	Total	Pequeñas	Grandes	Chilecito	Arauco	Capital
Promedio score	0,9221	0,5768	0,9657	8795	0,9449	0,9587
Promedio score ineficientes	0,7923	0,9657	0,7576	0,7589	0,7798	0,9174
% eficientes	63%	0,666666	0	0,5	0,75	0,5
Desviación típica	0,13	0,1373	0	0,1435	0,1423	0,05839
Eficiencia mínima	0,5939	0,5939	0,9657	0,6612	0,5939	0,9174

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.4
Ponderadores de Insumos en Modelo DEA Arauco

Empresa	Modelo CRS					Modelo VRS				
	v1	v2	v3	v4	u1	v1	v2	v3	v4	u1
1	0,019	8,285	0,199	0,000	0,002	0,016	8,480	0,297	0,000	0,002
3	0,161	8,934	1,988	0,000	0,011	0,006	1,969	0,195	0,004	0,000
25	0,286	0,000	0,000	0,000	0,010	0,022	0,000	0,000	0,004	0,000
27	0,028	1,575	0,351	0,000	0,002	0,004	1,257	0,105	0,003	0,000
28	0,005	3,320	3,050	0,000	0,004	0,007	3,204	2,996	0,000	0,003
32	0,000	1,747	1,101	0,002	0,002	0,000	2,206	1,949	0,000	0,003
34	0,001	11,725	0,616	0,000	0,002	0,001	11,725	0,616	0,000	0,002
35	0,028	8,642	0,000	0,000	0,002	0,004	2,388	0,000	0,003	0,000
45	0,200	0,000	0,000	0,000	0,007	0,018	0,369	0,000	0,004	0,000
46	0,500	0,000	0,000	0,000	0,017	0,006	1,901	0,159	0,004	0,000
47	0,002	1,215	1,116	0,000	0,001	0,002	1,215	1,116	0,000	0,001
48	0,067	0,000	0,000	0,000	0,002	0,016	0,000	0,000	0,003	0,000
55	0,004	3,160	2,903	0,000	0,003	0,004	3,160	2,903	0,000	0,003
59	0,000	23,248	0,955	0,000	0,004	0,000	50,000	0,000	0,000	0,000
76	0,002	1,436	1,319	0,000	0,002	0,002	1,436	1,319	0,000	0,002
92	0,062	2,248	0,000	0,000	0,003	0,006	1,899	0,158	0,004	0,000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.5
Resultados de Eficiencia por Tamaño de Explotación y Departamento Modelo VRS
Arbequina

VRS	Total	Pequeñas	Grandes	Chilecito	Arauco	Capital
Promedio score	0,9330	0,9340	0,9314	0,9252	0,9866	0,8967
Promedio score ineficientes	0,8493	0,8185	0,8800	0,7007	0,9196	0,8623
% eficientes	55%	64%	43%	75%	83%	25%
Desviación típica	0,0927	0,1054	0,0763	0,1496	0,0328	0,0806
Eficiencia mínima	0,7007	0,7007	0,8266	0,7007	0,9196	0,7879

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.6
Ponderadores de Insumos en Modelo DEA
Arbequina

Empresa	Modelo CRS					Modelo VRS				
	v1	v2	v3	v4	u1	v1	v2	v3	v4	u1
1	0,0131	1,3557	0,0000	0,0000	0,0011	0,0000	2,3953	0,0000	0,0030	0,0000
9	0,4000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0129	0,0014	4,9270	4,9965	0,0000	0,0000
25	0,6667	0,0000	0,0000	0,0000	0,0215	0,1340	1,2230	0,0000	0,0030	0,0046
32	0,0575	0,0000	1,5799	0,0000	0,0050	0,0228	0,0000	0,4582	0,0024	0,0020
43	0,0015	0,0000	0,4837	0,0000	0,0002	0,0015	0,0000	0,4837	0,0000	0,0002
44	0,0172	0,0000	0,0000	0,0007	0,0015	0,0000	3,0364	0,0000	0,0038	0,0000
45	0,0047	0,0000	0,1300	0,0000	0,0004	0,0000	3,1315	0,0000	0,0039	0,0000
46	0,1961	20,2592	0,0000	0,0000	0,0165	0,0006	12,6336	3,6455	0,0000	0,0000
54	0,0155	0,0000	0,4266	0,0000	0,0014	0,0000	8,6549	0,2893	0,0033	0,0001
59	0,0244	2,5156	0,0000	0,0000	0,0021	0,0007	23,8432	0,0000	0,0014	0,0000
60	0,0096	0,9920	0,0000	0,0000	0,0008	0,0094	1,5856	0,0000	0,0000	0,0008
61	0,0123	0,0000	0,3381	0,0000	0,0011	0,0107	0,0000	0,6056	0,0000	0,0010
62	0,0095	0,9823	0,0000	0,0000	0,0008	0,0092	1,5609	0,0000	0,0000	0,0008
77	0,0037	0,0000	0,1005	0,0000	0,0003	0,0037	0,0000	0,1005	0,0000	0,0003
88	0,0019	0,0000	5,2972	0,0000	0,0005	0,0014	0,0000	1,0564	0,0014	0,0002
89	0,0068	0,6974	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000	3,3407	0,0000	0,0042	0,0000
91	0,0551	5,6869	0,0000	0,0000	0,0046	0,0000	3,2327	0,0000	0,0040	0,0000
92	0,3333	0,0000	0,0000	0,0000	0,0108	0,0000	1,8748	0,3652	0,0043	0,0000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.7
Resultados de Eficiencia por Tamaño de Explotación y Departamento Modelo VRS
Producción Total

VRS	Total	Pequeñas	Grandes	Chilecito	Arauco	Capital
Promedio score	0,8753	0,8901	0,8631	0,8865	0,8773	0,8651
Promedio score ineficientes	0,7990	0,762	0,8176	0,7731	0,8248	0,7881
% eficientes	38%	54%	25%	50%	30%	36%
Desviación típica	0,13	0,1473	0,1139	0,1339	0,1364	0,1285
Eficiencia mínima	0,6047	0,6047	0,6482	0,6459	0,604	0,6482

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.8
Ponderadores de Insumos en Modelo DEA
Producción Total

Empresa	Modelo CRS					Modelo VRS				
	v1	v2	v3	v4	u1	v1	v2	v3	v4	u1
1	0,005	0,781	0,000	0,001	0,001	0,006	0,414	0,000	0,000	0,001
3	0,018	0,000	2,317	0,001	0,002	0,018	0,000	2,317	0,001	0,002
9	0,400	0,000	0,000	0,000	0,013	0,001	0,000	4,107	0,002	0,000
25	0,091	0,000	0,000	0,000	0,003	0,004	2,868	0,000	0,003	0,000
27	0,012	1,044	0,118	0,002	0,001	0,004	1,195	0,116	0,003	0,000
28	0,064	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	3,613	0,002	0,000
32	0,002	0,133	0,000	0,003	0,000	0,000	0,834	0,000	0,006	0,000
34	0,017	2,421	0,000	0,002	0,002	0,005	4,398	0,000	0,004	0,000
35	0,048	0,000	0,000	0,000	0,002	0,005	2,915	0,000	0,003	0,000
43	0,001	0,000	0,822	0,000	0,000	0,001	0,000	0,828	0,000	0,000
44	0,011	0,954	0,108	0,002	0,001	0,004	2,397	0,000	0,003	0,000
45	0,001	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,671	0,000	0,005	0,000
46	0,006	0,000	1,573	0,000	0,001	0,000	9,484	1,897	0,002	0,000
47	0,012	0,000	1,512	0,001	0,001	0,012	0,000	1,512	0,001	0,001
48	0,067	0,000	0,000	0,000	0,002	0,015	0,000	0,000	0,003	0,000
54	0,006	0,000	1,422	0,000	0,001	0,000	9,587	1,917	0,002	0,000
55	0,009	0,000	1,165	0,001	0,001	0,002	0,000	3,857	0,002	0,000
59	0,008	13,116	0,000	0,000	0,001	0,001	43,879	0,000	0,000	0,000
60	0,002	0,000	0,302	0,000	0,000	0,002	0,000	0,302	0,000	0,000
61	0,003	0,000	0,493	0,000	0,000	0,003	0,000	0,490	0,000	0,000
62	0,003	0,000	0,659	0,000	0,000	0,004	0,000	0,668	0,000	0,000
63	0,003	0,000	0,659	0,000	0,000	0,004	0,000	0,668	0,000	0,000
76	0,016	1,332	0,151	0,002	0,002	0,016	1,332	0,151	0,002	0,002
77	0,003	0,000	0,379	0,000	0,000	0,003	0,000	0,379	0,000	0,000
79	0,002	9,865	0,000	0,000	0,000	0,000	13,346	0,000	0,003	0,000
88	0,002	0,000	5,429	0,000	0,000	0,001	0,000	1,334	0,001	0,000
89	0,003	0,000	0,629	0,000	0,000	0,000	12,745	0,000	0,002	0,000
91	0,012	0,993	0,113	0,002	0,001	0,004	3,556	0,002	0,003	0,000
92	0,022	1,462	0,000	0,002	0,002	0,009	1,284	0,000	0,004	0,000

Fuente: Elaboración propia.