Ministerio de Agricultura
Oficina de Estudios y Políticas Agrarias

Estudio de Detección de Brechas de Información para la Elaboración de Indicadores de Productividad Sectorial

INFORME FINAL

Diciembre, 2017

Estudio de Detección de Brechas de Información para la Elaboración de Indicadores de Productividad Sectorial

Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura, ODEPA, Gobierno de Chile
Directora Nacional y Representante Legal: Claudia Carbonell Piccardo
Teatinos 40, piso 8. Santiago de Chile
Fono: (56 2) 2397 3000 – Fax: (56 2) 2397 3044
http://www.odepa.gob.cl

Autores de esta publicación:

Boris E. Bravo-Ureta, Investigador Principal
Roberto Jara Rojas, Co-Investigador
Víctor H. Moreira López, Co-Investigador
Vanessa Pacheco Montenegro, Profesional de Apoyo

Equipo de contraparte técnica:

Patricio Riveros, Encargado Unidad de Evaluación de Programas y de la Productividad, ODEPA
Sergio Soto, Unidad de Evaluación de Programas y de la Productividad, ODEPA
Leonardo Cáceres, Unidad de Evaluación de Programas y de la Productividad, ODEPA

El presente estudio es susceptible de ser reproducido total o parcialmente bajo condición de que sea citada su fuente. Se hace presente, que si bien la investigación en este caso ha sido encargada por ODEPA, las conclusiones de que da cuenta no necesariamente representan la opinión de esta última.

RESUMEN EJECUTIVO

Los países en desarrollo enfrentan un entorno económico cada vez más globalizado, donde el crecimiento de la productividad y la mejora de la competitividad son esenciales para asegurar la prosperidad de sus productores agrícolas, contribuir a la reducción de la pobreza y profundizar su participación en el comercio internacional. La medición y el análisis de la productividad ha motivado un amplio espectro de trabajos teóricos y empíricos en economía desde hace varias décadas. En los últimos años se ha visto un renovado interés en el estudio de la productividad en general y en el sector agrícola en particular. La medida de productividad más básica se conoce como la productividad promedio o parcial que considera sólo un factor y se usa con frecuencia, aunque tiene limitaciones serias ya que ignora el resto de los factores de producción. Para evitar este problema y obtener medidas de productividad más globales se ha desarrollado la medida conocida como productividad total de los factores (PTF).

El objetivo general de este estudio es determinar las brechas que existen en la medición y en el análisis de la productividad en el sector agrícola chileno. Para alcanzar este objetivo general, se plantean tres objetivos específicos: (1) Resumir el estado del arte de la medición de la productividad agrícola nacional e internacional; (2) Proponer indicadores de productividad, rentabilidad de la tierra y mano de obra, asociados a cada uno de los subsectores y a nivel agregado de la actividad agrícola, y luego identificar brechas de información para sustentar una agenda estratégica cuyo propósito sea medir y monitorear en el tiempo el comportamiento de la productividad sectorial; y (3) Elaborar un estudio de la PTF para una muestra de predios lecheros usando una metodología de fronteras estocásticas de producción y una descomposición exhaustiva de los diferentes elementos que explican la evolución del cambio en la productividad.

El **Capítulo 2** proporciona una visión de la evolución de los enfoques metodológicos claves que se han desarrollado y aplicado para examinar eficiencia técnica (ET) en el sector agrícola. Luego se presenta un análisis de meta-regresión usando datos obtenidos de un total de 509 estudios publicados en revistas indexadas. Además, se presenta una discusión de estudios publicados en diversos medios focalizados en la ET de la agricultura chilena y en la PTF sobre Chile y cinco países referentes (Argentina, Brasil, Estados Unidos, Nueva Zelanda y Australia).

En las últimas décadas ha habido un gran desarrollo en metodologías de frontera y estos métodos se han aplicado en numerosos estudios especialmente en la medición y análisis de ET en varios sectores de la economía y en diferentes países. Las metodologías para la estimación de fronteras han evolucionado significativamente, especialmente en el uso de datos de panel. El análisis de meta-regresión revela un nivel de ET promedio igual a 73,9%. En el caso de la ET con datos de Chile, la mayoría de los estudios utilizan datos de corte transversal; es decir, información de un período. La gran mayoría de los estudios que reportan medidas de la PTF para Chile emplean datos agregados provenientes de FAO. El avance metodológico en fronteras de producción ofrece oportunidades analíticas interesantes. Sin embargo, un buen aprovechamiento de estas metodologías requiere series de datos de panel las que idealmente deben actualizarse con regularidad en el tiempo. Nuestro análisis deja en evidencia la escasa disponibilidad de datos a nivel nacional, en particular series de datos de panel a nivel micro-económico, lo que limita la posibilidad de hacer estudios detallados de la productividad en el agro chileno.

El **Capítulo 3** presenta un análisis crítico de indicadores de productividad, rentabilidad de la tierra y productividad de la mano de obra y del capital. También se analiza la meta-data desarrollada en el Capítulo 2 en función de las variables utilizadas por la literatura internacional para la medición de productividad y ET, obteniéndose seis dimensiones de variables. La primera, *Insumos clásicos*, incluye tierra y capital, donde capital se refiere principalmente a insumos comprados tales como semillas, fertilizantes, pesticidas, materiales, entre otros. Esta dimensión también incluye la variable mano de obra (familiar y contratada), gastos en maquinaria, tracción animal y con menor frecuencia variables relacionadas con energía y combustibles. La segunda dimensión la componen *Variables Medioambientales* y éstas fueron divididas en dos: intrapredial (fertilidad, nutrientes, pendiente y presencia de suelos degradados) y extrapredial (clima, precipitación, temperatura, altitud del predio). La tercera y cuarta dimensiones se identifican como *Sistemas Agrícolas*, y *Capital Humano y Social*, respectivamente. Dentro de sistemas agrícolas destaca la incorporación en el modelo de producción la adopción de tecnologías, principalmente aquellas relacionadas con semillas mejoradas, tecnologías de riego y mejores prácticas de manejo. La dimensión de capital humano y social incluye variables de educación del tomador de decisiones, género, edad, experiencia y etnia. La quinta dimensión corresponde a variables de índole *financiero* como el acceso al crédito e incentivos, y la última dimensión son variables específicas para el sector de *lechería*.

Luego, se describieron las principales fuentes de datos disponibles en Chile, principalmente financiadas por ODEPA y recopilados por el INE y CIREN. Con esta información se realiza un análisis crítico de la calidad, continuidad en el tiempo, presupuesto y de la comparación (o compatibilidad) de las diferentes fuentes de información identificadas. Las distintas fuentes de publicaciones estadísticas realizadas por ODEPA se dividen en: a) cultivos anuales y hortalizas; b) industria pecuaria y leche; c) Catastro Frutícola; y d) Censo agropecuario. En relación con los cultivos anuales y hortalizas, ODEPA identifica seis levantamientos de información, cuyo costo anual supera los MM$342 (millones de pesos). Esta información es recogida por el INE y tiene una cobertura nacional, excluyendo aquellas regiones donde la producción de cultivos anuales y hortalizas no es significativa. Dentro de las variables que pueden ser un aporte para mediciones de productividad total de los factores se identifica bien el producto (output); sin embargo, no hay mayor información relacionada con insumos (inputs). Esta última se limita principalmente a la superficie, con escasa información de mano de obra y ausencia de variables relacionadas con el capital y su uso. El mismo caso se observa para la toma de datos de la industria pecuaria y leche (Cuadro 3.3), donde el INE es la entidad ejecutora del levantamiento de la información cuyo costo anual es superior a 60 millones de pesos. Se distingue una adecuada medición del producto generado (output) pero con escasa información de insumos que permitan medir la productividad total de los factores.

Los Catastros Frutícolas son un censo de predios con plantaciones frutales comerciales, donde se obtiene información sobre la superficie frutícola, infraestructura y agroindustria frutícola. Este censo incluye todos los predios con una superficie ocupada por frutales o parronales de uva de mesa con un tamaño igual o superior a 0,5 ha. En el caso de algunas especies se encuesta huertos que contienen 50 o más plantas. En el 2016 se incluyeron en el catastro ocho regiones: Arica y Parinacota, Tarapacá, Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén. Especial mención tiene la Región de Aysén, que fue encuestada por primera vez a partir del verano 2016. La incorporación de Aysén se debe al aumento de la superficie frutal en la zona (por ejemplo, el cerezo). También, por primera vez en 30 años, se censaron las regiones de Arica y Parinacota, y Tarapacá.

Un tema que merece mayor análisis tiene que ver con posibles cambios de la metodología usada en la actualidad en los catastros frutícolas para que con los mismos recursos se pueda hacer una recolección de datos a muestras representativas que incluya más rubros y un mayor número de variables. Las variables a considerar son aquellas que se requieren para medir y analizar la productividad total de los factores. Es necesario reiterar que obtener mediciones detalladas de capital y mano de obra es crucial para que los catastros sean una fuente confiable de medición de la productividad en la fruticultura chilena. El costo anual de los Catastros Frutícolas es variable y depende de la región donde se levante la información y el número de éstas. En el año 2013 el costo fue de 548 millones de pesos; mientras que el año 2017 el presupuesto asignado fue de 540 millones de pesos (valores nominales).

Respecto del Censo Agropecuario, esta información se ha recopilado cada 10 años, en términos generales. Sin embargo, los datos censales sólo permiten la generación de indicadores de productividad parcial, y agregados a nivel de comuna. Además, no es posible analizar la evolución a nivel predial y sólo se pueden hacer análisis generales. Sin embargo, las experiencias internacionales examinadas abren una oportunidad con miras al nuevo Censo Agropecuario el cual se deberá implementar en el año 2019. El rediseño del cuestionario es fundamental para incorporar variables que permitan analizar indicadores de productividad a nivel intercensal y realizar comparaciones a nivel territorial. También es necesario mencionar que uno de los objetivos principales de un censo agropecuario es la creación de marcos muestrales que luego sirvan para implementar programas anuales de encuestas agropecuarias. Es importante examinar en profundidad la posible integración de los diferentes esfuerzos que se hacen para recolectar información para el sector agrícola con el fin de ampliar la cobertura de los datos manteniéndose dentro de los presupuestos disponibles.

El análisis crítico se construyó en torno a un objetivo estratégico definido como la determinación de brechas que existen en la medición y análisis de la productividad en el sector agrícola chileno. Este objetivo persigue resultados tales como: i) consolidar la medición de la productividad agrícola chilena a través de distintos indicadores; y ii) desarrollar un análisis crítico respecto de la existencia, calidad y confianza de los datos necesarios para la medición. Para el logro del objetivo se propusieron tres focos estratégicos relacionados con la generación de indicadores, revisión de datos existentes y una agenda estratégica, para así disminuir las brechas de información detectadas. La agenda estratégica se esbozó en función de realizar dos grandes planes de mejora: i) incorporar en el diseño del cuestionario preguntas detalladas de insumos y capital; y ii) rediseñar los tamaños muestrales conforme a los recursos disponibles y los marcos muestrales que se generen. Es crucial incorporar estas consideraciones tanto para el levantamiento de información de cultivos anuales y hortalizas, sector pecuario y para los catastros agrícolas, y también para el próximo Censo Agropecuario.

El costo recurrente anual para recolectar información asociada con el sector agropecuario chileno asciende aproximadamente a $ 342.000.000, sin incluir el Catastro Frutícola cuyo monto anual supera los $ 500.000.000. Estas sumas no incluyen el costo de levantar el Censo Agropecuario. Parte del análisis que se debe hacer en la implementación de la Agenda Estratégica incluye determinar si es posible reasignar los recursos existentes con el objetivo de obtener mejores datos y con mayor detalle con respecto a las diferentes variables examinadas. Por otra parte, también cabe considerar si los recursos asignados son suficientes para implementar un sistema efectivo de medición y monitoreo de la

productividad del sector agrícola y subsectores, usando indicadores y métodos idóneos como los que se examinan en este estudio.

El **Capítulo 4** presenta un análisis de productividad usando un panel de datos no balanceado, obtenido del centro de gestión TODOAGRO, que cubre seis años para 477 predios ubicados en las regiones de Los Lagos y de Los Ríos. Estos datos se usaron para estimar diferentes modelos de fronteras estocásticas de producción que representan el estado del arte en este tema. Los resultados de estos modelos se usan para hacer una descomposición del cambio en la PTF (CPTF) para así determinar la contribución de diferentes factores. Los resultados muestran que el promedio de la ET Total (0,917) es relativamente alto comparado con otros estudios y que los rendimientos a escala son levemente crecientes (1,026). El cambio promedio anual en la PTF se estimó en 0,795%. En general, los predios con mayor productividad son los más grandes pero la ET promedio es muy similar en predios de diferente tamaño. El factor con mayor incidencia en el crecimiento de la PTF es el progreso tecnológico, lo que confirma la importancia que tiene la investigación y desarrollo en la productividad. Un hallazgo interesante es el impacto negativo y significativo de la variable sequía.

Los datos utilizados en el estudio econométrico de lecherías provienen de una muestra de agricultores miembros de un centro de gestión que persigue el mejoramiento de la productividad y rentabilidad de sus miembros. Este tipo de productor se auto-selecciona para ser miembro de un centro de gestión y por lo tanto los datos no son estadísticamente representativos lo que limita las inferencias que se puedan hacer para la población de productores. Además, es muy probable que los productores que participan en un centro de gestión como TODOAGRO estén por sobre el promedio de la población de productores con respecto a gestión predial, lo que es consistente con la ET promedio relativamente alta que hemos reportado. Sin embargo, los resultados revelan la importancia de la investigación y desarrollo de tecnologías que contribuyan a la adaptación al cambio climático en predios lecheros.

Finalmente, el meta-análisis reportado en el Capítulo 2 deja muy claro que hay diversas metodologías disponibles para estudiar la PTF. Por otra parte, los Capítulos 3 y 4 dejan en evidencia la carencia de datos representativos de la población que se quiere estudiar. Estos datos serían idealmente de panel y de alta calidad a nivel predial para así poder medir y analizar diferentes aspectos relacionados con productividad. El propósito de estos datos sería generar resultados rigurosos y útiles para el diseño e implementación de políticas públicas y la toma de decisiones a nivel predial. Por lo tanto, la agenda propuesta para reducir la brecha que hay entre las posibilidades metodológicas y sus aplicaciones requiere estudio para luego tomar las medidas que permitan generar buenos datos, a un costo razonable, y tener equipos calificados para analizar esta información y poder diseminar los resultados y sus implicaciones a diferentes actores y grupos interesados.

Índice

CAPÍTULO 1 - Introducción 1
1.1. Objetivo general y objetivos específicos 2
1.2. Organización del estudio 3

CAPÍTULO 2 - Revisión de la literatura de productividad y análisis crítico 4
2.1. Sub-Objetivo 1.a 4
Metodología 1.a 4
Resultados 1.a 5
2.2. Sub-Objetivo 1.b 10
Metodología 1.b 10
Resultados 1.b 12
2.3. Sub-Objetivo 1.c 15
Metodología 1.c 15
Resultados 1.c 16
2.4. Resumen 19

CAPÍTULO 3 - Indicadores de productividad y brechas de información 32
3.1. Introducción 32
3.2. Metodología 32
3.3. Resultados y Discusión 34
3.3.1. Indicadores de rentabilidad, mano de obra, capital y productividad 34
3.3.2. Clasificación de variables 36
3.3.3. Descripción de fuentes de datos 37
3.3.4. Análisis crítico y agenda estratégica 42
3.4. Resumen 44

CAPÍTULO 4 - Productividad en el sector lechero: Estudio econométrico 58
4.1. Introducción 58
4.2. Metodología 58
4.3. Datos 61
4.4. Resultados y discusión 61
4.5. Resumen 63

CAPÍTULO 5 - Resumen y conclusiones 69

GLOSARIO 74

REFERENCIAS 76

ANEXOS A-0
ANEXO 1 - Resumen de las Principales Características de 509 Estudios A-1
ANEXO 2 - Información para estimar las meta-regresiones del Capítulo 2……(Electrónico)
ANEXO 3 - Información para estimar las fronteras de producción del Capítulo 4…….....
……..(Electrónico)

CAPÍTULO 1 - Introducción

La medición y el análisis de la productividad ha motivado un amplio espectro de trabajos teóricos y empíricos en economía desde hace varias décadas (Solow 1956; Ilke 2012). En las últimas dos décadas se ha visto un renovado interés en el estudio de la productividad en general y en el sector agrícola en particular (Christensen 1975; World Bank 2007). Una motivación importante es el desafío de alimentar una población que sigue creciendo acompañado de incrementos en ingresos y así en la demanda de alimentos más refinados, todo esto en un contexto de cambio climático y de un deterioro en los recursos naturales en muchas partes del planeta (World Bank 2016). Se espera que incrementos en ingresos y en la población dupliquen la demanda de productos agrícolas durante los próximos 50 años. Para satisfacer esta demanda creciente se necesita aumentos sustanciales en la productividad agrícola (Fuglie 2010, World Bank 2013).

Por otro lado, la comunidad internacional se ha comprometido a combatir la pobreza como lo refleja la Agenda de Desarrollo del Milenio (United Nations 2015) y más recientemente los Objetivos de Desarrollo Sostenible (UNDP 2016). Los países en desarrollo se enfrentan a un entorno económico cada vez más globalizado, donde el crecimiento de la productividad y la mejora de la competitividad son esenciales para asegurar la prosperidad de sus productores agrícolas, contribuir a la reducción de la pobreza y profundizar su participación en el comercio internacional (World Bank 2007, 2013).

El análisis del crecimiento de la productividad en el tiempo y en el espacio entre países, regiones y predios sigue siendo un tema analítico importante en la economía agraria y en la economía del desarrollo (Dias Avila y Evenson 2010, Gollin 2010, Carletto, Savastano y Zezza 2013).

La medida de productividad más básica se conoce como la productividad promedio de un factor y un ejemplo clásico en agricultura es rendimiento, es decir, la producción total dividida por la superficie total (e.g., quintales de trigo por ha). La productividad promedio de un factor se usa con frecuencia, pero tiene limitaciones serias ya que ignora el resto de los factores de producción. De esta forma, un predio puede tener un alto nivel de quintales por hectárea usando una cantidad relativamente elevada de capital, mano de obra y/u otros factores; pero, la productividad medida como quintales por hectárea ignora el uso de los otros insumos (Morrison 1999; Headey, Alauddin y Rao 2010). Para evitar este problema y poder obtener medidas de productividad más globales se ha desarrollado la medida conocida como productividad total de los factores (PTF) (Coelli *et al.* 2005).

Cambios en la productividad ocurren cuando el (los) producto(s) crecen a una tasa diferente (mayor o menor) que el (los) insumo(s). Hay dos preguntas que emergen en torno a cambios en la PTF: 1) ¿cómo se puede medir este cambio?; y 2) ¿cuáles son los elementos que están detrás del cambio? (Kumbhakar y Lovell 2000). La primera pregunta se puede responder usando números índices para lo cual hay diversas opciones (Coelli *et al.* 2005). El cálculo de números índice requiere información sobre la cantidad y precio de los insumos y productos, y supuestos sobre la tecnología y el comportamiento; pero, no requiere ningún tipo de estimación econométrica. La primera pregunta también se puede responder estimando fronteras estocásticas de producción (FEP) o aplicando métodos no paramétricos como el análisis envolvente de datos (DEA). Estos métodos no requieren información de precios ni supuestos de comportamiento (Kumbhakar y Lovell 2000).

En cuanto a la segunda pregunta, los cálculos de la PTF usando números índices no pueden dar respuesta a ella mientras que la FEP y el DEA si lo permiten. Más aún, la FEP tiene la ventaja de incorporar efectos estocásticos lo que es muy importante al momento de medir productividad en el sector agrícola (Kumbhakar y Lovell 2000; O'Donnell 2014). Por lo tanto, en este estudio el énfasis es en metodologías y resultados asociados con fronteras de producción estocásticas, aunque también se consideran otras alternativas metodológicas. Otro aspecto importante de este estudio es proporcionar insumos para la toma de decisiones relacionadas con el sistema estadístico sectorial y para el diseño de políticas públicas.

1.1. Objetivo general y objetivos específicos

El objetivo general de este estudio es determinar brechas existentes en la medición y en el análisis de la productividad en el sector agrícola chileno. Para alcanzar este objetivo general, se plantean tres objetivos específicos los que incorporan algunos sub-objetivos como pasamos a detallar:

Objetivo Específico 1: Resumir el estado del arte de la medición de la productividad agrícola nacional e internacional y aquí tenemos tres sub-objetivos:

1.a Revisión exhaustiva de la **literatura metodológica** asociada con la medición de la productividad agrícola con énfasis en eficiencia técnica (**ET)** y **fronteras** de **producción estocásticas (FPE)**.

1.b Análisis crítico de **estudios empíricos** en base a un **meta-análisis** de estudios que han utilizado **fronteras de producción** para examinar la **ET**.

1.c Revisión complementaria de estudios de **ET** para Chile y de la Productividad Total de los Factores (**PTF**) para Chile y países referentes.

Objetivo Específico 2: Proponer indicadores de productividad, rentabilidad de la tierra y mano de obra, asociados a cada uno de los subsectores y a nivel agregado de la actividad agrícola. Luego identificar brechas de información para sustentar una agenda estratégica cuyo propósito sea medir y monitorear en el tiempo el comportamiento de la productividad sectorial. Aquí tenemos dos sub-objetivos:

2.a Proponer indicadores de productividad agregados y por subsector; rentabilidad de la tierra y de mano de obra basados en evidencia empírica existente, explicitando en detalle la metodología de cálculo y la información necesaria para realizar la medición.

2.b Desarrollar un análisis crítico respecto a la calidad y confiabilidad de los datos necesarios y suficientes para la construcción de indicadores de productividad, como también explicitar aquellos en donde se requiera levantar información. En base a este análisis se propone una agenda estratégica que permita disminuir las brechas de información detectadas, detallando los pasos necesarios para la obtención de la información faltante y el rol de cada uno de los actores relevantes que se propongan en la citada agenda.

Objetivo Específico 3: Elaborar un estudio de la Productividad Total de los Factores (PTF) para una muestra de predios lecheros usando fronteras estocásticas de producción y una descomposición exhaustiva de los diferentes elementos que explican la evolución del cambio en la PTF.

1.2. Organización del estudio

El resto del estudio está organizado en cuatro capítulos. El Capítulo 2 consiste en una revisión conceptual de metodologías usadas para medir productividad prestando especial atención a modelos de fronteras estocásticas los que han experimentado avances significativos en los últimos años. También se presenta un meta-análisis de medidas de eficiencia técnica (ET) usando modelos de frontera y una revisión complementaria de estudios de ET para Chile y de PTF para Chile y países referentes.

El Capítulo 3 contiene una discusión conceptual de indicadores usados para medir productividad, resume la información disponible en Chile que dice relación con productividad y luego examina brechas detectada entre la información necesaria y la disponible para examinar la productividad a nivel predial y sectorial. Además, se hace una propuesta de cómo las brechas detectadas se podrían abordar.

El Capítulo 4 presenta un estudio econométrico de predios productores de leche usando micro-datos de Los Ríos y Los Lagos.

El Capítulo 5 presenta un resumen, principales conclusiones y recomendaciones que se derivan del estudio.

CAPÍTULO 2 - Revisión de la literatura de productividad y análisis crítico

Este Capítulo presenta el desarrollo del **Objetivo Específico 1** que requiere resumir el estado del arte de la medición de la productividad agrícola nacional. Presentamos la metodología seguida de los resultados para cada uno de los tres sub-objetivos relacionados a la revisión de literatura. El capítulo termina con un resumen.

2.1. Sub-Objetivo 1.a

EL Sub-Objetivo 1.a consiste en una **revisión exhaustiva** de la **literatura metodológica** asociada con la medición de la productividad agrícola con énfasis en eficiencia técnica (**ET)** y **fronteras estocásticas** de **producción (FEP)**.

Metodología 1.a

La metodología utilizada para este objetivo se centra en una revisión detallada de los modelos de fronteras de producción, particularmente modelos estocásticos.

Nuestro énfasis en fronteras de producción estocásticas se debe por un lado a la compatibilidad de estos modelos con la noción neoclásica de maximización o minimización incorporada en las definiciones de funciones de producción, ingresos, beneficios o costos. La popularidad de fronteras de producción estocásticas en la agricultura es corroborada por la abundancia de estudios metodológicos y empíricos en las últimas décadas. Por otra parte, recientemente hemos visto una gran expansión en la aplicación de fronteras de producción estocásticas en la medición de la PTF acompañada de métodos que permiten atribuir el Cambio en la PTF (CPTF) a varios componentes, especialmente cuando se cuenta con datos de panel. Entre estos componentes resaltamos: cambio en ET (CET); cambio tecnológico (CT); cambio en la eficiencia de escala (CEE); diferencias medioambientales, agroecológicas y/o climáticas donde operan las diferentes firmas; y error estadístico (Kumbhakar y Lovell 2000; O'Donnell 2016; Lachaud, Bravo-Ureta y Ludeña 2017). Esta atribución a diversos factores es un elemento crítico para promover la toma de buenas decisiones a nivel privado y para mejorar el diseño de políticas públicas con el fin de incentivar el incremento en la productividad (Fried, Lovell y Schmidt 2008).

Es importante destacar la diferencia entre CT y ET. CT tiene que ver con saltos o cambios en la frontera de producción fruto de la innovación (Färe, Grosskopf y Margaritis 2008). ET se refiere a la distancia que una empresa opera en relación con la frontera y tal distancia se puede medir con una orientación al input o al output. El caso más simple de la frontera de producción considera una tecnología con un output y un input. En este caso, el enfoque orientado al output, que es el comúnmente utilizado en trabajos empíricos, la ET está dada por la relación entre el nivel de output observado y el máximo que se puede producir al operar en la frontera dada una cantidad de insumos, la tecnología y el entorno. En comparación, la orientación al input está dada por la relación entre la cantidad de insumos necesaria para alcanzar un nivel dado de producción si la firma opera en la frontera con respecto a los insumos realmente utilizados.

En resumen, la ET es un índice que oscila entre el 0% y el 100% (0-1). La ET puede interpretarse como una medida indirecta del esfuerzo o desempeño gerencial (Martin y Page

2003; Triebs y Kumbhakar 2013). Se puede definir medidas de ET análogas para tecnologías multi producto-multi insumo (Coelli *et al.* 2005).

Resultados 1.a

En esta sección presentamos una **revisión de la literatura metodológica asociada con la medición de la productividad agrícola,** identificando metodologías de medición, ventajas y limitaciones de ellas, y los datos requeridos para su implementación. El enfoque primordial es en fronteras de producción.

A pesar de haber sido precedido por Debreu (1951) y Koopmans (1951), el artículo seminal de Farrell publicado en 1957 es ampliamente reconocido como el inicio del trabajo en fronteras de producción. La rápida evolución metodológica y empírica ha llegado a conformar un área bien definida en economía de la producción (Fried, Lovell y Schmidt 2008). Farrell (1957) establece un marco para definir y medir diversos tipos de eficiencia: Eficiencia Técnica (ET) mide la capacidad de la empresa para obtener el máximo producto dado un set de insumos, el nivel tecnológico y el entorno; Eficiencia Asignativa (EA) mide el uso de insumos en proporciones óptimas dados sus precios; y Eficiencia Económica (EE) igual a la multiplicación de ET y EA.

En las últimas décadas ha habido un marcado desarrollo en las metodologías de frontera y estos métodos se han aplicado en diversos estudios especialmente en la medición y análisis de ET en varios sectores de la economía y en diferentes países. La evolución metodológica de esta literatura queda evidenciada en Forsund, Lovell y Schmidt (1980), Schmidt (1985-86), Bauer (1990), Seiford y Thrall (1990), Kumbhakar y Lovell (2000), Fried, Lovell y Schmidt (2008), Greene (2008), Thanassoulis, Portela y Despić (2008), entre otros. Por otra parte, varios autores han publicado revisiones y meta-análisis de esta literatura en el sector agrícola incluyendo Battese y Coelli (1992), Battese (1992), Bravo-Ureta y Pinheiro (1993), Thiam, Bravo-Ureta y Rivas (2001), Gorton y Davidova (2004), Bravo-Ureta *et al.* (2007), Moreira y Bravo-Ureta (2009), Darku, Malla y Tran (2013), Ogundari (2014), Minviel y Latruffe (2017), y Bravo-Ureta *et al.* (2017).

Fronteras de producción, y otro tipo de fronteras (e.g., costos, beneficios), se pueden estimar con diferentes métodos, y los más importantes son: 1) Máxima verosimilitud para la estimación de fronteras estocásticas (FEP); y 2) Análisis Envolvente de Datos, conocido por su abreviación en inglés como DEA. Las fronteras de producción también se dividen comúnmente en métodos paramétricos y no paramétricos. Los métodos paramétricos requieren la especificación de una forma funcional para la tecnología (e.g., Cobb-Douglas, Translogarítmica), mientras que los modelos no paramétricos no tienen este requisito, lo que constituye una de sus claras ventajas. Los modelos paramétricos se subdividen en fronteras determinísticas (Bravo-Ureta 1986; Timmer 1970 y 1971; Aigner y Chu 1968) donde toda desviación desde la frontera se atribuye a ineficiencia y fronteras estocásticas donde dicha desviación se separa en ineficiencia y ruido estadístico (Aigner, Lovell y Schmidt 1977; Meeusen y van den Broeck 1977). Una limitación clara de las fronteras determinísticas es que los errores de medición, así como otras fuentes de variación aleatoria, forman parte de la ineficiencia y esto significa que valores atípicos tienen un efecto distorsionador en las medidas de ET (Fried, Lovell y Schmidt 2008).

La FEP, modelo desarrollado por Aigner, Lovell y Schmidt (1977), y Meeusen y van den Broeck (1977), incorpora explícitamente una estructura de error compuesta con un término simétrico de dos lados y otro con una distribución de un lado. El primer término captura errores en la forma

funcional, errores de medición y otro ruido estadístico fuera del control de la empresa, mientras que el segundo término refleja ineficiencia técnica (O'Donnell 2016).

Dado el interés específico que tenemos en la FEP en este estudio, consideramos conveniente presentar este modelo más formalmente que, asumiendo datos de corte transversal, se puede escribir como:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^{K} \beta_{ik} X_{ik} + v_i - u_i \qquad (2.1)$$

donde: Y_i es producción; X_{ik} son insumos (e.g., tierra, trabajo, capital); v_i es el término de error convencional de dos colas; u_i es un término de error de una cola que captura ET, β_0 *y* β_{ik} son parámetros que se deben estimar, y el subíndice *i* denota la i-ésima observación (Aigner, Lovell y Schmidt 1977; Meeusen y van den Broeck 1977). Este modelo se representa gráficamente en la Figura 2.1.

Las fronteras no paramétricas provienen directamente de Farrell (1957) y una de las primeras aplicaciones se debe a las publicaciones de Boles (1967 y 1971) y Bressler (1967). Estudios usando esta metodología demoraron alrededor de 20 años en aparecer en revistas indexadas y el avance se debe en gran parte al trabajo de Seitz (1970, 1971) y de Charnes, Cooper y Rhodes (1978). Las medidas no paramétricas de ET se obtienen utilizando técnicas de programación matemática conocidas como DEA (Simar y Wilson 2007; Thanassoulis, Portela y Despić 2008). Førsund y Sarafoglou (2002) documentan los orígenes del DEA.

Como ya se ha señalado, la característica principal de las fronteras no paramétricas es que no requieren la especificación de una forma funcional, mientras que una limitación importante es que son determinísticas y, por lo tanto, sensibles a valores extremos. Además, los índices de ET generadas por métodos no paramétricos pueden ser sensibles al número de observaciones disponibles. Sin embargo, Daraio y Simar (2007), y Simar y Wilson (2008), entre otros, han desarrollado métodos rigurosos para abordar la cuestión de valores extremos.

Los estudios de fronteras también pueden separarse de acuerdo a un enfoque primal o dual, dependiendo de los supuestos de comportamiento subyacentes. El enfoque primal ha sido más común en la estimación de fronteras ya que no requiere datos de precios, a menudo difíciles de obtener a nivel de empresa/predio, ni se basa en supuestos de comportamiento como minimización de costos o maximización de beneficios (Coelli *et al.* 2005). Cabe señalar que la validez de los modelos duales ha sido cuestionada en el contexto de la agricultura de países en desarrollo, particularmente cuando la maximización del beneficio es la hipótesis mantenida (e.g., Junankar 1980).

Una ventaja importante que los modelos no paramétricos gozaron durante un tiempo es su capacidad de acomodar fácilmente tecnologías multi-input multi-output dentro de una especificación primal. Por el contrario, para adaptarse a tales tecnologías, los modelos paramétricos tuvieron que apelar inicialmente a fronteras duales de costo o de utilidad que, como ya se indicó, presentaban desafíos asociado con la necesidad de contar con datos de precios, así como la necesidad de hacer supuestos de comportamiento (e.g., Ali y Flinn 1987).

Avances recientes en la literatura paramétrica estocástica han permitido la estimación de tecnologías multi-input o multi-output por medio de funciones de distancia (input o output). La principal ventaja de una función de distancia es que no requiere información de precios y estos modelos se pueden estimar sin asumir separabilidad insumo-producto (Coelli *et al.* 2005). Otra extensión es la función de distancia direccional, una generalización de las funciones de

distancia, que permite simultáneamente la expansión de los outputs y la reducción de los inputs hacia puntos que se encuentran en la frontera que dominan la observación que se está evaluando (Färe, Grosskopf y Margaritis 2008). Las funciones de distancia direccional también se han utilizado para incorporar outputs nocivos (e.g., contaminación, equivalentes de CO_2) y examinar la compensación o *trade-off* entre outputs buenos y nocivos (e.g., Njuki y Bravo-Ureta 2015; Njuki, Bravo-Ureta y Mukherjee 2016).

Las fronteras de producción también pueden caracterizarse según el tipo de datos utilizados, es decir, datos de sección transversal o de panel. La estimación de fronteras estocásticas usando datos de panel ha experimentado un progreso considerable durante la última década. Greene (2005a; 2005b) ha introducido modelos que combinan la estructura de la frontera estocástica con efectos fijos o efectos aleatorios, dando origen a los modelos *True Fixed Effects* (TFE) y *True Random Effects* (TRE), respectivamente. Estos modelos permiten identificar y cuantificar heterogeneidad inobservable e invariante en el tiempo.

Una extensión de los modelos de Greene (2005a; 2005b) es permitir que los parámetros estimados, no sólo el intercepto sino también las pendientes, se consideren aleatorios y el fundamento de esta formulación es el trabajo de Hildreth y Houck (1968). El supuesto tradicional de funciones de producción al igual que de fronteras de producción es que las diferentes unidades (e.g., predios, empresas) tienen acceso a la misma tecnología y sólo difieren con respecto a la cantidad de insumos utilizados, y en el caso de fronteras, su grado de ineficiencia. De acuerdo a Tsionas (2002), estos supuestos pueden ser muy rígidos ya que no permiten incorporar diferencias en la tecnología de producción y/o variaciones en las características del entorno de producción que están fuera del control de la empresa y no son observadas por el investigador. El modelo que combina parámetros aleatorios con una frontera de producción estocástica lo denominamos *Random Parameters Stochastic Production Frontier* (*RP-SPF*).

Otro aspecto del *RP-SPF* es que en cierta manera se puede considerar como una alternativa al uso de formas funcionales flexibles. Estas últimas, como la Translogarítmica, tienen ventajas ya que permiten obtener elasticidades de producción (por lo tanto, retornos a escala) y de sustitución que varían con cada observación incluida en la serie de datos. Sin embargo, las formas funcionales flexibles son teóricamente poco plausibles porque no cumplen globalmente las propiedades de curvatura (Reynès 2017; Sauer *et al.* 2006; Diewert and Wales 1987; Guilkey, Lovell y Sickles 1983). Por lo tanto, si se combina una forma funcional teóricamente bien comportada, como la Cobb-Douglas, con el *RP-SPF* se puede lograr flexibilidad y al mismo tiempo preservar propiedades provenientes de la teoría de economía de la producción (Greene 2005).

Para contrastar el modelo de FEP convencional que se presenta en la ecuación (2.1) escribimos aquí el *RP-SPF* de la siguiente forma:

$$Y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^{K} \beta_{ik} X_{kit} + \tau_i T_i + \upsilon_{it} - u_{it} \qquad (2.2)$$

donde Y_{it} es la producción para la *i-ésima* unidad productiva en el período *t*; X_{kit} es un vector de insumos; T es una variable de tendencia que mide cambio tecnológico; α_i es un intercepto aleatorio que captura heterogeneidad no observable e invariante en el tiempo; β_{ik} es una matriz de parámetros aleatorios con dimensión $(i \times k)$; y τ_i es el parámetro aleatorio de T_i. El término υ_{it} es un error aleatorio con distribución normal $(\upsilon_{it} \sim iid\ N(0, \sigma_v^2))$, y u_{it} es un término de error no observado de una cola que representa ineficiencia técnica y puede seguir diferentes distribuciones siendo la media-normal una de las usadas con mayor frecuencia. Cuando los

parámetros β y τ no son aleatorios y α_i son efectos fijos (aleatorios) el *RP-SPF* se transforma en el modelo *TFE (TRE*) (Greene 2005).

Más recientemente, varios autores han presentado y aplicado modelos que descomponen la ET en un componente persistente (largo plazo) y un componente transitorio (corto plazo). Este modelo, denominado en inglés *Generalized True Random Effects* (*GTRE*), también incorpora un término que captura heterogeneidad no observable e invariante en el tiempo y ruido estadístico (Filippini y Greene 2016; Kumbhakar, Lien y Hardaker 2014; Tsionas y Kumbhakar 2014). El modelo *GTRE* se puede representar como:

$$ln\, Y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^{K} \beta_k \, ln\, X_{kit} + \delta_1 T_t - \eta_i + \nu_{it} - \mu_{it} \qquad (2.3)$$

donde $Y,\ X\ y\ T$ se definen tal como se hizo en la ecuación (2.2); α_i mide la heterogeneidad no observable; η_i representa la ET persistente o invariante en el tiempo; v_{it} es el error estadístico; y u_{it} es la ET transitoria o variante en el tiempo. La ET persistente captura problemas estructurales en la organización del proceso productivo o deficiencias sistemáticas en capacidades de gestión que no varían en un período 'razonable' de tiempo (Filippini y Greene 2016). Por otro lado, la ET transitoria refleja problemas de gestión no sistemáticos relacionados con condiciones de corto plazo (Tsionas y Kumbhakar 2014).

Estas metodologías recientes ofrecen oportunidades analíticas interesantes, pero el desafío es desarrollar las series de datos necesarias para aprovechar al máximo los métodos emergentes. Un área importante donde se pueden aplicar estas metodologías es en el análisis del cambio de la productividad total de los factores como lo veremos en el Capítulo 4.

Otro tema en la literatura de fronteras tiene que ver con esfuerzos encaminados a explicar la variabilidad en la ET. El enfoque original consiste en dos etapas donde en la primera se estima ET utilizando cualquiera de los modelos que hemos discutido. En la segunda etapa ET es la variable independiente en un modelo de regresión donde los regresores incluyen típicamente variables socioeconómicas y ambientales (Bravo-Ureta y Pinheiro 1993; Greene 2008). Varios investigadores han examinado la validez del procedimiento de dos etapas y la evidencia indica claramente que este enfoque conduce a resultados sesgados o no válidos independiente de si en la primera etapa la ET se genera con modelos paramétricos o no paramétricos, determinísticos o estocásticos (Wang y Schmidt 2002; Simar y Wilson 2007). Tomando una posición muy clara, Fried, Lovell y Schmidt (2008) afirman: 'Esperamos no ver más modelos de ET en dos etapas' (p.39).

Las objeciones a los modelos de dos etapas han motivado el desarrollo de procedimientos de un solo paso en la literatura de fronteras estocásticas, donde el modelo más utilizado es el introducido por Battese y Coelli (1995). También se ha avanzado en la explicación de ET en la literatura no paramétrica por medio de técnicas de *bootstrapping*. Simar y Wilson (2007; 2008) sostienen que varios estudios que han aplicado métodos de dos pasos para explicar la variación en ET derivada de modelos DEA, han producido resultados que carecen de validez. El primer problema que señalan dichos autores es que frecuentemente estos estudios no describen el proceso de generación de datos que pudiese justificar un modelo de regresión en la segunda etapa (Simar y Wilson 2008). Un segundo problema, aún más serio que el primero, y que afecta a todos los estudios en dos etapas, se deriva del hecho de que las estimaciones de eficiencia de DEA están correlacionadas lo cual invalida cualquier inferencia con respecto a los parámetros de la regresión del segundo paso. Los autores presentan un proceso de generación de datos que proporciona la base para aplicar una regresión de segundo paso para índices de ET generados por DEA. Los autores luego presentan un modelo de doble *bootstrap*

y argumentan que este procedimiento genera resultados válidos. Ejemplos de aplicaciones de este procedimiento en la agricultura incluyen Latruffe, Davidova y Balcombe (2008), Balcombe *et al.* (2008), y Keramidou y Mimis (2011).

Otro aspecto emergente en la literatura de fronteras tiene que ver con modelos estocásticos para corregir sesgos de selección que incluye el trabajo de Kumbhakar, Tsionas y Sipiläinen (2009), Lai, Polachek y Wang (2009), y Bravo-Ureta, Greene y Solís (2012). Estos últimos autores combinan el modelo de Greene (2010) con Índices de Propensión para mitigar sesgos de variables no observables y observables, respectivamente. El objetivo es separar el impacto que proyectos de desarrollo tienen en el crecimiento del producto proveniente de un salto en la frontera de producción debido al cambio tecnológico y en mejoras en la capacidad de gestión cuando sólo se dispone de datos transversales (Bravo-Ureta 2014). El modelo se aplica a datos generados por el Proyecto MARENA en Honduras. Otras aplicaciones del modelo de Bravo-Ureta, Greene y Solís (2012) incluyen el trabajo de González-Flores *et al.* (2014) para una muestra de pequeños productores de papas en Ecuador; Villano *et al.* (2015) que investigan el impacto de la adopción de semillas certificadas en la productividad de productores de arroz en Filipinas; Abdulai y Abdulai (2017) que analizan el impacto de prácticas conservacionistas en Zambia; y De los Santos y Bravo-Ureta (2017) quienes analizan el impacto del Programa POSAF II en Nicaragua.

Otra área que está recibiendo atención en la literatura reciente se refiere a la posible endogeneidad de los insumos en las FEP. Zellner, Kmenta y Drèze (1966) introdujeron lo que se ha convertido en la justificación clásica para las estimaciones econométricas de funciones de producción. Estos autores asumen que las empresas maximizan el valor esperado de los beneficios en lugar de los beneficios observados. Más recientemente, varios autores como Tran y Tsionas (2013), y Shee y Stefanou (2014) han propuesto enfoques alternativos para abordar la endogeneidad en fronteras estocásticas basados en trabajos previos de Olley y Pakes (1996), Levinsohn y Petrin (2003), y Kutlu (2010), entre otros. Latruffe *et al.* (2017) introducen una nueva metodología para abordar endogeneidad y estudian el efecto de subsidios en la ET de muestras de productores de leche en nueve países de la Unión Europea.

Es importante subrayar que hay importantes avances metodológicos sobre fronteras paramétricas y no paramétricas. De acuerdo a Fried, Lovell y Schmidt (2008), ambos tipos de fronteras tienen importantes similitudes y diferencias. Los dos enfoques son herramientas analíticas rigurosas para medir eficiencia con relación a una frontera. Dichos autores resumen las diferencias entre los dos enfoques en dos puntos esenciales: [1] El enfoque estocástico (econométrico) distingue entre ruido estadístico e ineficiencia, y permite hacer inferencias estadísticas; y [2] El enfoque no paramétrico (programación matemática) evita confusiones entre ineficiencia y efectos que puedan venir de errores asociados con la especificación de una forma funcional arbitraria.

A pesar de las observaciones conciliatorias de Fried, Lovell y Schmidt (2008), O'Donnell (2014) sostiene que los 'supuestos básicos del DEA son casi siempre inválidos y por lo tanto la mayoría, si no todos, los estimadores de DEA son inconsistentes' (p. 22). Más aún, O'Donnell, citando a Simar y Wilson (2000), indica que 'la consistencia es una propiedad esencial de cualquier estimador (p. 56) y si los datos contienen ruido, los estimadores DEA son inconsistentes, y en ese caso pareciera que la única opción es recurrir a fronteras estocásticas' (p. 76).

Es evidente que la controversia entre las fronteras estocásticas y los modelos no-paramétricos no está resuelta. Sin embargo, antes de concluir esta sección, debemos indicar que varios

autores han reconocido la importancia de reconciliar estas dos ramas de la literatura. Aquí resaltamos el trabajo de Kuosmanen y Kortelainen (2012) quienes han introducido un modelo semi-paramétrico que combina aspectos del DEA y de fronteras estocásticas. Para estimar este modelo, los autores proponen un nuevo método en dos etapas el que han llamado StoNED (*Stochastic Non-smooth Envelopment of Data*). Los autores demuestran la aplicación de StoNED por medio de métodos de simulación y también presentan una extensión del modelo a datos de panel. En un trabajo posterior, Kuosmanen, Saastamoinen y Sipiläinen (2013) aplican el modelo usando datos de firmas que distribuyen electricidad en Finlandia. Al parecer, StoNED no ha sido aplicado para estudiar ET en el sector agrícola.

Esta sección proporcionó una visión de la evolución de los enfoques metodológicos claves que se han desarrollado y aplicado para examinar ET en el sector agrícola. A continuación, presentamos un análisis de meta-regresión usando datos obtenidos de un total de 509 estudios publicados en revistas indexadas. Además, presentamos una discusión de estudios publicados en diversos medios focalizados en la ET de la agricultura chilena y en la PTF sobre Chile y países referentes.

2.2. Sub-Objetivo 1.b

El Sub-Objetivo 1.b persigue un **análisis crítico** de **estudios empíricos** en base a un **meta-análisis** de estudios que han utilizado **fronteras de producción** para examinar la **ET**.

Metodología 1.b

La metodología para este objetivo es un meta-análisis de estudios que han utilizado fronteras de producción para examinar ET. Un aspecto clave en un meta-análisis es realizar una revisión exhaustiva y sistemática de la literatura para desarrollar la lista de estudios que se incluyen en la investigación. El punto de partida para el trabajo realizado aquí es la base de datos desarrollada por Bravo-Ureta *et al.* (2017) la cual por su lado parte del estudio de Bravo-Ureta *et al.* del 2007. Para el presente estudio, se realiza una nueva búsqueda exhaustiva que va del 1980 hasta mediados del 2017 utilizando las siguientes bases de datos: EBSCOhost, Econlit, Academic Search Premier, Agricola, Scopus e ISI Web of Knowledge que incluye Agris International, Science Direct y Social Science Citation Index. Esta búsqueda se limita a trabajos publicados en revistas indexadas debido al gran número de estudios de fronteras disponibles. Los términos utilizados en las búsquedas son: *technical efficiency, farming, agriculture, productivity* y *frontier*. Para el caso de estudios que usan datos de Chile, también se incluye una búsqueda online de la literatura gris.

La base de datos que hemos desarrollado a partir de la búsqueda en revistas indexadas contiene un total de 509 estudios y 1.083 casos. En este contexto, un caso representa un valor de Eficiencia Técnica Promedio (ETP) reportado por un estudio a partir de una especificación de un modelo en particular y una base de datos dada. Si el estudio reporta varias ETP de una especificación dada, por ejemplo, ET por año para un modelo de datos de panel, entonces sólo informamos el promedio aritmético de todos los años como un valor de ETP o caso. Por otro lado, si un estudio reporta diversos valores basados en diferentes especificaciones de un modelo (e.g., Cobb Douglas vs. Translogarítmica) o diferentes bases de datos (e.g., una ETP para un modelo estimado para trigo y luego otra para un modelo usando datos de maíz) consideramos cada ETP como un caso diferente.

Análisis descriptivo y meta-regresión: Una vez generada la base de datos se realiza un análisis descriptivo de los datos de acuerdo a una serie de características importantes de los estudios. Luego, para la base de datos de los 509 estudios se estiman meta-regresiones para explicar la variación en la ETP en función de diversos atributos reportados en los estudios.

En la selección de la metodología para estimar los modelos de meta-regresión, es necesario tomar en cuenta que la variable dependiente (ETP) es continua pero definida en el intervalo 0-1. Estimaciones con este tipo de variables se han hecho por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) pero este modelo, tal como lo explica Judge *et al.* (1988), no es apropiado. Otro enfoque común, tal vez el más común, es explicar la variabilidad en ET usando modelos Tobit con dos límites (Simar y Wilson 2007; Greene 2002). Sin embargo, el Tobit supone que hay una variable latente (no observada) de interés lo que no es el caso con ET.

Ramalho, Ramalho y Henríquez (2010) muestran que el proceso de generación de datos de ET no es compatible con el modelo Tobit. Simar y Wilson (2007), y McDonald (2009) también critican el uso de modelos Tobit argumentando que los valores de ET se conocen una vez estimados y no son el resultado de un mecanismo de censura, sino que son datos fraccionales. Además, McDonald (2009) sostiene que si bien es cierto que la estimación de modelos Tobit con datos fraccionales es inapropiada, dichas estimaciones tienden a ser similares a los resultados que se obtienen con MCO. Estos autores concluyen que el Modelo de Regresión Fraccional (MRF) es relativamente complejo pero correcto y recomendable cuando la variable dependiente es fraccional. El MRF se calcula utilizando un estimador de cuasi máxima verosimilitud el cual es consistente y tiene una distribución asintóticamente normal (Davidson y Mackinnon 2004).

Ramalho, Ramalho y Murteira (2011) indican que el MRF es apropiado cuando la variable dependiente está en el intervalo 0-1 incluso en casos donde hay valores extremos (0 o 1). Por su parte, Ramalho, Ramalho y Henríquez (2010) analizan varias especificaciones alternativas del MRF, consistentes con la formulación de Papke y Wooldridge (1996) para modelos Logit y Probit. Estos últimos autores también aplican dos especificaciones alternativas, la loglog y la cloglog, e implementan varias pruebas estadísticas para comparar los resultados de los diferentes modelos. Ogundary (2014) mantiene la especificación original de Papke y Wooldridge (1996) y aplica este enfoque para examinar la ET de predios agrícolas ubicados en África.

Ahora pasamos al MRF usado para explicar la variabilidad en la ETP en función de los atributos claves usando la información contenida en los estudios incluidos en la meta data. Como ya se mencionó, de los 509 estudios se obtiene un total de 1.083 observaciones que incorporan todas las variables necesarias para la estimación. Varios estudios incluyen modelos alternativos y reportan diferentes estimaciones de ET, y es por eso que el número de estudios es menor al número de casos.

La forma general del modelo de meta-regresión que se estima en esta sección se puede escribir de la siguiente forma:

$$ETP = f(X) + \varepsilon \qquad (2.4)$$

donde: *ETP* es la Eficiencia Técnica Promedio para cada caso obtenida de la meta-data y X es un vector de variables explicativas que incluye diferentes atributos de la estimación y ε es el término de error. El vector X incluye las siguientes variables:

FEP: 1 si el modelo es una frontera estocástica de producción
PAR: 1 si el modelo es paramétrico
CTR: 1 si el modelo se estima con datos de corte transversal
FCD: 1 si la forma funcional es Cobb-Douglas
FTL: 1 si la forma funcional es Translogarítmica
NVA: Número de variables explicativas en la frontera incluyendo términos lineales, cuadráticos (en el caso de la Translogarítmica), y variables binarias
APU: El año de publicación del estudio
IT1: 1 si el modelo explica ET en un paso
IT2: 1 si el modelo explica ET en dos pasos
ARR: 1 si el producto analizado es arroz
TRI: 1 si el producto analizado es trigo
MAI: 1 si el producto analizado es maíz
LEC: 1 si el producto analizado es leche
UPR: 1 si el modelo incluye solamente un producto
AFR: 1 si la región estudiada es África
ASI: 1 si la región estudiada es Asia
EUE: 1 si la región estudiada es Europa del Este
LAC: 1 si la región estudiada es Latino América o el Caribe
AMN: 1 si la región estudiada es Norte América. La región omitida es Europa Occidental y Oceanía

Resultados 1.b

Análisis descriptivo: La Tabla 2.1 presenta la media de ETP (METP) de acuerdo a diferencias metodológicas de los estudios analizados. La Tabla muestra que la METP para los 1.083 casos reportados en los 509 estudios es igual a 73,9%. Las diferencias entre las diversas características metodológicas no son muy marcadas con algunas excepciones: datos de panel generan una METP que es 4,7 puntos porcentuales mayor que datos de corte transversal; y la función Translogarítmica exhibe varios puntos porcentuales mayor que la Cobb-Douglas y que la categoría 'Otra', la que básicamente incluye los estudios no-paramétricos.

La Tabla 2.2 muestra la METP de acuerdo a diferentes atributos de los estudios. Aquí hacemos notar que, al comparar los resultados según región geográfica, Latino América tiene la menor METP (62,2%) seguida por África (66,8%). La mayor METP es para Norte América (79,2%).

La Figura 2.2 muestra la evolución en el tiempo de modelos no-paramétricos y paramétricos y vemos un aumento en ambos tipos de estudio llegando a un máximo alrededor del año 2012 y luego se observa una baja notable. Especulamos que esta disminución en estudios de ET se debe a la creciente dificultad en publicar este tipo de trabajos en revistas indexadas a no ser que incorporen innovaciones metodológicas u otras contribuciones que vayan más allá de un simple análisis de ET.

La Figura 2.3 muestra la evolución temporal de estudios de acuerdo al tipo de datos usados. Los resultados indican que estudios con datos de corte transversal son más numerosos que estudios con datos de panel y estos últimos empiezan a tomar importancia después del 1990, lo que sin duda es un reflejo de avances metodológicos y del creciente esfuerzo para generar datos de panel.

Meta-regresión: La Tabla 2.3 contiene los resultados de cuatro especificaciones alternativas de MRF que persiguen explicar la variabilidad en *ETP.* Para todos los casos, se incluyen 987 observaciones del total de 1.083 porque algunos casos no contienen todas las variables utilizadas en la estimación listada anteriormente. El Modelo 1 no toma en cuenta el sesgo de publicación e ignora efectos fijos geográficos. El Modelo 2 amplía el Modelo 1 al incluir un conjunto de cinco variables binarias para capturar los efectos geográficos. Los Modelos 3 y 4 capturan el sesgo de publicación sin y con efectos geográficos fijos, respectivamente.

En cuanto a las expectativas a priori del signo de los parámetros, Ogundary (2014) incluye una variable que refleja el año de los datos usados en los diversos estudios para analizar la evolución temporal de la ET. Este autor argumenta que, para África su área focal, una tendencia negativa sería indicación de que la ET habría contribuido negativamente al crecimiento de la PTF en la agricultura africana. Dicho autor también incluye diversas variables de control como la metodología utilizada, los datos, la forma funcional, el tipo de producto, el tamaño de la muestra y la ubicación geográfica sin expresar expectativas a priori sobre el signo de los parámetros respectivos. Además, Bravo-Ureta *et al.* (2007) sugieren que los estudios determinísticos no paramétricos (DEA) típicamente arrojan varios índices de ET igual a 100% los que tienden a aumentar la ETP.

En este estudio formulamos algunas hipótesis con respecto a los efectos que esperamos para algunos de los regresores incluidos en las meta-regresiones. Una de estas hipótesis es que, en base a resultados en la literatura (Bravo-Ureta *et al.* 2007), el nivel de ingresos de un país, incorporado por medio de efectos fijos, se correlaciona positivamente con la *ETP*. Se espera que países con mayores ingresos tengan mejores redes educativas y de información lo que reduciría el número de productores ineficientes. Además, es probable que las operaciones que se especializan en un producto exhiban mayor ET con respecto a otras que producen varios productos, ya que en el primer caso el productor tendría un conocimiento más profundo de las prácticas agrícolas. Además, y de acuerdo con Greene (2008), los modelos que dependen de datos de panel deberían arrojar estimaciones más precisas y con una *ETP* más alta comparado con modelos estimados a partir de datos de corte transversal.

Primero comparamos el Modelo 1 versus el Modelo 2 (Restringido versus No restringido, respectivamente) y no aceptamos la hipótesis nula del modelo restringido; es decir, los coeficientes de las variables ficticias regionales no son conjuntamente cero en base al criterio de desviación (DC), que es una estadística de calidad de ajuste aplicable cuando se usa QMLE. El modelo con menor desviación supera a los demás (Cameron y Windmeijer 1996; Collett 2003; Greene 2008). Los modelos 3 y 4 se basan en regresiones ponderadas por el número de observaciones en cada estudio lo que permite mitigar el sesgo de publicación. De acuerdo con el criterio DC, el Modelo 4 supera al Modelo 3. Finalmente, utilizando la misma prueba estadística DC, comparamos los modelos 2 y 4, y el resultado muestra que el Modelo 4 (Tabla 3), que toma en cuenta el posible sesgo de publicación, es la especificación preferida. En consecuencia, la discusión que sigue se basa en los resultados del Modelo 4.

Los resultados econométricos del Modelo 4 muestran que 11 de los 19 parámetros (excluyendo la constante) son estadísticamente significativos. Los coeficientes estimados no se pueden interpretar directamente; por lo tanto, calculamos el promedio de efectos marginales los que se muestran junto con sus errores estándar, basados en el método delta, en las dos últimas columnas de la Tabla 3.

Las variables *FEP* y *PAR* capturan el efecto de la metodología utilizada para estimar la frontera donde la categoría excluida para *FEP* es fronteras determinísticas y para *PAR* es el enfoque no

paramétrico. El signo positivo y la significación estadística del parámetro para *FEP* indica que este tipo de especificación del modelo arroja consistentemente mayores ETP que las fronteras determinísticas. Para ilustrar como interpretar los efectos marginales, tomemos el efecto marginal para FEP que es igual a 0,102. Este valor indica que, *ceteris paribus*, los casos que usan un modelo FEP tienen en promedio una ETP que es 10,2 puntos porcentuales más alta que la de estudios determinísticos (categoría omitida). En comparación, Bravo-Ureta *et al.* (2007) utilizan tres variables para capturar el efecto de la metodología: frontera estocástica paramétrica, fronteras determinísticas paramétricas y la categoría omitida son los estudios no paramétricos. Los resultados muestran que la última categoría exhibe un *ETP* significativamente mayor que el enfoque paramétrico determinístico. En contraste con nuestros resultados, Ogundary (2014) informa niveles más altos de *ETP* para estudios paramétricos en África para el período 1984-2013. Este mismo autor dividió los datos en dos períodos (1984-2003 y 2004-2013) y reporta valores negativos, pero no significativos de ETP para el primer período y valores significativos y positivos para el segundo. Sin embargo, el autor utiliza no solo los artículos publicados en revistas indexadas sino también en la literatura gris (i.e., documentos de trabajo, trabajos presentados en congresos y tesis).

La variable *CTR* agrupa los estudios que usan datos de corte transversal y el parámetro del efecto marginal es negativo pero no significativo para el Modelo 4. Este resultado no está en línea con Bravo-Ureta *et al.* (2007) y Ogundary (2014) y no respalda la noción de que los modelos de frontera que usan datos transversales arrojan estimaciones de ET más bajas. Los resultados muestran que el número de variables explicativas (*NVA*) incluidas en la regresión afecta positivamente y significativamente la *ETP* pero el valor del parámetro estimado es muy bajo. Bravo-Ureta *et al.* (2007) incluyen en su meta análisis la relación entre el número de variables explicativas y el número de observaciones y esta relación tiene un efecto significativo en la *ETP*. Algunos estudios buscan explicar la variabilidad en ET en función de diversas variables y esto se ha hecho utilizando un enfoque de uno o dos pasos. Los resultados muestran que los estudios que explican ET reportan un valor más bajo de ETP comparado con los que no lo hacen, independiente de si se usa uno o dos pasos. Además, los modelos que usan un enfoque de un paso tienen la tendencia de informar una ET ligeramente más baja que aquellos que usan un enfoque de dos pasos.

Nuestro modelo de meta regresión también incluye una variable continua (*APU*) que indica el año de publicación de cada estudio. Los resultados muestran que el año de publicación tiene un impacto positivo en las estimaciones de *ETP,* pero significativo sólo al 10%. En cuanto al tipo de producto, incluimos en los modelos variables dicotómicas para cereales (arroz y trigo), maíz y leche ya que estos productos han recibido una atención considerable en la literatura de ET. La categoría omitida es el resto de los productos agrícolas. Nuestros resultados indican que los estudios de predios lecheros exhiben los niveles de *ETP* más altos (efecto marginal igual a 0,145) comparado con la categoría omitida y este hallazgo es consistente con Bravo-Ureta *et al.* (2007). Ogundary (2014) muestra que estudios centrados en granos encuentran niveles de ET significativamente menor en comparación con el resto de los productos.

Los coeficientes para todas las variables ficticias regionales son estadísticamente significativos (excepto para *EUE*) y negativos (excepto para *ASI*). Es decir, para el resto de las regiones, los valores de *ETP* informados varían, *ceteris paribus*, según la región donde se realizó el estudio. La categoría excluida para este grupo de variables ficticias son los países ubicados en Europa Occidental y Oceanía. En particular, los resultados sugieren que la *ETP* para *ASI* es significativamente mayor en comparación con todas las otras regiones, mientras que para *LAC* es significativamente menor (efecto marginal igual a -0,210). Las formas funcionales no parecen afectar la *ETP*, lo que contradice los resultados del análisis descriptivo (Tabla 2.1) y de

ahí la importancia de realizar un análisis multivariado.

2.3. Sub-Objetivo 1.c

El Sub-Objetivo 1.c persigue realizar una **revisión complementaria** de estudios de **ET** para Chile y de la Productividad Total de los Factores (**PTF**) para Chile y países referentes.

Metodología 1.c

En términos generales, productividad parcial se define como la relación output/input (producto vs insumo) y de forma similar la Productividad Total de los Factores (PTF) corresponde al índice entre el (los) productos e insumo(s) utilizados. Durante muchos años la medición del cambio en la PTF se ha realizado a través de números índices que no satisfacen todos los axiomas que se requieren para tener un buen comportamiento de estos indicadores (O'Donnell 2016).

La literatura reporta que los Números Índices basados en Precios (NIP), siendo Törnqvist y Fisher los más empleados (Coelli *et al.* 2003), tienen como principales ventajas el que se pueden hacer comparaciones de la PTF con pocas observaciones (con un mínimo de dos observaciones), y el resultado es fácilmente repetible y transparente. La desventaja de los NIP es que se requiere información de precios para generar la agregación de productos e insumos, y no se puede descomponer la medición de la PTF en sus diferentes componentes o elementos para así explicar el cambio en la PTF (CPTF) ya sea espacial o temporalmente. Si el interés es explicar o descomponer el CPTF, se requiere estimar la tecnología a través de la construcción de fronteras de producción, lo que tiene como principal desventaja, independiente del procedimiento empleado en su estimación (Frontera de Producción Estocástica o DEA), se requiere de un elevado número de observaciones que permitan una estimación robusta.

El crecimiento de la productividad se define comúnmente como la parte del crecimiento del producto que no puede explicarse por el incremento de los insumos, bajo el supuesto de que las empresas están produciendo en la frontera (Ahmad y Bravo-Ureta 1995). Si se ignora la ineficiencia, el crecimiento de la productividad es sinónimo de CT (Morrison 1999). Nishimizu y Page (1982) fueron los primeros en descomponer el crecimiento de la productividad en el Cambio Tecnológico (CT) y el Cambio en la Eficiencia Técnica (CET) utilizando fronteras de producción, incorporando también el efecto de los insumos (o efecto tamaño). Más recientemente, Kumbhakar y Lovell (2000), siguiendo a Bauer (1990), ampliaron la descomposición de CPTF en fronteras estocásticas mediante la incorporación del Cambio de Eficiencia de Escala (CEE) y el Cambio de Eficiencia Asignativa (CEA). La descomposición de la productividad es crucial en la formulación de criterios apropiados que podrían adoptarse para reasignar recursos para promover el crecimiento de la PTF de manera coherente con los objetivos de las políticas públicas (Ahmad y Bravo-Ureta 1995; O'Donnell 2010).

Recientemente, O'Donnell (2016) propone un índice general para la medición del índice de PTF, el cual satisface varios axiomas básicos de la teoría de números índices, incluyendo monotonicidad, homogeneidad lineal, identidad, conmensurabilidad, proporcionalidad y transitividad. Por el contrario, los índices de productividad ampliamente utilizados, como el de Fisher, Törnqvist y Malmquist, no satisfacen todos estos axiomas en particular transitividad, que es una propiedad crítica al hacer comparaciones entre diferentes unidades productivas ya sea en el espacio o en el tiempo. El axioma de transitividad indica que una comparación directa de

la PTF entre dos unidades productivas (e.g., predios) debe producir la misma estimación del CPTF que una comparación indirecta a través de una tercera unidad.

El índice general de O'Donnell se obtiene dividiendo un índice general de cantidad de producto por un índice general de cantidad de insumo. Estos índices son generales en el sentido de que anidan a otros índices apropiados como casos especiales. Por ejemplo, si no hay variables ambientales en el proceso de producción y no hay cambio técnico, entonces los índices generales de producción y de cantidad de insumos se convierten en los índices encontrados en Färe y Primont (1995). Además de satisfacer todas las propiedades mencionadas anteriormente, el índice general de la PTF puede descomponerse en medidas de cambio ambiental, progreso tecnológico, y cambio técnico y de escala (O'Donnell 2016).

La búsqueda de estudios de ET con datos de Chile se realizó incluyendo trabajos en inglés y español. Se incluyeron publicaciones en journals, working papers, capítulos de libros, y tesis de grado (literatura gris). La búsqueda de información se realizó hasta septiembre del 2017.

Además de la búsqueda relacionada a estudios de ET, se realiza una búsqueda que incluye publicaciones en revistas indexadas y trabajos en la literatura gris que reportan medidas y análisis de la PTF para Chile y algunos países referentes como Argentina, Brasil, Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda. Luego de construir una base de datos con los estudios recabados hacemos una descripción de las medidas de PTF encontradas.

Resultados 1.c

Eficiencia Técnica: La Tabla 2.4 muestra un total de 15 estudios los que reportan un nivel de ET que va desde 50% a 91%. El primer trabajo es de Rivas en 1996, y luego se presenta un período de 10 años sin publicaciones llegando al 2006 cuando hay dos estudios y el último es un trabajo publicado el 2016.

En la mayoría de los trabajos (11 de 15) se usan datos de corte transversal, lo que limita el tipo de análisis que se puede realizar. Hay cuatro estudios que utilizan datos de panel, pero tres de ellos emplean la misma base de datos con alguna propuesta diferente en el enfoque metodológico de las estimaciones. Esto último evidencia que hay falta de datos, especialmente en el caso de datos de panel.

Los estudios en ET consideran diferentes rubros (e.g., trigo, papa, frambuesas, uva vinífera, frutales, lechería, ganado bovino). En 11 de los 15 estudios se analiza un producto como variable dependiente, y en el resto que incluyen más de un producto se emplea el Valor de la Producción (VAPRO) de los diferentes productos como medida de la producción.

Cambio en la Productividad Total de los Factores (CPTF): En el caso de la PTF (o del CPTF que es lo que habitualmente se reporta), la Tabla 2.5 incluye los estudios que reportan resultados para Chile. Los estudios de Chile se complementan con una búsqueda de estudios de Argentina, Brasil, Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda, con el fin de revisar el enfoque empleado en dichos países (Tabla 2.6).

La búsqueda de estudios de PTF con datos de Chile se realizó incluyendo trabajos en inglés y Español, y en su mayoría corresponden a publicaciones formales en journals. La búsqueda arrojó 19 estudios en total, 17 publicados en inglés y dos en español. La mayoría de los

trabajos (18 de 19), emplea datos a nivel país provenientes de la FAO y en alguno casos se combina con otras fuentes nacionales. Solamente un estudio usa datos a nivel predial.

La mayoría de los trabajos más antiguos emplea números índices en la estimación realizada (principalmente índices Malmquist o Tornqvist), y trabajos más recientes emplean fronteras de producción como base para la estimación de la PTF. Una gran proporción de trabajos (16 de 19) incluyen en su análisis información de Chile y de otros países. El resto de los trabajos (3 de 19), realizan un análisis de Chile como único caso, y de éstos dos estudios consideran a la agricultura chilena en su conjunto y sólo uno analiza el caso de predios lecheros del sur del país. Todos los trabajos que analizan la agricultura como un todo usan datos agregados.

A continuación se resumen los estudios de PTF incluidos en la Tabla 2.5. Fulginiti y Perrin (1997) consideran a Chile como uno de los países en su análisis de la PTF. En este trabajo se analiza la productividad de la agricultura de 18 países en desarrollo (según la clasificación de aquella época). El método empleado es un índice no-paramétrico Malmquist, y se usa información del período 1961-1985, obtenida de bases de datos FAO. El principal resultado del estudio es que al menos la mitad de los países estudiados evidencia un decrecimiento en la productividad, situación distinta a la de Chile que presentó un 1,1% en el CPTF. El estudio desglosa el CPTF en CT y en CET, y a su vez el CET se desglosa en cambio en eficiencia pura y cambio en la escala.

Arnade (1998) analiza la productividad de la agricultura de 70 países. El método empleado es un índice no-paramétrico Malmquist calculado con DEA, y se usa información del período 1961-1993 que se considera como el período de la revolución verde. La información viene de bases de datos FAO y del USDA. Este estudio muestra que Chile presentó un 1,3% de CPTF, y se descompone en CT y CET. Finalmente, se agrega un análisis de variables que afectan la productividad, tales como educación, investigación, extensión, presencia de ciertos cultivos, entre otras.

Fulginiti y Perrin (1998) emplean información y un enfoque similar al de los mismos autores en su estudio del 1997. Se agregan estimaciones del CPTF con funciones Cobb Douglas con coeficientes fijos y variables. Los autores estiman un CPTF de 1,1%, 0,8% y 1,4% para Chile, y la variación se debe a las diferentes metodologías aplicadas.

Martin y Mitra (2001) analizan y comparan la PTF entre el sector agrícola y el manufacturero. Se incluyen 50 países de diferentes niveles de ingresos, en el período 1967 al 1992. Se emplea una función de producción Cobb-Douglas y Translogarítmica con diferentes fuentes de información, tales como FAO, Banco Mundial y OCDE. Los autores estiman el CPTF de 2,70% y 2,73% para las formas funcionales Translogarítmicas y Cobb- Douglas, respectivamente.

Nin, Arndt y Preckel (2003) analizan la PTF de la agricultura de 20 países en desarrollo (para el año del estudio), empleando un índice Malmquist no Paramétrico y diferentes formas de plantear la tecnología, con datos de 1961 a 1994 obtenidos desde bases de datos de FAO. En este estudio Chile presentó un CPTF igual al 0,6%. También se incluye la descomposición del CPTF en CT y CE.

Nin, Arndt, Hertel y Preckel (2003) siguen una metodología similar al trabajo de Nin, Arndt y Preckel (2003), abarcando 92 países en desarrollo y 23 países de ingresos altas, para datos FAO de 1965 a 1994. Se analiza el CPTF de diferentes sectores productivos, tales como: Agricultura (0,87%), Ganadería (0,82%) y Cultivos (2,25%).

Trueblood y Coggins (2003) usan una base de datos más amplia que el trabajo anterior, incluyendo 115 países, con datos FAO y de otras fuentes, para el período 1961 al 1991. En el estudio se emplea un Índice Malmquist en la estimación, y se reporta un CPTF para la agricultura de Chile del 1,39%.

Olavarría, Bravo-Ureta y Cocchi (2004), publicado en español, es el primer estudio que estima y analiza la PTF para Chile como único país. Emplean diferentes bases de datos (FAO, Banco Central y ODEPA), y por medio del índice Tornqvist reportan un 2,78% de incremento promedio en el CPTF de la agricultura chilena en el período 1961 al 1996. Se estudian diferentes períodos que abarcan cambios profundos en el tipo de gobierno del país.

Rao y Coelli (2004) abarcan 97 países, que cubren la mayor porción de la población mundial. Se basan en datos FAO y por medio del índice Malmquist no paramétrico analizan la PTF desde 1980 a 1995. Los autores estiman el CPTF de la agricultura chilena en un 1,9%.

Coelli y Rao (2005) en un estudio similar al previo, abarcando 93 países y un período un poco más largo (1980 al 2000), reportan un 1,1% de CPTF para la agricultura de Chile.

Vergara y Rivero (2006) es el segundo estudio de Chile como único país, también publicado en español. Utilizan diferentes bases de datos (Cuentas Nacionales e INE) y estiman la PTF de diferentes sectores de la economía chilena, donde uno de ellos es la Agricultura. En el estudio se reporta un CPTF 5,92%, la cifra más alta de todas las estimaciones de CPTF que se incluyen en esta sección.

Ávila y Evenson (2010) en una publicación de la OCDE, usan datos FAO para un total de 78 países. Los autores emplean la relación contable como método y estiman un CPTF de 1,37% anual para la agricultura de Chile en el período 1961 al 2001.

Headey, Alauddin y Rao (2010) investigan la PTF empleando fronteras de producción estocásticas y DEA, y estiman la correlación entre variables institucionales y de políticas con la PTF. Este estudio usa datos FAO para 88 países y analiza la tendencia del CT y CET para diferentes períodos (1970 a 1985, y 1986 al 2001). Los autores reportan cifras de CPTF del orden de 1,1 y 2,7% para los dos períodos considerados.

Nin, Falconi, Ludena y Martel (2015) en un reporte del BID estudian la PTF de 134 países de América Latina y el Caribe, con datos FAO, para el período 1961 al 2012. Presentan estimaciones empleando funciones de producción e índice Malmquist no paramétricos, con un valor de 2,3% de CPTF para la agricultura de Chile.

Lachaud, Bravo-Ureta y Ludena (2015) también en un Reporte del BID estudian la PTF de países de América Latina y el Caribe y hacen una comparación con otras regiones del mundo, con datos FAO, para el período 1961 al 2012. Los autores estiman fronteras estocásticas de producción, incorporando variables climáticas, y emplean la descomposición de la PTF propuesta por O'Donnell (2014). En este estudio se reporta un CPTF de la agricultura de Chile de 1,33%.

Lema (2015) emplea datos FAO y del Banco Mundial para 5 países para el período 1961 al 2012 y usa una relación contable para estimar la PTF. Este estudio no reporta cifras absolutas de PTF, si no que analiza resultados relativos y así el CPTF de Chile es entre 1,7 a 2,8 veces mayor que el de Argentina.

Trindade y Fulginiti (2015) analizan la productividad de 10 países de América del Sur, empleando datos FAO. Utilizan una FEP y modelos no paramétricos para estimar el CPTF. El CPTF reportados es 2,55% y 1,89% para la estimación paramétrica y no paramétrica, respectivamente. Chile es el país que exhibe el mayor CPTF.

Moreira y Bravo-Ureta (2016) es el primer estudio a nivel predial que estima y descompone la PTF en diferentes componentes (CT, CET, cambio en Escala (CEE) y cambio en la eficiencia de asignación (CEA), basado en fronteras de producción estocásticas. Estos autores usan datos de predios lecheros del sur de Chile, para un período de 2005 al 2010. Los autores reportan un 2,25% en el CPTF al considerar CT, CET y CEE, y de un 2,57% al agregar el CEA en la estimación de CPTF.

Lachaud, Bravo-Ureta y Ludena (2017) usan una metodología más refinada que el estudio publicado en el 2015, para analizar la PTF de 28 países de Latino América y el Caribe, con datos FAO, para el período 1961-2012. Los autores ponen especial interés en analizar el efecto de variables climáticas usando fronteras estocásticas de producción, y como resultado reportan un 1,82% de CPTF para la agricultura chilena.

La Tabla 2.6 muestra algunos estudios de PTF para Argentina, Brasil, Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda. En estos estudios se destacan dos tipos: (1) Aquellos que emplean datos FAO (como principal fuente de información) u otra fuente de origen general del país en cuestión (como ser Argentina, Brasil, Estados Unidos y Nueva Zelanda); y (2) los que tienen un sistema de recolección de datos propios (Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda). En el segundo caso, destacan los reportes informados por fuentes especializadas en Agricultura, como lo es el FAO de Estados Unidos, ABARES de Australia, y Statistic New Zealand de Nueva Zelanda. De los tres casos, Estados Unidos y Australia poseen un sistema de respaldo en la web en donde es posible encontrar gran cantidad de datos, estudios, análisis, explicaciones metodológicas; es decir, se encuentra toda clase de información que avala el trabajo realizado. Llama la atención el caso de Australia, que en las dos publicaciones incluidas en la Tabla 2.6 se usan metodologías distintas en cada caso, una de ellas emplea fronteras de producción estocásticas incorporando variables climáticas, y la otra que es más reciente pero aplica índices de Fisher.

2.4. Resumen

Esta sección proporcionó una visión de la evolución de los enfoques metodológicos claves que se han desarrollado y aplicado para examinar ET en el sector agrícola. Luego se presenta un análisis de meta-regresión usando datos obtenidos de un total de 509 estudios publicados en revistas indexadas. Además, se presenta una discusión de estudios publicados en diversos medios focalizados en la ET de la agricultura chilena y en la PTF sobre Chile y países referentes.

Nuestro análisis deja muy claro que hay un extenso menú metodológico para estimar fronteras de producción y luego elaborar diversos análisis focalizados en la PTF.

En el caso de la ET, la mayoría de los estudios utiliza datos de corte transversal, y sólo 4 datos de panel y de éstos 3 se basan en la misma información. Lo anterior evidencia la escasa disponibilidad de datos a nivel nacional, situación que limita la posibilidad de hacer estudios de productividad de los diferentes sectores agropecuarios del país. Los estudios que reportan la

ET de diferentes rubros del país datan de 1996 a la fecha del presente documento, siendo la mayoría de éstos publicados en la última década.

En el caso de la PTF, en la mayoría de los primeros trabajos (los más antiguos) se aprecia que la metodología predominante es no paramétrica. A nivel macro, varios estudios han utilizado datos provenientes de FAO que abarcan el período que va de 1960 al 2012. Estos datos y los análisis que se han hecho de ellos proporcionan información útil para comparar el desempeño en términos generales entre países. Sin embargo, este tipo de análisis dista de ser suficiente si el interés es en generar estudios que puedan servir para la formulación de políticas sectoriales y apoyar el fomento productivo de diferentes subsectores. Todos los estudios resaltan la importancia de la medición de la PTF para la definición de políticas públicas. Los estudios reportan un CPTF positivo; sin embargo, se presentan diferencias en los valores reportados, lo que es atribuible a las diferentes metodologías empleadas.

El análisis que hemos generado sugiere que Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda pueden servir como ejemplo en la recolección de datos y en la generación de información específica y detallada para diferentes subsectores. En el caso de Chile, y en base a los estudios que hay disponibles, queda en evidencia que no se genera información de carácter público que permita realizar y mantener análisis de PTF en el tiempo.

Tabla 2.1 Media de Eficiencia Técnica Promedio (METP) según Metodologías

Categoría	No. de Casos	METP (%)	
Método			
Paramétrico	742	74,1	
No-Paramétrico	341	73,4	
Estocástico	671	74,3	
Determinístico	412	73,1	
Datos			
Corte Transversal	679	72,2	
Panel	377	76,9	
Forma Funcional *			
Cobb-Douglas	412	71,0	
Translogarítmica	313	77,8	
Otra	41	71,2	
Primal/Dual			
Primal	1.024	73,8	
Dual	59	74,9	
METP			**73,9**
Número de Casos			**1.083**
Número de Estudios			**509**

* Considera sólo los modelos paramétricos

Tabla 2.2 Media de Eficiencia Técnica Promedio (METP) según Atributos

Categoría	No. de Casos	METP (%)	
Región Geográfica			
África	138	66,8	
Asia	328	74,2	
Europa del Este	43	70,2	
Latino América	77	62,2	
Norte América*	153	79,2	
Europa Occidental y Oceanía	344	77,1	
Nivel de Ingresos-País**			
Alto	515	77,4	
Medio-Alto	192	67,5	
Medio-Bajo	316	72,4	
Bajo	60	71,8	
Producto			
Arroz	151	73,7	
Maíz	38	76,4	
Trigo	42	75,5	
Granos	44	73,7	
Cultivos y Ganado	443	69,4	
Leche	229	81,0	
Otros Productos Animal	85	77,3	
Predio	51	72,2	
METP			**73,9**
Número de Casos			**1.083**
Número de Estudios			**509**

* Norte América incluye Estados Unidos y Canadá

**World Bank 2017

Tabla 2.3 Meta-Regresión Fraccional para METP

	No Ponderado				Ponderado				Efectos Marginales	
N=958	**Modelo 1**		**Modelo 2**		**Modelo 3**		**Modelo 4**		**Modelo 4**	
Vars.	**Coef.**	**E.Están. Robusto**	**Coef.**	**E.Están. Robusto**	**Coef.**	**E.Están. Robusto**	**Coef.**	**E.Están. Robusto**	**Coef.**	**E.Están. Delta**
Constante	23,508***	7,773	14,385*	7,397	-31,000*	15,804	-18,000*	10,675		
FEP	0,192*	0,103	0,297***	0,093	0,381***	0,138	0,447	0,136	0,102***	0,033
PAR	-0,197	0,166	-0,284*	0,154	-0,333	0,240	-0,290	0,253	-0,060	0,048
CTR	-0,074	0,051	-0,016	0,049	-0,390**	0,156	-0,070	0,066	-0,015	0,014
FCD	-0,183	0,137	-0,060	0,131	0,213	0,230	0,116	0,233	0,024	0,048
FTL	0,071	0,142	0,194	0,134	0,105	0,236	0,253	0,244	0,056	0,055
NVA	0,002**	0,001	0,001	0,001	0,003***	0,000	0,001***	0,000	0,000***	0,000
APU	-0,011***	0,004	-0,007*	0,004	0,016**	0,008	0,009*	0,005	0,002**	0,001
IT1	0,223***	0,061	0,167***	0,062	-0,680***	0,141	-0,520***	0,146	-0,110***	0,027
IT2	0,046	0,070	0,032	0,071	-0,23*	0,120	-0,330***	0,115	-0,070***	0,027
ARR	0,052	0,070	-0,034	0,078	0,381***	0,131	-0,040	0,123	-0,009	0,027
TRI	0,202	0,117	0,105	0,118	0,268**	0,152	0,390***	0,143	0,077***	0,026
MAI	0,174*	0,108	0,389***	0,121	0,140	0,189	0,279	0,178	0,057*	0,034
LEC	0,493***	0,077	0,409***	0,078	0,663***	0,111	0,732***	0,107	0,145***	0,020
UPR	0,040	0,063	-0,003	0,060	0,144	0,109	0,078	0,098	0,017	0,021
AFR			-0,340***	0,086			-0,273*	0,158	-0,061*	0,037
ASI			0,009	0,076			0,230***	0,125	0,047*	0,025
EUE			-0,205	0,124			-0,123	0,179	-0,027	0,040
LAC			-0,630***	0,099			-0,890***	0,119	-0,210***	0,029
AMN			0,117	0,076			-0,320***	0,108	-0,070***	0,022
QMLE	-397,5		-394		-1.000		-992,9			
Deviance	104,0		96,9		67,8		53,6			

Notas: METP = Media de Eficiencia Técnica Promedio
* 10%, ** 5% y *** 1% nivel de significancia
Error Estándar calculado usando el método Delta

Tabla 2.4 Estudios de Eficiencia Técnica (ET) con Datos de Chile

Autor(es) y Año de Publicación	Lugar	Producto	Frontera/ Estudio	Estructura Datos	No. Obs	Año Datos	ET prom.
Rivas (1996)	Chile	VAPRO	Estocástica	Corte transversal (2 vueltas)	105 105	1965/66 1970/71	65,8 64,6
Santos, Foster y Ramírez (2006)	San Javier	Papa	Estocástica	Corte transversal	118	2003	73,7
Moreira, Bravo-Ureta, Carrillo y Vásquez (2006)	Paillaco	Lechería	Estocástica	Datos de Panel	92	1996/97 1998/99 1999/00 2000/01 2001/02	77,0 72,0 71,0 69,0 72,0
Moreira y Bravo-Ureta (2009)	Paillaco	Lechería	Estocástica	Datos de panel	92	1996/97 1998/99 1999/00 2000/01 2001/02	72,2
Moreira y Bravo-Ureta (2010)	Paillaco, Chile, Argentina, y Uruguay	Lechería	Estocástica	Datos de panel	48	1996/97 1998/99 1999/00 2000/01 2001/02	84,9
Jaime y Salazar (2011)	Biobío	Trigo	Estocástica	Corte transversal	5.580	2006/07	61,0
Jaime, Salazar y Novoa (2011)	Ñuble	Trigo	Estocástica	Corte transversal	167	S/I	50,0
Moreira, Troncoso y Bravo-Ureta (2011)	Diferentes valles, zona central	Uva vinífera	Estocástica	Corte transversal	263	2005/06	77,2
Jara-Rojas, Bravo-Ureta, Moreira y Díaz (2012)	Maule	VAPRO	Estocástica	Corte transversal	319	2006	80,7
von Cramon-Taubadel y Saldías (2015)	Chile	Multi-productos	Estocástica	Corte transversal	109 342	2004	89,0 78,0
Jara-Rojas, Bravo-Ureta y Solís (2016)	Maule	Frambuesas	Estocástica	Corte transversal	138	2012	81,0
Veloso, Cabas, Velasco, Vallejos y Gil (2015)	Ñuble	Ganado bovino	Estocástica	Corte transversal	83	2007/08	79,5

Autor(es) y Año de Publicación	Lugar	Producto	Frontera/ Estudio	Estructura Datos	No. Obs	Año Datos	ET prom.
Riveros *et al.* (2016)	Chile Central	VAPRO Frutales	Estocástica	Corte transversal	9.657	2013 2014 2015	59,9
Moreira y Bravo-Ureta (2016)	Región del Biobío a Los Lagos	Lechería	Estocástica	Datos de panel	1.426	2005 a 2010	91,0
Jara-Rojas *et al.* (2017)	Maule	Frambuesas	Estocástica	Corte transversal	139	2011	81,0

* VAPRO: Valor de la Producción

Tabla 2.5 Estudios de Productividad Total de los Factores (PTF) con Datos de Chile

Autor(es) y Año de Publicación	Lugar	Fuente	Producto	CPTF Anual	Publicación	Método	Año Datos
Fulginiti y Perrin (1997)	Chile (18 LIC)	FAO y otras	Agricultura	1,1%	J Dev Econ	Índice Malmquist no Par.	1961- 1985
Arnade (1998)	Chile (70 países)	USDA, FAO	Agricultura	1,3%	J Agr Econ	Índice Malmquist no Par.	1961-1993
Fulginiti y Perrin (1998)	Chile (18 LIC)	FAO y otras	Agricultura	1,1% 0,8% 1,4%	Agr Econ	Índice Malmquist no Par. C-D coef variables C-D coef fijos	1961-1985
Martin y Mitra (2001)	Chile (50 países)	FAO y otras	Agricultura	2,70% 2,73%	Econ Dev Cultural Change	Translogarítmica C-D	1967-1992
Nin *et al.* (2003)	Chile (20 LIC)	FAO	Agricultura	0,6%	J Dev Econ	Índice Malmquist no Par.	1961-1994
Nin *et al.* (2003)	Chile (9 LIC y 23 MIC)	FAO	Agricultura Ganadería Cultivos Ganadería Cultivos	0,87% 0,82% 2,25% 2,19% 4,14%	Amer J Agr Econ	Índice Malmquist Función de Distancia	1965-1994
Trueblood y Coggins (2003)	Chile (115 países)	FAO y otras	Agricultura	1,39%	World Bank	Índice Malmquist	1961-1991
Olavarría, Bravo-Ureta y Cocchi (2004)	Chile	FAO, Banco Central, ODEPA	Agricultura	2,78%	Econ Agr Rec Nat	Índice Tornqvist	1961-1996
Rao y Coelli (2004)	Chile (97 países)	FAO	Agricultura	1,9%	Agr Econ	Índice Malmquist no Par.	1980-1995
Coelli y Rao (2005)	Chile (93 países)	FAO	Agricultura	1,1%	Indian Econ Rev	Índice Malmquist no Par.	1980-2000
Vergara y Rivero (2006)	Chile	Cuentas Nacionales INE	Agricultura	5,92%	Cuadernos Econ	Función Producción	1996-2001
Ávila y Evenson (2010)	Chile (78 países)	FAO	Agricultura	1,37%	Handbook of Agr Econ Chap72	Relación contable	1961-2001

Autor(es) y Año de Publicación	Lugar	Fuente	Producto	CPTF Anual	Publicación	Método	Año Datos
Headey, Alauddin y Rao (2010)	Chile (88 países)	FAO	Agricultura	1,1% 2,7%	Agr Econ	Función de Producción	1970-1985 1986-2001
Nin, Falconi, Ludena y Martel (2015)	Chile (134 países)	FAO	Agricultura	2,3%	IDB Working Paper Serie Nº 608	Función de Producción e Índice Malmquist no Par.	1961-2012
Lachaud, Bravo-Ureta y Ludena (2015)	Chile (112 países)	FAO	Agricultura	1,33%	IDB Working Paper Serie Nº 607	Función Producción y ajuste Climático	1961-2012
Lema (2015)	Chile (5 países)	FAO	Agricultura	1,7 a 2,8 veces Argentina	Banco Mundial	Relación contable	1961-2012
Trindade y Fulginiti (2015)	Chile (10 países)	FAO	Agricultura	2,55% 1,89%	Agricultural Economics	Función de Producción e Índice Malmquist no Par.	1969-2009
Moreira y Bravo-Ureta (2016)	Región del Bío-bío a Los Lagos	CEGE Todoagro	Lechería	2,25% 2,57%	J Dairy Sc	Frontera Prod. Estoc. TL	2005-2010
Lachaud, Bravo-Ureta y Ludena (2017)	Chile (28 países)	FAO	Agricultura	1,82%	Climatic Change	Función Producción y ajuste Climático	1961-2012

Tabla 2.6 Estudios Referenciales de Productividad Total de los Factores (PTF) de Argentina, Brasil, Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda

Autor(es) y Año de Publicación	Lugar	Fuente	Producto	Publicación	Método	Año Datos
Lema (2015)	Argentina (total 5 países)	FAO	Agricultura	Banco Mundial	Relación contable	1961-2012
Saini y Lema (2015)	Argentina	Varias fuentes Nacionales	Agricultura y Sub sectores	ICAE 2015	Törnqvist index	1913-2010 1961-2010
Helfand, Magalhäes y Rada (2015)	Brasil	Varias fuentes Nacionales	Agricultura, datos agregados	IDB Working paper Series 609	Frontera de producción estocástica	1985-2006
Wang *et al*. (2015)	Estados Unidos	USDA	Agricultura	Economic Research Report 189	Törnqvist index	1948-2011
Rao y Coelli (2004)	Estados Unidos (97 países incluye Chile)	FAO	Agricultura	Agr Econ	Índice Malmquist no Par.	1980-1995
Hughes *et al.* (2011)	Australia	ABARE	Agricultura y Sub sectores	ABARES research paper report 11.5	Frontera de producción estocástica y Ajuste Climático	1977-2008
ABARES (2015)	Australia	ABARE	Diferentes Sub sectores	ABARES	Fisher Index	1977-2015
Statistics New Zealand (2014)	Nueva Zelanda	Varias fuentes Nacionales	Agricultura	Statistic New Zealand	Törnqvist index y función Translogarítmica	1978-1996
Apatov *et al*. (2015)	Nueva Zelanda	NZ Longitudinal Business Database (LDB) Y Agric. Production Survey (APC)	Leche y Ganado Bovino y Ovino	Motu Working papers 15-13	Frontera de producción	2003-2006 2008-2011 2002, 2007 y 2012

Figura 2.1 Frontera Estocástica de Producción

$$Y_i = b_0 + \Sigma b_k X_{ik} + v_i - u_i$$

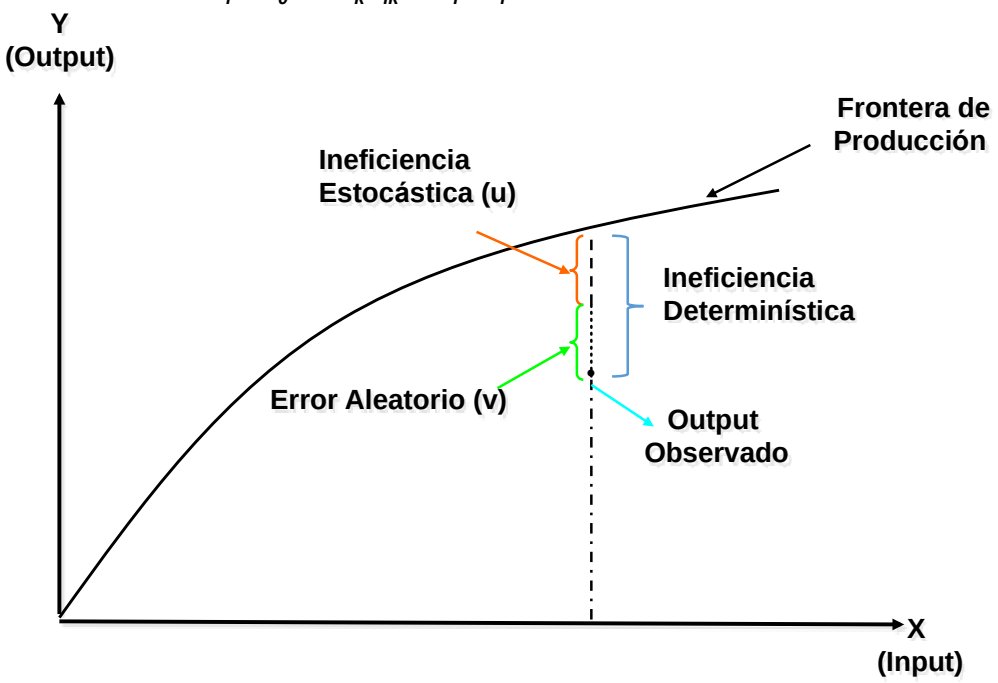


Figura 2.2 Número de Casos por Año de Publicación: Modelos No Paramétricos (MNP) y Paramétricos (MP)

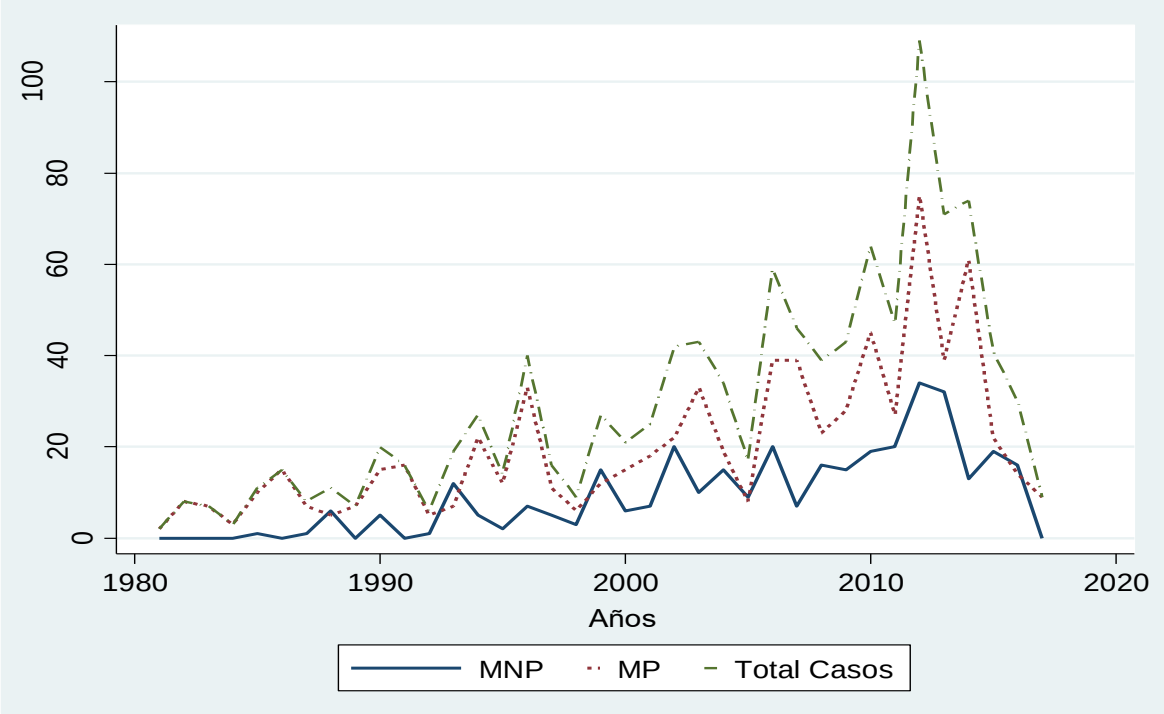
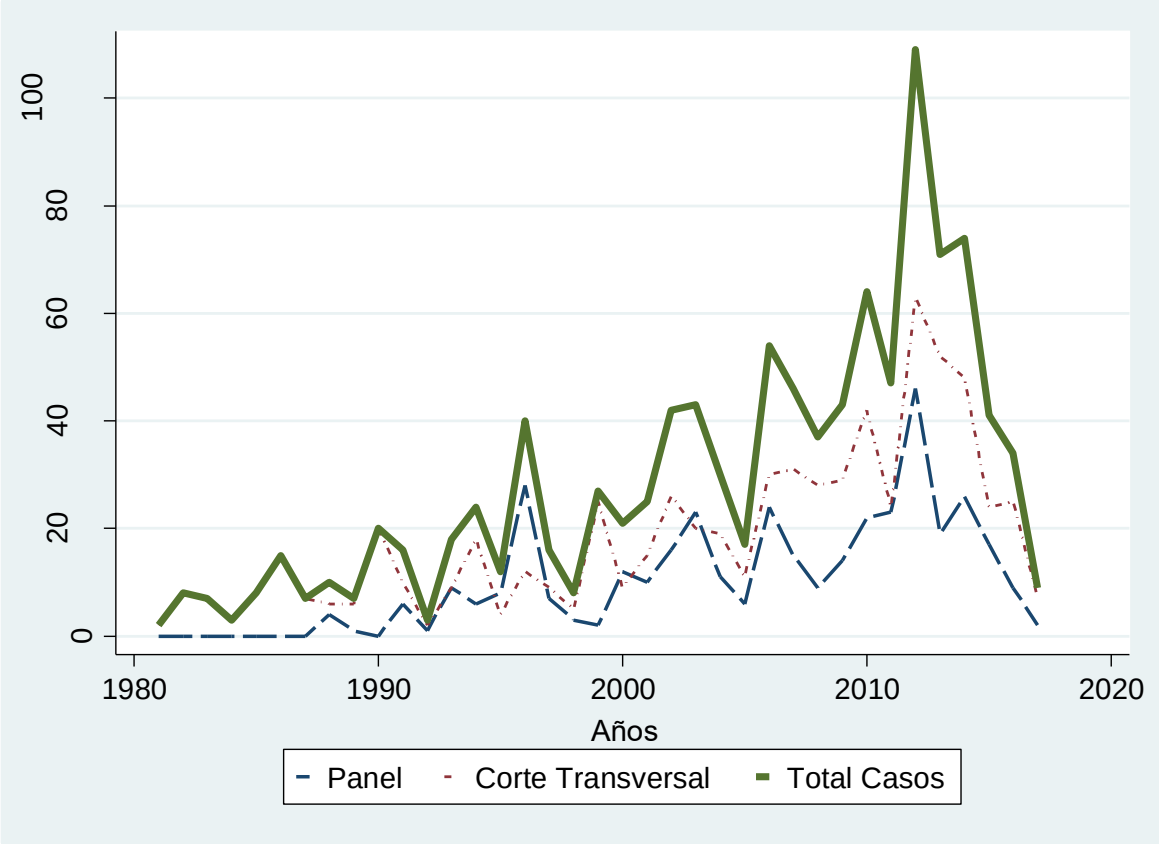


Figura 2.3 Número de Casos por Año de Publicación: Datos de Panel y de Corte Transversal



CAPÍTULO 3 - Indicadores de productividad y brechas de información

3.1. Introducción

Las mediciones de productividad y sus distintas alternativas metodológicas son de alta complejidad y por lo tanto requieren de una fuente confiable de datos para asegurar mediciones sin sesgo y consistentes. En este Capítulo se realiza un análisis crítico de indicadores de productividad, rentabilidad de la tierra y de la mano de obra. Posteriormente se analiza y clasifica la meta-data descrita en el Capítulo 2 en función de las variables utilizadas por la literatura internacional para la medición de productividad y eficiencia técnica. Luego, se describen y evalúan las principales fuentes de datos disponibles en Chile, principalmente financiadas por ODEPA y ejecutadas por el INE y CIREN. Con esta información se realiza un análisis crítico de la calidad, continuidad en el tiempo, presupuesto y de la comparación (o compatibilidad) de diferentes fuentes de información identificadas. Adicionalmente, se propone una agenda estratégica que permita disminuir las brechas de información detectadas en la medición de la productividad en el sector silvo-agropecuario. Este análisis incluye la definición de los pasos necesarios para la obtención de la información faltante de las diferentes fuentes, y propone el rol que le cabe a los diferentes actores relevantes.

3.2. Metodología

Los pasos metodológicos para medir indicadores de productividad y brechas de información son los siguientes:

a) Revisión de literatura científica que define indicadores de productividad, rentabilidad y mano de obra en la agricultura, con el propósito de generar un set de variables claves que puedan ser contrastado con el actual sistema de levantamiento de datos que realiza el Ministerio de Agricultura, principalmente a través de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA).

b) Clasificación de las variables de la meta-data presentada en el Capítulo 1. Los principales campos utilizados por la recopilación de información secundaria son:

- *Mean TE* (Promedio de Eficiencia Técnica)
- *FirstAuthor* (Primer Autor de la publicación)
- *Journal Name* (Nombre de la revista)
- *Yr. Pub* (año de publicación)
- C*ountry Studied* (País del estudio)
- *Type of Data* (Tipo de datos, corte transversal o datos de panel)
- *No. of Obs* (número de observaciones)
- *Product(s)* (Productos)
- *Year of Data* (año de los datos)
- *Prod. Model Output(s) first* (Variable dependiente de la función de producción)
- ***Explanatory variables*** **(Variables que explican la producción)**
- *Functional Form* (Forma Funcional)
- *Returns to scale* (retornos a escala, IRS DRS CRS)
- *Eff. Effect* (efectos de eficiencia, 1= Si, 0= No)
- *Vars/ Eff.* (Variables que explican ineficiencia)

De los campos nombrados, se contabilizaron las variables que explican la producción y las variables que explican la ineficiencia. Luego se realiza un proceso de estandarización de las variables y finalmente se agrupan en diversas dimensiones. Estas dimensiones son utilizadas para determinar las brechas de información; es decir, la información necesaria para realizar mediciones de la productividad versus lo que actualmente recopila ODEPA y el Minagri.

c) Luego, se describen y evalúan las principales fuentes de datos disponibles en Chile, principalmente financiadas por ODEPA y ejecutadas por el INE y CIREN. La información está dividida en productos estadísticos relacionados con el sector pecuario, cultivos anuales y frutales. Los campos identificados son los siguientes:

- Entidad ejecutora
- Alcance temático / Variables de interés
- Variables de productividad
- Disponibilidad base datos
- Disponibilidad resultados
- Disponibilidad de metodología de estimación
- Disponibilidad del cuestionario encuesta
- Tipo de muestreo
- Número de encuestas
- Fecha de levantamiento de información
- Frecuencia de levantamiento
- Costo total ($)
- Costo ($)/encuesta

Se incluye una mención respecto de la disponibilidad de datos de los usuarios del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), especialmente a la información proveniente de los diagnósticos realizados al programa de asistencia técnica SAT Predial y otras fuentes de información tales como Agribenchmark y la red del Departamento de Administración de la Universidad de Brasilia (Peña 2017)

d) Finalmente, se realiza una propuesta que permita disminuir las brechas de información detectadas en la medición de la productividad en el sector silvo-agropecuario. La propuesta de agenda estratégica incluye los siguientes aspectos:

- Objetivos Estratégicos: indican los resultados que se deben lograr.
- Focos Estratégicos: son grandes ámbitos de trabajo para conseguir los objetivos estratégicos y, de esta forma, lograr la posición futura deseada.
- Objetivos Específicos: iniciativas globales que permiten lograr cada uno de los lineamientos estratégicos.
- Responsables: Se refiere a la(s) institución(es) responsable(s) en cada una de las iniciativas.
- Presupuestos: reflejan las consecuencias financieras de los resultados específicos.

3.3. Resultados y Discusión

3.3.1. Indicadores de rentabilidad, mano de obra, capital y productividad

Indicadores de Rentabilidad: En el año 1948 W.H. Pine esbozó una medición económica de la productividad de la tierra agrícola a través del método de presupuesto (*budget method*), el cual atribuye los ingresos netos obtenidos en el predio, a la tierra agrícola utilizada en cada cultivo. Este indicador incluye la producción física de cada cultivo y los precios esperados de éstos. Adicionalmente se incorpora la medición física de los insumos utilizados (fertilizantes, pesticidas, mano de obra, tracción animal, impuestos, gastos financieros, entre otros). Utilizando una tasa de descuento del 5%, se estimó que el valor actual de la tierra es la suma de los ingresos futuros netos descontados.

Los métodos clásicos para estimar la rentabilidad en la agricultura incluyen los siguientes: (a) capitalización de los ingresos netos; (b) análisis del valor de la tierra; c) análisis de valores de arriendo de la tierra; y (d) el costo de sustitución o valoración mediante el costo (Heady 1952, Murray 1969, Nieuwoudt y Jong 1985, Barlowe 1996). La información requerida para el cálculo de estos y otros indicadores se detalla en la Tabla 3.1.

Algunas definiciones mencionadas en la Tabla 3.1 son: **Productividad de la tierra,** mide la cantidad de producción generada por una cantidad dada de tierra. Se aplica a los cultivos y a la producción ganadera. Hay varias medidas de productividad que se pueden calcular: una medida amplia es la relación entre el valor de todos los productos agrícolas (cultivos y ganado) y el total de la tierra utilizada en la agricultura. Se pueden calcular otras medidas de productividad de la tierra dividiendo la producción de cultivos por la cantidad de tierra plantada, expresada en una unidad de área, como hectáreas o acres. Dado que la tierra puede usarse para cultivar muchos cultivos diferentes, una unidad física, como toneladas, puede no ser la mejor opción. A menudo se necesita poner un valor monetario en su producción respectiva para agregar la producción de diferentes cultivos.

Por otra parte, **la Productividad de la mano de obra** mide el número de unidades de producción por unidad de trabajo utilizada en el proceso de producción. Se calcula dividiendo la cantidad de producción entre el total de unidades de mano de obra utilizadas. Es recomendable que se mida utilizando el número de horas efectivamente trabajadas. Al usar el número de horas se corrige la diferencia entre los trabajadores estacionales y no estacionales y los diferentes regímenes de trabajo. Esto permite una mejor comparación entre los sistemas de producción, las regiones y los países, ya que el número de trabajadores o días por trabajador puede no indicar la cantidad de mano de obra efectivamente utilizada.

Finalmente, la **Productividad del capital** mide la contribución del capital empleado en el proceso productivo. El capital generalmente se define como un insumo de propiedad del predio el cual brinda servicios durante varios años. La mayoría de las medidas de productividad del capital se enfocan en edificios, maquinaria y equipos agrícolas. Las existencias de árboles y huertos, así como también el ganado, también pueden representar un stock de capital cuando resultan de una inversión (compra de animales o el establecimiento de una nueva plantación, por ejemplo) que conduce a un flujo regular de ingresos o servicios (ingresos de venta de frutas o leche o servicio proporcionado por

tracción animal, por ejemplo). El stock de capital consiste en el valor de todos los activos fijos, tales como maquinaria, equipo, edificios y otras estructuras, utilizados por el predio, que proporcionan servicios de capital a los procesos de producción. El stock de capital también se puede ver como el valor acumulado de las inversiones de capital realizadas en el pasado. Se puede medir usando el método de inventario perpetuo, en donde se considera la depreciación, o el método de inventario actual (FAO 2017).

Según las fuentes de información mencionadas en la Tabla 3.1, se puede indicar que la necesidad de variables de precios, volúmenes de insumos, productos y una completa caracterización del capital y uso de éste son cruciales para el cálculo. Respecto de indicadores de productividad, la primera diferenciación que se puede realizar son las medidas de productividad de un solo factor, denominada Productividad Parcial (PP), y la Productividad Total de los Factores (PTF). Es ampliamente reconocido que las medidas de productividad de un solo factor o PP (e.g.,producción/hectárea) tienen serias limitaciones debido a que ignoran el resto de los factores que condicionan la producción. Por lo tanto, un predio puede exhibir un alto rendimiento por hectárea utilizando cantidades relativamente elevadas de capital, mano de obra u otros factores que no se tienen en cuenta en el indicador de un solo factor (Headey *et al.* 2010; Morrison 2012).

Un ejemplo clásico de PP en la agricultura es la aplicación de fertilizantes y su efecto en la producción, técnicamente es posible descomponer la PP producto/fertilizante en conceptos tales como eficiencia agronómica, la eficiencia de captación del nutriente aplicado, eficiencia fisiológica de la planta (ver Cassman *et al.* 1998). Las medidas de PP para fertilizantes pueden ser difíciles de interpretar por varias razones. Primero, el uso de fertilizantes ha aumentado durante el curso de la llamada *Revolución Verde*. Los productores gradualmente comenzaron a aplicar mayores cantidades de fertilizantes e inicialmente provocó aumento en los rendimientos de sus cultivos. Sin embargo, las funciones técnicas de respuesta del fertilizante son cóncavas, es decir, a mayor fertilizante aplicado, menor es la productividad media. Esta disminución natural de la PP ocurre a menos que existan otros factores de compensación que tienden a desplazar la función de respuesta, como por ejemplo un cambio del manejo de nutrientes.

En segundo lugar, la PP de fertilizantes está influenciada por el uso de otros insumos. Por ejemplo, si el uso de la mano de obra disminuye a medida que aumentan los salarios, entonces los rendimientos pueden disminuir, independiente del uso de fertilizantes. En tercer lugar, el uso de fertilizantes también está determinado por su precio y por el precio del producto (output); es decir, si el precio de los fertilizantes sube y el precio del producto se mantiene constante se tiende a aplicar una menor cantidad de fertilizante. En resumen, el cálculo de la PP no representa mayor desafío; sin embargo, su interpretación continúa siendo ambigua. Con el fin de superar las deficiencias y ambigüedad del enfoque de PP, como ya se ha analizado en el Capítulo 2, existe el concepto de PTF. El crecimiento de la PTF puede atribuirse a una serie de factores, como escala/tamaño, progreso tecnológico, desempeño gerencial relativo (es decir, la ET), características ambientales, efectos de inversiones públicas, y capital humano (Kumbhakar y Lovell 2000, O'Donnell 2016). De hecho, la identificación separada del progreso técnico, la ET y los efectos de escala/tamaño de eficiencia del cambio de la PTF presentan alternativas a los responsables de políticas con las cuales se puede promover el crecimiento de la productividad (Fried *et al.* 2008).

3.3.2. Clasificación de variables

Considerando el enfoque de PTF y el meta-análisis basado en literatura indexada y posterior meta-regresión del Capítulo 2, se realizó una clasificación de las variables que explican producción y también aquellas variables determinantes de la ET. Para el caso de las variables relacionadas con la producción, se utilizó el total de 509 artículos científicos y 1.083 observaciones. Se contabilizaron 1.727 variables diferentes, las que fueron reorganizadas en 32 variables que explican producción. Luego éstas variables se agruparon en 6 dimensiones en orden de frecuencia de uso en los modelos econométricos. La Figura 3.1 describe la primera dimensión denominada "Insumos clásicos" y muestra la frecuencia de uso de estas variables en los modelos econométricos provenientes de la clasificación realizada en el Capítulo 2. Las variables tierra y capital son fundamentales en la medición y son utilizadas por todos los estudios consultados. Respecto del capital, éste se refiere principalmente a insumos comprados, tales como semillas, fertilizantes, pesticidas, materiales, entre otros. Luego las variables que más se utilizan son mano de obra (familiar y contratada), gastos de maquinaria y tracción animal. Finalmente, y en menor frecuencia variables relacionada con energía y combustibles.

La segunda dimensión (ver Figura 3.2) se denomina "Variables Medioambientales", éstas fueron divididas en dos: intrapredial (micro) y extrapredial (macro). Respecto de las variables intrapredial se incluye la presencia (o no) de agua para regadío y la calidad del suelo (fertilidad, nutrientes, pendiente y presencia de suelos degradados); en tanto que la frecuencia mostrada de variables extraprediales incluye la localización y características agroecólogicas tales como clima, precipitaciones, temperatura y altitud del predio.

La Figura 3.3. muestra las dimensiones "Sistemas Agrícolas" y "Capital Humano y Social". Dentro de las mayores frecuencias de uso de variables de Sistemas Agrícolas destaca la incorporación en el modelo de producción de adopción de tecnologías, principalmente aquellas relacionadas con semillas mejoradas, tecnologías de riego y mejores prácticas de manejo (ejemplo manejo integrado de plagas y uso de prácticas de conservación de recursos naturales). Adicionalmente en esta dimensión se incluye la presencia de agricultura orgánica y la diversificación productiva. En relación con la dimensión de Capital Humano, se distinguen variables de educación del tomador de decisiones, género, edad, experiencia y etnia. Las variables relacionadas con el Capital Social son extensión y participación en actividades sociales.

La Figura 3.4 muestra las últimas 2 dimensiones: "Fuentes de Liquidez" y "Sector Lechero". Respecto de las variables relacionadas con Fuentes de Liquidez, estás se concentran en trabajo fuera del predio, tipo de tenencia de la tierra, subsidios y acceso al crédito. En el Sector Lechero se clasifican variables específicas para aquellos estudios que analizan la productividad en predios productores de leche y se incluyen variables como el número de vacas, alimentación y tratamientos sanitarios (insumos veterinarios).

Por otra parte, y utilizando las mismas dimensiones descritas, se clasificaron las variables que determinan la ineficiencia (ver Figura 3.5.). A pesar que en el Capítulo 2 se ha destacado que la ineficiencia es una medida proxy de la gestión del productor, algunos trabajos, especialmente aquellos que utilizan metodologías no paramétricas (DEA), incluyen variables de insumos clásicos. No obstante, se observa en la citada Figura que las variables relacionadas con Capital Humano, Social y Fuentes de Liquidez adquieren una gran importancia en la medición de fuentes de ineficiencia.

3.3.3. Descripción de fuentes de datos

ODEPA articula la mayor parte del levantamiento de información realizado en forma anual con el Instituto Nacional de Estadísticas (INE). El trabajo realizado por el INE, se basa principalmente en generar antecedentes de superficie sembrada, producción y rendimiento de los principales cultivos agrícolas, superficie sembrada o plantada con las principales especies de hortalizas, producción y existencia de aves, producción y existencia de cerdos, y producción de carne por especies y categorías, producción de carne de aves por especie, animales rematados en ferias por especie y categoría, entre otros. Esta iniciativa es catalogada por el INE como un proyecto de mediano plazo destinado principalmente a generar estimaciones de superficie sembrada y cosecha de cultivos anuales esenciales en el territorio comprendido entre las regiones de Coquimbo a Los Lagos, para el período 2007-2017. Para ello, INE define una muestra que comprende 122 comunas. La población objetivo está constituida por todas las explotaciones de una o más hectáreas, que declararon tener cultivos anuales esenciales en el año agrícola (2006-2007) que corresponde al VII Censo Agropecuario y Forestal 2007. El instrumento utilizado es una encuesta que se aplica a una muestra probabilística de un tamaño suficiente para asegurar un coeficiente de error relativo de 5%, con un nivel de confianza de 95%.

Según INE (2015) existe una constante y creciente demanda de información estadística por parte de los usuarios del sector y de toda la comunidad nacional, lo que justifica ampliamente la divulgación de los antecedentes recopilados. Sin embargo, los datos de superficie sembrada/plantada, rendimientos y producción no son suficientes, ya que no se entrega información de insumos (inputs) que permitirían realizar mediciones de productividad, rentabilidad de la tierra, costos de producción, utilidades, entre otros. Es decir, estos esfuerzos que se hacen para la toma de datos podrían profundizarse con el fin de recoger información adicional.

A continuación se describen las distintas fuentes de publicaciones estadísticas generadas por ODEPA. Estas se dividen en: a) Cultivos anuales y hortalizas (Tabla 3.2); b) Industria pecuaria y leche (Tabla 3.3); c) Catastro frutícola; y d) Censo agropecuario.

a) Cultivos anuales y hortalizas: En esta categoría, ODEPA identifica seis levantamientos de información, cuyo costo anual supera los MM$300 (millones de pesos). El levantamiento de datos es ejecutado por el INE y tiene una cobertura nacional, obviando aquellas regiones donde la producción de cultivos anuales y hortalizas no es significativa. Dentro de las variables medidas que pueden ser un aporte para la medición de productividad total de los factores se identifica bien el producto (output); sin embargo, carece de información relacionada con insumos (inputs), limitándose principalmente a la superficie, escasa información de mano de obra, y ausencia de variables relacionadas con el capital y el uso de éste.

b) Industria pecuaria y leche: Aquí se observa la misma situación que en la categoría anterior (Tabla 3.3), donde el INE es la entidad ejecutora para el levantamiento de la información. El costo anual es superior a los 60 millones de pesos. Se distingue una adecuada medición del producto generado (output) pero con escasa información de insumos que permitan medir productividad total de los factores.

c) Catastro Frutícola: El Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN, a solicitud y financiado por ODEPA, realiza anualmente el levantamiento del Catastro Frutícola para una o varias zonas del país. Este levantamiento reúne información sobre la superficie plantada de las diferentes especies, la superficie de frutales por método de riego, la producción de los predios y su destino, e información sobre la capacidad instalada de infraestructura y agroindustria en cada región. Los documentos que entregan información detallada sobre los resultados del catastro y otros informes especializados, están disponibles en las oficinas del Centro de Información de Recursos Naturales CIREN. La Tabla 3.4 resume los catastros realizados.

Los Catastros Frutícolas son catalogados como un censo de predios con plantaciones frutales comerciales, donde se obtiene información sobre la superficie frutícola, infraestructura y agroindustria frutícola. Este censo incluye a todos aquellos predios con una superficie ocupada por frutales o parronales de uva de mesa con un tamaño igual o superior a 0,5 ha. En el caso de algunas especies se encuesta huertos que contienen 50 o más plantas.

En el año 2016 se incluyeron en el catastro ocho regiones: Arica y Parinacota, Tarapacá, Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén. Especial mención tiene la Región de Aysén, que fue encuestada por primera vez a partir del verano de 2016. La incorporación de Aysén se debe al aumento de la superficie frutal en la zona (por ejemplo, el cerezo). También, por primera vez en 30 años, se censaron las regiones de Arica y Parinacota, y Tarapacá.

Las variables disponibles que entregan los catastros incluyen: región, comuna, rol, nombre del productor, comuna postal, teléfono, fax, mail, nombre de la especie, nombre de la variedad, superficie del cuartel, total de hectáreas plantadas. Como complemento al catastro de plantaciones frutícolas, CIREN cuenta con el Catastro de Infraestructura Frutícola con los siguientes parámetros: Identificación de la infraestructura, región, comuna, rol, nombre del productor, comuna postal, teléfono, fax, mail, tipo de procesos, tipo de infraestructura (frigorífico, empacadora, fumigación, agroindustria), tipo de servicio de la infraestructura, capacidad del servicio, símbolo gráfico de ubicación, propietario.

Un tema a explorar tiene que ver con posibles cambios de la metodología usada en la actualidad en los catastros para que con los mismos recursos se pueda hacer una recolección de datos a muestras representativas que incluya más rubros y un mayor número de variables. Las variables a considerar son aquellas que se requieren para estimar y analizar la productividad total de los factores, nuevamente es necesario mencionar que lograr mediciones de capital y mano de obra al detalle es crucial para que los catastros sean una fuente confiable de medición de la productividad en la fruticultura chilena.

El costo anual de los Catastros Frutícolas es variable y depende de la región donde se levante la información y el número de éstas. En el año 2013 el costo fue de 548 millones de pesos; mientras que el presupuesto asignado para el año 2017 asciende a 540 millones de pesos (valores nominales).

d) Censo Agropecuario: "El Censo Nacional Agropecuario y Forestal tiene por objetivo caracterizar al sector en las dimensiones agrícolas, ganaderas y forestales, así como identificar y dimensionar los atributos de la población objetivo, su condición productiva, de propiedad, de trabajo y de género entre otras variables socioeconómicas; permitiendo una

comparación periódica de lo ocurrido y con ello, los cambios que han experimentado dichas variables en la estructura socio-productiva y económica del país" (INE 2015).

La información del Censo Agropecuario se ha recopilado cada 10 años, en términos generales. Sin embargo, los datos censales sólo permiten la generación de indicadores de productividad parcial, y agregados a nivel de la comuna. Además, y como consecuencia del secreto estadístico, no es posible analizar la información como datos de panel y sólo se puede hacer análisis generales. No obstante, según la experiencia del Departamento de Administración de la Universidad de Brasilia, a partir de los datos del Censo es posible generar una plataforma de evaluación, monitoreo y simulación de eficiencia técnica agropecuaria (Peña 2017). Recién implementada en agosto de 2017, la plataforma espera convertirse en una red de benchmarking de eficiencia productiva, en un importante eslabón en la cadena de producción y servicios que facilite la comunicación y colaboración entre actores e instituciones interesadas en sectores más productivos y sostenibles (Peña 2017).

Peña (2017) señala que combinando investigación, enseñanza y extensión, la plataforma busca congregar productores, especialistas e instituciones interesadas en la promoción del diálogo y acciones sobre el monitoreo y evaluación de la eficiencia, productividad y sostenibilidad. La eficiencia es entendida como un índice de lo que se produce en relación a lo que se podría producir. Para estimar este índice, la plataforma utiliza un banco de datos, compuesto por un conjunto de insumos, productos y externalidades ambientales. Con esta información, la plataforma construye una clasificación georeferenciada y un ranking de índices de eficiencia que indican las mejoras necesarias que las unidades ineficientes deben hacer para ser eficientes.

Volviendo a Chile, hay que mencionar fuentes de información privadas tales como Consorcio Lechero que posee un sistema de Benchmarking que incluye información técnica y económica. Además, se puede mencionar el registro de datos de empresas lácteas para algunos de sus proveedores, como es el caso de COLUN a través del servicio de gestión que brinda dicha empresa. Diversas bases de datos tienen objetivos y metodologías de recolección diferentes y por lo tanto no son directamente comparables. Otra fuente de datos e información del sector lechero es el IFCN (*International Farm Comparison Network*), red que hace comparaciones de predios lecheros típicos de diferentes países, y Chile ha participado en este esfuerzo desde el 2003 a la fecha. Los datos no son públicos, pero los aspectos metodológicos que son de interés para el presente estudio son la incorporación de variables de mano de obra y capital, además que las observaciones son repetidas en el tiempo pudiendo estimar cambio técnico. El IFCN reporta indicadores de rentabilidad de la empresa, del predio, del empresario, de la tierra, entre otros.

Otra red que podría ser de interés es *agribenchmark Horticulture* que está manejada en Alemania por el Thünen Institute of Farm Economics *agribenchmark*. Esta es una red global de economistas agrarios, consultores y productores agrícolas cuyo propósito es generar información sostenible, comparable y cuantitativa acerca de sistemas de producción, su economía, condiciones de trabajo y perspectivas. La red *agribenchmark Horticulture* comenzó su funcionamiento en el 2011 y aún está en fase de establecimiento. Con el tiempo, la red crecerá en términos del número de asociados y países que participan en ella, así como en los servicios y análisis ofrecidos. El *agribenchmark* ofrece los siguientes servicios a la comunidad científica internacional:

- Colección anual de datos, control de calidad y generación de bases de datos de resultados.
- Desarrollo, mejora y provisión de herramientas de software para el manejo, almacenamiento y procesamiento de datos.
- Organización de conferencias en conjunto con Universidades.
- Edición, impresión y comercialización de reportes publicados por la red.
- Proporciona capacitaciones en metodología y herramientas para los nuevos miembros de la red.
- Mantener y mejorar una página de inicio con opciones de descarga exclusivos y convenientes para los socios.

Para mantener esta red funcionando se requiere de una serie de datos a nivel de predio(s) representativo(s), tales como tamaño y tenencia de la tierra, riego, distribución de precipitaciones, tipo de suelo, precios de la tierra, aspectos financieros, costos fijos y subsidios. Requiere además un listado exhaustivo de construcciones y maquinarias (uso del capital) y los datos necesarios para el cálculo de la depreciación. Finalmente, la plataforma requiere los costos variables de producción separados en insumos (semillas, fertilizantes, pesticidas) y labores (mano de obra contratada y familiar).

Las experiencias internacionales aquí mencionadas abren una oportunidad con miras al nuevo Censo Agropecuario el cual se deberá implementar en el año 2019. El rediseño del cuestionario es fundamental para comenzar a incorporar indicadores de productividad intercensal y que permitan realizar comparaciones a nivel territorial. Además, es necesario mencionar que uno de los objetivos principales de un censo agropecuario es la creación de un **marco muestral** que guía el programa anual de encuestas agropecuarias. Un rediseño del cuestionario del censo debe venir de la mano con una discusión de un marco de muestreo que guíe los levantamientos de información anuales.

El caso de INDAP

Específicamente para el Programa del Servicio de Asesoría Técnica (SAT) Predial de INDAP existe información de diagnósticos realizados durante la temporada 2007/08, los cuales se han repetido en años posteriores. Según el Estudio “AFC-Séptima Región del Maule” realizado por el Departamento de Economía Agraria de la Universidad de Talca en 2009, es posible realizar una caracterización socioeconómica y productiva a través de dichos diagnósticos. Según información proporcionada por INDAP, durante la temporada agrícola 2007/08 se realizaron 3.917 diagnósticos a unidades productivas en la región, los cuales se consideraron como el universo en el Estudio del DEA-UTalca. INDAP financió la realización de un cuestionario denominado “Diagnóstico Unidad de Negocios SAT[1] Predial”, el cual fue ejecutado por los servicios de extensión SAT a más de 3.913 agricultores. Los principales rubros incluidos en este levantamiento de información fueron ganado ovino/bovino, apicultura, hortalizas, cereales (arroz y maíz) y berries.

1. En 2009 el Servicio de Asesoría Técnica (SAT) era una línea de servicio de INDAP cuyo objetivo era proporcionar asesorías técnicas a los agricultores de la agricultura familiar campesina para mejorar sus sistemas productivos, de forma sostenida en el tiempo y amigable con el medio ambiente, a través de mejores prácticas de manejo predial y de gestión de todos los factores de producción comprometidos. El programa estaba dirigido a los agricultores que INDAP ha definido “operacionalmente” como Agricultores con Perfil Comercial.

El cuestionario está compuesto por dos grandes secciones. La sección 1 contiene: antecedentes generales del productor usuario SAT; composición del grupo familiar; antecedentes generales de la explotación; ingresos del productor; disponibilidad de la mano de obra; factores de producción; financiamiento; y emergencias agrícolas. La sección 2 incluye: descripción del negocio y del mercado meta; margen de la unidad de negocios (Ingresos totales de la temporada 2007-2008 por tipo de producto, costos operacionales totales; margen bruto); y puntos críticos que afectan la competitividad (e.g., productividad, calidad, gestión y asociatividad, uso de instrumentos INDAP, entre otros).

Con la información disponible se realizó una caracterización del capital humano, ingresos extraprediales, descripción de los activos declarados, uso de instrumentos de fomento y finalmente un clúster (análisis de conglomerados) de productores según perfil comercial donde se utilizaron datos de ingresos y costos de producción. Uno de los resultados relevantes de este estudio fue el análisis de conglomerados jerárquicos, el cual deja en evidencia la presencia de dos grupos de productores. El grupo 1 está conformado por un 15,2% de los productores y representa aquellos que tienen un perfil comercial de avanzada. El grupo 2 corresponde a aquellos productores con menor generación de ingresos y uso de insumos. La Tabla 3.5 muestra resultados claves del cluster incluyendo el promedio de ingresos brutos, costos variables de producción (inputs), y capital disponible (activos del predio).

La Tabla 3.6 muestra una comparación de algunas variables socioeconómicas y productivas entre los agricultores con perfil comercial de avanzada y el resto de los productores, existiendo diferencias significativas (*) en variables relevantes como superficie cultivada, acceso al crédito e iniciación de actividades. En términos generales, el 89% de los productores son hombres y la media de edad es de 51 años con rangos que fluctúan entre 25 y 79. Un 62% de los agricultores pertenece a la Provincia de Linares, el 36% de los agricultores pertenece al área INDAP Parral; 18% al área Talca; 13% al área de Linares; y 11% a San Clemente. El resto de los productores pertenece a Longaví, Curicó y San Javier.

Respecto de la orientación productiva, para un 46% de los agricultores con perfil comercial de avanzada, el cultivo principal son los berries (frambuesas y arándanos); 22% son de orientación hacia hortalizas; y 20% hacia cultivos anuales. En menor proporción existen productores orientados a la producción animal (7,3%), apicultura (3,6%) y viñas (1,8%). Un 76% de los productores con perfil comercial de avanzada recibe algún beneficio de INDAP, ya sea crédito o algún instrumento (PDI, SIRSD, riego u otro). Al desglosar los beneficios obtenidos por este segmento de productores, un 57% de ellos ha recibido crédito INDAP; 27% ha recibido SIRSD; y 20% ha recibido PDI. Estas cifras revelan una alta dependencia en INDAP de aquellos agricultores con perfil comercial de avanzada.

En resumen, se puede mencionar que el análisis aquí presentado de INDAP, específicamente del programa SAT Predial, fue realizado utilizando variables de las cinco primeras dimensiones descritas en el punto 3.3.2 de este Capítulo. De esta manera, esta data representa uno de los mejores ejemplos de cuestionarios realizado en Chile desde el MINAGRI para efectos de medir productividad y ET a nivel predial, a pesar que los objetivos de su aplicación están relacionados con el desarrollo de un plan de trabajo y no con realizar mediciones econométricas. Las limitaciones radican en que representan un segmento específico de productores y que su falta de continuidad en el tiempo no permite realizar cálculos de CPTF temporal. En este punto la recomendación es generar los

mecanismos que permitan articular un sistema de intercambio de información entre los distintos servicios pertenecientes al Ministerio de Agricultura para estandarizar la información recopilada y enfatizar la generación de datos de panel.

3.3.4. Análisis crítico y agenda estratégica

El análisis crítico se construye en torno a lo que se denominan “Focos Estratégicos” (Figura 3.7). El punto de partida corresponde al Objetivo Estratégico definido como la determinación de brechas que existen en la medición y análisis de la productividad en el sector agrícola chileno. Este objetivo persigue los siguientes resultados: i) consolidar la medición de la productividad agrícola chilena a través de distintos indicadores; y ii) desarrollar un análisis crítico respecto de existencia, la calidad y confianza de los datos necesarios para la medición.

Se definen también tres partes interesadas: i) tomadores de decisiones de políticas, principalmente del Ministerio de Agricultura; ii) La sociedad: productores agropecuarios, empresas y exportadoras; asesores públicos y privados; y iii) comunidad científica, tales como Universidades y Centros de Investigación. Finalmente, la Figura 3.4 propone tres focos estratégicos, cada uno con tres objetivos específicos:

- FOCO 1. Indicadores
- FOCO 2. Datos Actuales
- FOCO 3. Agenda Estratégica

Cada uno de los objetivos específicos son sintetizados a continuación.

Foco Estratégico 1. Indicadores

OE1. Indicadores de productividad agregados y por subsector

La Tabla 3.7 resume los Subsectores de acuerdo a cómo ODEPA realiza la captura de información estadística: a) cultivos anuales y hortalizas; b) industria pecuaria y leche; y c) frutales, a través del Catastro Frutícola. Como se ha mencionado en este Capítulo y en el anterior, las mediciones de productividad deben incluir todos los factores de producción (insumos), mientras que el producto puede configurarse en producción física (ejemplo toneladas) si se trata de un cultivo específico o en el valor de la producción (producción física multiplicada por un vector de precios) en el caso de varios productos. El valor de la producción agregada corresponde a la sumatoria del valor de la producción de los subsectores “cultivos anuales y hortalizas”, “industria pecuaria y leche” y “frutales”.

OE2. Indicadores de rentabilidad de la tierra y mano de obra

La Tabla 3.1 definió los indicadores de rentabilidad de la tierra, productividad de la mano de obra y productividad del capital. Estos indicadores podrán ser calculados para cada subsector descrito en la Tabla 3.7, considerando las variables claves mencionadas en el OE3.

OE3. Variables claves en la medición de indicadores

La Tabla 3.8 resume los indicadores y las variables claves que deben ser medidas a nivel de producto e insumos. A partir de esta información se construye el Foco estratégico 2, el cual entrega el detalle de las variables faltantes.

Foco Estratégico 2. Datos Actuales

OE4. Fuentes de datos actualmente medidos en Chile y OE5, Determinación de variables faltantes

La información entregada en las Tablas 3.2. y 3.3 detalla los datos levantados por los subsectores "cultivos anuales y hortalizas" e "industria pecuaria y leche", los cuales identifican mediciones del producto con claridad. Asimismo, existe claridad en la identificación de los productos en el subsector "frutícola" medido a través de sus Catastros. Sin embargo, los insumos necesarios para estimar los indicadores propuestos en las Tablas 3.7 y 3.8 no son suficientes y están restringidos a hectáreas en el caso cultivos anuales o existencias de ganado para el sector pecuario. En el caso de frutales, los catastros entregan información de hectáreas y número de trabajadores, aunque falta detalles sobre la mano de obra necesarios para generar los indicadores mencionados en este Capítulo, tales como: número de trabajadores por categoría (permanente y temporal); características socioeconómica de los trabajadores; número de horas trabajadas por producto; salario neto, incluyendo estimación para la mano de obra no pagada; y valor de cualquier compensación o beneficios pagados por el empleador.

OE6. Experiencias nacionales e internacionales

Las experiencias internacionales aquí presentadas dan cuenta de análisis de eficiencia técnica a partir de datos censales, como en el caso de Brasil o bien de la generación de una red internacional de benchmarking, como en el caso de Alemania. Nuevamente, para generar este tipo de iniciativas a partir de la información del Censo se requiere además un listado exhaustivo de construcciones y maquinarias (uso del capital) y los datos necesarios para el cálculo de la depreciación. Finalmente, la plataforma requiere los costos variables de producción separados en insumos (semillas, fertilizantes, pesticidas, energía, combustible, entre otros) y labores (mano de obra contratada y familiar), es decir al menos un detalle de insumos clasificados como "clásicos" en este Capítulo.

Foco Estratégico 3. Agenda

La Tabla 3.9 resume los OE7, OE8 y OE9, que dan cuenta de una propuesta de mejora y nuevas mediciones estadísticas realizadas actualmente por ODEPA, identificación de actores relevantes y variables claves para la medición de indicadores, respectivamente. Se utilizan los productos estadísticos existentes para esta propuesta de agenda.

La agenda propuesta se basa en cambios en algunos de los productos estadísticos de ODEPA, comenzando por aquellos que centran su atención en cultivos anuales y hortalizas como primera etapa (fines del 2018). Los cambios sugeridos son transversales a todos los subsectores aquí analizados y se basan en dos puntos esenciales: i) incorporar en el diseño del cuestionario preguntas de insumos y capital; y ii) rediseñar los

tamaños muestrales conforme a recursos involucrados y marco muestral. Para el caso de los productos de intenciones de siembra y pronóstico de cosecha no se sugieren cambios en el corto plazo. En una segunda etapa la agenda busca intervenir con cambios similares al subsector industria pecuaria y leche, manteniendo sin cambio la encuesta a la industria de cecinas, y finalmente en el sector frutícola se debe implementar mejoras en el diseño del cuestionario con miras a los catastros a realizarse en el año 2019.

3.4. Resumen

En este Capítulo se realizó un análisis crítico de indicadores de productividad, rentabilidad de la tierra, y productividad de la mano de obra y del capital. Posteriormente se analizó y clasificó la meta-data descrita en el Capítulo 1 en función de las variables utilizadas por la literatura internacional para la medición de productividad y ET, obteniéndose seis dimensiones de variables. La primera dimensión se denomina *Insumos Clásicos* que incluye las variables tierra y capital, referido éste principalmente a insumos comprados, tales como semillas, fertilizantes, pesticidas, materiales, entre otros. Esta dimensión también incluye la variable mano de obra (familiar y contratada), gastos de maquinaria, tracción animal y en menor frecuencia variables relacionadas con energía y combustibles. La segunda dimensión la componen *Variables medioambientales*, las que fueron divididas en dos: intrapredial (fertilidad, nutrientes, pendiente y presencia de suelos degradados) y extrapredial (clima, precipitaciones, temperatura, altitud del predio). La tercera y cuarta dimensiones identificadas son *Sistemas Agrícolas*, y *Capital Humano y Social*, respectivamente. Dentro de las variables de sistemas agrícolas se destaca la incorporación en el modelo de producción el uso de tecnologías, principalmente aquellas relacionadas con semillas mejoradas, riego y mejores prácticas de manejo. La dimensión de capital humano incluye variables de educación del tomador de decisiones, género, edad, experiencia y etnia. La quinta dimensión corresponde a variables de índole *financiero* como el acceso al crédito e incentivos, y la última dimensión son variables específicas para el sector de *lechería*.

Luego, se describieron las principales fuentes de datos disponibles en Chile, principalmente financiadas por ODEPA y ejecutadas por el INE y CIREN. Con esta información se realiza un análisis crítico de la calidad, continuidad en el tiempo, presupuesto y de la comparación (o compatibilidad) de diferentes fuentes de información identificadas. Adicionalmente, se propuso una agenda estratégica que permita disminuir las brechas de información detectadas en la medición de la productividad en el sector agropecuario. Este análisis incluye la definición de los pasos necesarios para la obtención de la información faltante de las diferentes fuentes, y el rol de cada uno de los actores relevantes propuestos en la agenda estratégica.

El análisis crítico se construyó en torno a un objetivo estratégico definido como la determinación de brechas que existen en la medición y análisis de la productividad en el sector agrícola chileno. Este objetivo persigue resultados tales como: i) consolidar la medición de la productividad agrícola chilena a través de distintos indicadores; y ii) desarrollar un análisis crítico respecto de existencia, calidad y confianza de los datos necesarios para la medición. Para el logro del objetivo se propusieron tres focos estratégicos relacionados con la generación de indicadores, revisión de datos actuales y agenda estratégica, para la disminución de las brechas de información.

La Agenda Estratégica se esbozó en función de realizar dos grandes planes de mejora: i) Incorporar en el diseño del cuestionario preguntas de insumos y capital; y ii) Rediseñar los tamaños muestrales conforme a recursos involucrados y marco muestral. Es crucial incorporar estas variables tanto para el levantamiento de información de cultivos anuales y hortalizas, sector pecuario y para los catastros agrícolas, y también para el próximo Censo Agropecuario.

Finalmente, hacemos notar que el costo recurrente anual para recolectar información asociada con el sector agrícola chileno asciende aproximadamente a $ 342.000.000 sin incluir el Catastro Frutícola cuyo monto anual supera los $ 500.000.000. Esta suma no incluye el costo de levantar el Censo Agropecuario. Parte del análisis que se debe hacer en la implementación de la Agenda Estratégica incluye determinar si es posible reasignar los recursos existentes con el objetivo de obtener mejores datos y con mayor detalle con respecto a las diferentes variables examinadas en este Capítulo. Por otra parte, también cabe considerar si los recursos asignados son suficientes para implementar un sistema efectivo de medición y monitoreo de la productividad del sector agrícola y subsectores, usando indicadores y métodos idóneos como los que se examinan en este estudio.

Tabla 3.1 Indicadores de rentabilidad, mano de obra, capital y productividad

Indicadores	Fuentes	Variables utilizadas
Rentabilidad	Pine (1948), Heady (1952), Murray (1969), Nieuwoudt y Jong (1985), Barlowe (1996)	Producción física de cultivos y los precios esperados de éstos. Medición física de los insumos utilizados (fertilizantes, pesticidas, mano de obra, tracción animal, impuestos, gastos financieros)
	Kumar, Sharma y Joshi (2016)	Valor de la producción: variables (fertilizantes, mano de obra agrícola, tractores, set de bombas, número de trabajadores alfabetos en área, longitud de camino ferroviario)
	Dias Avila y Evenson (2010)	Valor de la producción: Cantidad productos * precios productos
	Gordon y Gretton (2015), McLellan (2004)	Rentabilidad: Valor final de ventas - insumos usados en producción
	Lobos y Tristán (2005)	Rentabilidad: indicadores (Valor actual neto (VAN); tasa interna de retorno (TIR); índice de valor actual neto (IVAN); razón beneficio-costo (RBC)
	Troncoso (2009)	Rentabilidad: relación porcentual entre el resultado anual de la empresa y el valor de los activos
	Okpokiri, Onwusiribe y Onukwe (2016)	Rentabilidad: TR-TC=TR: ingreso total (P*Q); TC= costo total (CVT+CFT) P=precio por unidad de producto; Q=cantidad de producto; CVT=costo variable total; CFT=costo fijo total
Valor de la Tierra	Nieuwoudt y Jong (1985), Barlowe (1996), Carter (1984)	
Rentabilidad/ Productividad de la tierra	FAO (2017), Newell (1997), Wiredu *et al.* (2010)	Volumen de producción/Área plantada Outputs: Producción de cultivos, número de animales por especie; producción ganadera en cantidades y valores. Inputs: Área plantada total por cada grupo de cultivos; costo anual promedio por unidad de tierra; superficie total de tierra disponible para cultivos; porción de tierra utilizada para pastoreo; sistema de gestión de ganado
	Sala y Silva (2013)	Valor agregado real /total de empleados
	Kokoye (2013)	Unidades: género del propietario, experiencia en agricultura, ingreso fuera del predio, tamaño del hogar, tamaño del cultivo, capital del propietario

	Kumar, Sharma y Joshi (2016)	Unidades: área regada por hectárea; fertilizantes por hectárea; mano de obra por hectárea; tractores por hectárea; juegos de bombas por hectárea; población alfabeta por hectárea; precipitación anual actual (mm); temperaturas máximas y mínimas promedio
	Madsen e Islam (2016)	Relación entre PIB agrícola y tierra cultivable (Y/T) Variables: stock en gasto total en I+D; relación entre trabajo agrícola y tierras de cultivo; relación entre consumo de fertilizantes y tierras de cultivo y relación entre stock de capital agrícola y tierra cultivable
Productividad Mano de Obra	FAO (2017), Okoye, B.C. *et al.* (2008), Oladejo *et al.* (2011)	Unidades: Jornadas Hombre (JH), días trabajados, características de los trabajadores, salario neto
	FAO (2017)	Volumen de producción/Unidades de mano de obra utilizadas. Unidades: número de trabajadores por categoría, incluyendo mano de obra familiar no pagada; características de los trabajadores; número de horas trabajadas por producto/actividad agrícola; salario neto, incluyendo estimación para la mano de obra no pagada (familiar); valor de cualquier compensación o beneficios pagados por el empleador
	Kokoye (2013)	Unidades: género del propietario, experiencia en agricultura, ingreso fuera del predio, acceso al crédito, tamaño del hogar, tamaño del cultivo, capital del propietario
	Kohlmann (2003), Oliveira *et al.* (2016)	Volumen de producto/unidad de labor usada.
	Schreyer and Pilat (2001)	Mano de obra en total de horas trabajadas por persona
	Okpokiri, Onwusiribe y Onukwe (2016)	Variables: Nivel de educación; edad; tamaño del hogar; tamaño del predio; capital; materiales de plantación; fertilizantes; mano de obra
Productividad del Capital	FAO (2017), Kokoye (2013)	Volumen de producto/volumen de capital. Métodos: Servicios de Capital = Stock de Capital *precios de arriendo
	Schreyer and Pilat (2001)	Capital, medido como horas máquina totales
	FAO (2017)	Volumen de producción/Volumen de entrada de capital. Unidades: activos, tipos y precios; tasas de depreciación; serie temporal de gastos en el activo; patrón de retiros de los activos; años de eficiencia

Fuente: Elaborado por los autores, 2017.

Tabla 3.2 Levantamiento de información de cultivos anuales y hortalizas

Producto	Entidad ejecutora (A quien transfiere los	Alcance temático / Variables de interes	Variables Productividad (si o no / unidad análisis = $ o fisicas)			Observaciónes disponibilidad base de datos y resultados	Muestreo	Corte transversal o panel	Número de encuestas	Recolección de datos	Cobertura	Fecha de levantamiento	Frecuencia de levantamiento	Fecha de entrega	Set entregado	Costo total ($)	Costo ($) /encuesta
			Capital	Trabajo	Insumos												
ENCUESTA DE COSECHA DE CULTIVOS ANUALES	**INE**	Superficie y producción de cultivos anuales cosechados durante la temporada 2016/17. se solicita información de superficie (ha) y producción (qqm) de cultivos anuales por especie	Si. *Restringido a la superficie total de la explotación y sembradas*	no	no	resultados disponibles desde temporada 2010/2011 a 2015/2016 http://icet.odepa.cl/	Submuestra del directorio de la Encuesta de Superficie Sembrada de Cultivos Anuales período 2016/2017. Muestreo Aleatorio estratificado. Se presentan coeficientes de variación	Corte transversal con posibilidades de construir panel de datos	1.528	Presencial por medio de encuestadores y encuestas digitadas en sistema web.	Regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O´Higgins, Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.	Abril-Mayo de cada año	Anual	jun-17	1.- Informe de resultados. 2.- Base de Datos Innominada e Indeterminada. 3.- Informe actualización marco muestral. 4.- Coeficientes de Variación. 5.- Memoria Metodológica.	33.000.000	21.597
ENCUESTA DE SUPERFICIE DE HORTALIZAS 2017	**INE**	Superficie sembrada o plantada de los cultivos correspondientes al año 2017. Se incluyen los de medieros e inquilinos, y los que se tengan por seguro sembrar o plantar hasta el 31 de diciembre del 2017. Superficie sembrada o plantada al aire (hectáreas) o en invernadero (metros cuadrados) de cada una las especies.	Si. *Restringido a la superficie total de la explotación y sembradas o plantadas*	no	no	resultados disponibles desde año 2009 a 2016 http://icet.odepa.cl/	Muestreo aleatorio estratificado: 0,1 ha o más del total de cultivos de hortalizas.	Corte transversal con posibilidades de construir panel de datos	8.842	Presencial por medio de encuestadores y encuestas digitadas en sistema web.	Regiones de Arica y Parinacota, Atacama, Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O´Higgins, Maule, Biobío y Araucanía.	Noviembre -Diciembre de	Anual	mar-18		100.000.000	11.310
ENCUESTA DE SUPERFICIE SEMBRADA DE CULTIVOS ANUALES 2017/2018	**INE**	Superficie sembrada y por sembrar de cultivos anuales y semilleros 2017/2018. Se incluye la superficie de los semilleros, excepto los de tabaco, remolacha, achicoria industrial y tomate industrial.	Si. *Restringido a la superficie total de la explotación, siembra de cultivos anuales y otros usos de la explotacion (otras especies vegetales)*	no	no	resultados disponibles desde temporada 2011/2012 a 2016/2017 http://icet.odepa.cl/	Muestreo aleatorio estratificado: 1 ha o más del total de cultivos anuales.	Corte transversal con posibilidades de construir panel de datos	7.736	Presencial por medio de encuestadores y encuestas digitadas en sistema web.	Regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O´Higgins, Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.	Noviembre -Diciembre de	Anual		1. Cuadros de resultados. 2. Base de datos innominada e indeterminada. 3. Metodología Muestral. 4. Resultados Comentados.	170.000.000	21.975
ESTUDIO DE PRONÓSTICO DE COSECHA DE CULTIVOS ANUALES	**INE**	Obtener, un pronóstico de los rendimientos expresados en variación porcentual de los principales cultivos anuales para el año agrícola consultado.	Si. *Restringido al volumen de produccion*	si. Restringido al costo de mano de obra	si. Restringido al costo de ciertos insumos	resultados disponibles desde temporada 2010/2011 a 2015/2016 http://icet.odepa.cl/	No aplica muestra. Es un directorio que conforma un panel de expertos.	Corte transversal con posibilidades de construir panel de datos	s/i	Encuestas presenciales y telefónicas.	Regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O´Higgins, Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.	Mayo de cada año	Anual	abr-17	1. Cuadros de resultados. 2. Base de datos innominada e indeterminada. 3. Metodología	4.600.000	s/i
PRIMER ESTUDIO DE INTENCIONES DE SIEMBRA DE CULTIVOS ANUALES.	**INE**	Obtener para el mes de Junio del año agrícola consultado, un pronóstico de la superficie sembrada de los principales cultivos anuales producidos en el país.	Si. *Restringido al volumen de produccion*	si. Restringido al costo de mano de obra	si. Restringido al costo de ciertos insumos	resultados disponibles desde temporada 2010/2011 a 2015/2016 http://icet.odepa.cl/	No aplica muestra. Es un directorio que conforma un panel de expertos.	Corte transversal con posibilidades de construir panel de datos	s/i	Encuestas presenciales y telefónicas	Regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O´Higgins, Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.	Junio de cada año	Anual	jul-17	1. Cuadros de resultados. 2. Base de datos innominada e indeterminada. 3. Metodología	4.300.000	s/i
SEGUNDO ESTUDIO DE INTENCIONES DE SIEMBRA DE CULTIVOS ANUALES.	**INE**	Obtener para el mes de Octubre del año agrícola consultado, un pronóstico de la superficie sembrada de los principales cultivos anuales producidos en el país.	Si. *Restringido al volumen de produccion*	si. Restringido al costo de mano de obra	si. Restringido al costo de ciertos insumos	resultados disponibles desde temporada 2010/2011 a 2015/2016 http://icet.odepa.cl/		Corte transversal con posibilidades de construir panel de datos	s/i			Octubre de cada año	Anual	oct-17	1. Cuadros de resultados. 2. Base de datos innominada e indeterminada. 3. Metodología	4.300.000	s/i

Tabla 3.3. Levantamiento de información de industria pecuaria y leche

Producto	Entidad ejecutora (A quien transfiere los	Alcance temático / Variables de interes	Variables Productividad (si o no / unidad análisis = $ o fisicas)			Observaciónes disponibilidad base de datos y resultados	Muestreo	Corte transversal o panel	Número de encuestas	Recolección de datos	Cobertura	Fecha de levantamiento	Frecuencia de levantamiento	Fecha de entrega	Set entregado	Costo total ($)	Costo ($) /encuesta
			Capital	Trabajo	Insumos												
ENCUESTA DE LA INDUSTRIA DE CECINAS	**INE**	Producción industrial en kilogramos durante enero-junio/julio-diciembre, según productos clasificados por su ingrediente principal.	no	si. *Restringido al numero de trabajadores permanentes y temporales*	no	resultados disponibles desde año 2010 a 2016 http://icet.odepa.cl/	No aplica muestra dado que es un directorio de tipo censal. N° de Informantes 100	Corte transversal con posibilidades de construir panel de datos	200	Por sistema Web y presencial por medio de encuestadores	Regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O´Higgins, Maule, Biobío, La Araucanía, los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes.	Primer y segundo semestre de año en curso	Semestral	abril 2017 y septiembre 2017	1. Cuadro de resultados. 2. Base de datos innominada e indeterminada. 3. Resultados Comentados.	8.000.000	40.000
ENCUESTA CRIADEROS DE AVES	**INE**	Actividades del criadero durante el semestre postura, carne (broilers y otros), reproducción, recría de aves de postura, incubación, recría de aves de reproducción, matadero o fábrica de alimentos.	Si. *Restringido al numero de existencias animales*	si. *Restringido al numero de trabajadores permanentes y temporales*	no	resultados disponibles desde año 2010 a 2016 http://icet.odepa.cl/	No aplica muestra dado que es un directorio de tipo censal. N° de Informantes 130	Corte transversal con posibilidades de construir panel de datos	260	Encuestas informadas en sistema web	Regiones de Arica y Parinacota, Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O´Higgins, Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén.	Primer y segundo semestre de año en curso	Semestral	abril 2017 y septiembre 2017	1. Cuadro de resultados. 2. Base de datos innominada e indeterminada. 3. Resultados Comentados	3.000.000	11.538
ENCUESTA CRIADEROS DE CERDOS	**INE**	Número de cerdos existentes en el criadero el último día del semestre en estudio (30 de junio o 31 de diciembre), según estén destinados a la reproducción o engorda, por categorías.	Si. *Restringido al numero de existencias animales*	si. *Restringido al numero de trabajadores permanentes y*	no	resultados disponibles desde año 2010 a 2016 http://icet.odepa.cl/	No aplica muestra dado que es un directorio de tipo censal N° de Informantes 49	Corte transversal con posibilidades de construir panel de datos	98	Encuestas informadas en sistema web.	Regiones de Valparaíso, Metropolitana, O´Higgins, Maule, Biobío y La Araucanía.	Primer y segundo semestre de año en curso	Semestral	abril 2017 y septiembre 2017	1. Cuadro de resultados. 2. Base de datos innominada e indeterminada. 3. Resultados Comentados	3.500.000	35.714
ENCUESTA DE LA INDUSTRIA LÁCTEA MENOR	**INE**	Obtener información detallada de las industrias procesadoras de leche fresca, recepcionada por origen del producto (de producción propia o adquirida a terceros). Producción por tipo de producto elaborado.	Si. *Restringido al volumen de produccion*	no	no	resultados disponibles desde año 2009 a 2016 http://icet.odepa.cl/	No aplica muestra dado que es un directorio de tipo censal. N° de Informantes 117	Corte transversal con posibilidades de construir panel de datos	351	Encuestas informadas en sistema web y otras presenciales.	Regiones de Arica y Parinacota, Coquimbo, Valparaíso, O´Higgins, Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Metropolitana.	Trimestre siguiente de la entrega	Trimestral	Abril-junio-septiembre-diciembre 2017	1. Cuadro de resultados. 2. Base de datos innominada e indeterminada. 3. Resultados Comentados.	11.000.000	31.339

Tabla 3.4 Catastros Frutícolas

Año	Región(es)
2002	Valparaíso
2003	Lib. Bernardo O´Higgins
2004	Metropolitana
2005	Atacama; Coquimbo
2006	Los Lagos
2007	Maule; Biobío; La Araucanía
2008	Valparaíso
2009	Lib. Bernardo O´Higgins
2010	Metropolitana
2011	Atacama; Coquimbo
2012	Biobío; La Araucanía; Los Lagos; Los Ríos
2013	Maule
2014	Valparaíso; Metropolitana
2015	Atacama; Coquimbo; Lib. Bernardo O´Higgins
2016	Arica y Parinacota; Tarapacá; Maule; Biobío; La Araucanía; Los Lagos; Los Ríos; Aysén
2017	Valparaíso; Metropolitana

Fuente: Elaborado por los autores con información de ODEPA 2017.

Tabla 3.5 Cluster multivariado para el perfil comercial AFC-1

Cluster	%	Activos (UF) Promedio	Ingresos (US$) Promedio	Costos ($) Promedio
Grupo 1 AFC	15,2	1.328 (n.s.)	42.775 *	17.886 *
Resto AFC	84,8	1.151	8.729	4.702

Las variables marcadas con asterisco (*) indican la existencia de diferencias significativas entre el grupo de agricultores con perfil comercial AFC-1 y el resto de la muestra. n.s.: no significativo.

Fuente: DEA 2009.

Tabla 3.6 Variables socioeconómicas y productivas de agricultores del programa SAT

Variables	Unidad	Promedio		
		AFC avanzada	Resto AFC	Total
Edad (años) (n.s.)	años	51	51	51
Escolaridad				
Sin Estudios	porcentaje	1,7%	3,6%	3,8%
Básico Incompleto (*)		30,5%	42,3%	39,8%
Básico Completo (*)		42,3%	24,7%	27,2%
Media Incompleta		8,5%	8,3%	8,4%
Media Completa		11,7%	18,3%	17,2%
Educación Superior		5,1%	2,7%	3,5%
Sexo (*)				
Masculino	porcentaje	89%	79%	80,4%
Femenino		11%	21%	19,6%
Tamaño familiar (n.s.)	integrantes	3,6	3,5	3,7
Ingreso Intrapredial (*)	US$	37.040	9.312	13.970
Superficie cultivada (*)	Ha físicas	11,4	8,1	10,1
Inicio de Actividades (*)	porcentaje	100%	46%	73%
Activos (n.s)	UF	1.535	1.059	1.118
Acceso a Crédito (*)	porcentaje	57%	37%	41%
Incentivos (n.s.)				
SIRSD	porcentaje	27%	20%	21%
PDI		20%	15%	16%
Riego		1,6%	1%	1%
Otros		30,5%	14%	17%

Fuente: DEA 2009.
Las variables marcadas con asterisco (*) indican la existencia de diferencias significativas entre el grupo de agricultores con perfil comercial AFC-1 y el resto de la muestra. n.s.: no significativo.

Tabla 3.7 Resumen de indicadores de productividad

Subsector	indicador	Producto (s)
1. Cultivos anuales y hortalizas	Productividad subsector 1	-Producción -Valor de producción
2. Industria pecuaria y leche	Productividad subsector 2	-Producción -Valor de producción
3. Frutales	Productividad subsector 3	-Producción -Valor de producción
4. Indicador agregado (Sector agropecuario)	Productividad Agropecuaria	-Valor de producción agregada

Fuente: Elaborado por los autores, 2017.

Tabla 3.8 Indicadores y variables clave (productos e insumos)

Indicador	Producto	Insumos
Productividad Total de los Factores	Producción física de cultivos y sus precios(esperados o actuales)	Medición física de los insumos clásicos utilizados, (ejemplo: tierra, fertilizantes, pesticidas, mano de obra, tracción animal, impuestos, gastos financieros), disponibilidad de datos de panel
Rentabilidad		Tasa de descuento, medición física de los insumos clásicos utilizados, precios de insumos
Valor de la Tierra		Rentabilidad: a través de la utilidad (ingresos menos costos totales)
Productividad de la tierra	Producción/área cultivada	Tierra y el resto de insumos clásicos
Productividad de la mano de obra	Volumen de producción / Unidades de mano de obra utilizadas	número de trabajadores por categoría, características de los trabajadores; número de horas trabajadas por producto; salario neto, incluyendo estimación para la mano de obra no pagada; valor de cualquier compensación o beneficios pagados por el empleador
Productividad del capital	Volumen de producción y volumen de entrada de capital	Capital y medición física de insumos clásicos

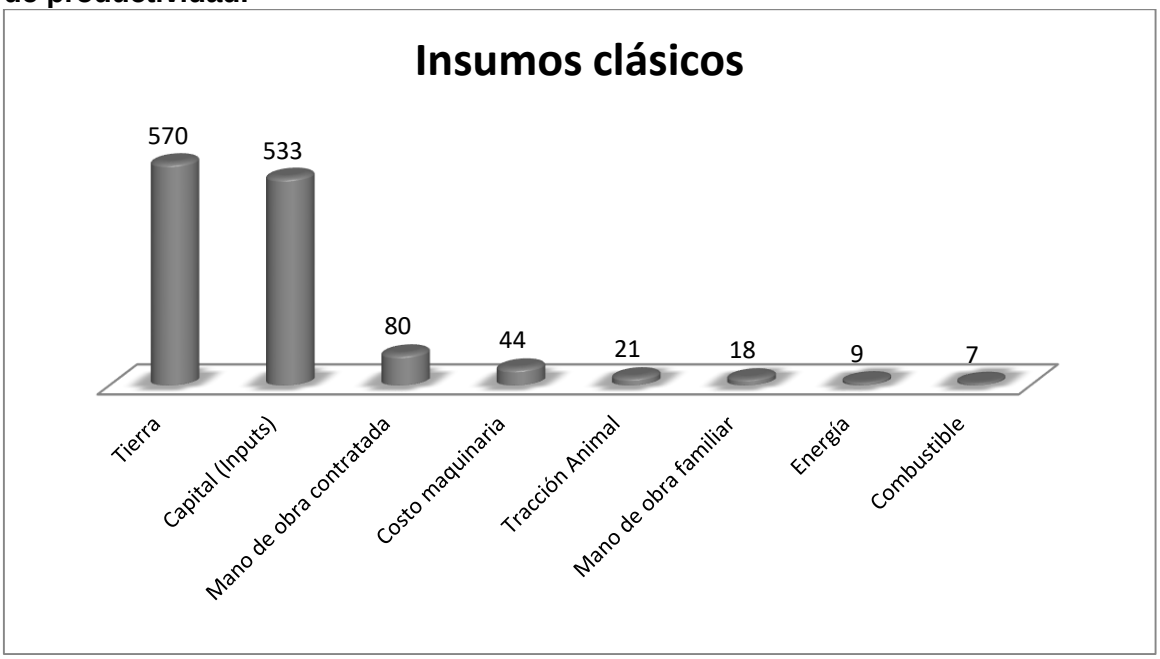
Fuente: Elaborado por los autores, 2017.

Tabla 3.9 Propuesta de agenda estratégica

Subsector	Producto(s)	Propuesta de mejora	Frecuencia de levantamiento	Plazo de mejora	Responsables
Cultivos anuales y hortalizas	Encuesta de cosecha de cultivos anuales	- Incorporar en el diseño del cuestionario preguntas de insumos y capital (Tabla 3.8). - Rediseñar tamaño muestral conforme a recursos involucrados y marco muestral	Anual	Dic 2018	ODEPA, INE
	Encuesta de superficie de hortalizas		Anual	Dic 2018	ODEPA, INE
	Encuesta de superficie sembrada de cultivos anuales		Anual	Dic 2018	ODEPA, INE
	Pronóstico de cosecha de cultivos anuales	Sin Cambios	Anual	-	ODEPA, INE
	Primer estudio Intensiones de siembra de cultivos anuales		Anual	-	ODEPA, INE
	Segundo estudio Intensiones de siembra de cultivos anuales		Anual	-	ODEPA, INE
Industria pecuaria y leche	Industria de cecinas	Sin Cambios	Semestral	-	ODEPA, INE
	Encuesta criadero de aves	Incorporar en el diseño del cuestionario preguntas de insumos y capital (Tabla 3.8). - Rediseñar tamaño muestral conforme a recursos involucrados y marco muestral	Semestral	Primer semestre 2019	ODEPA, INE
	Encuesta criadero de cerdos		Semestral		ODEPA, INE
	Encuesta Industria láctea menor		Semestral		ODEPA, INE
Fruticultura	Catastro frutícola	- Incorporar en el diseño del cuestionario preguntas de insumos y capital (Tabla 3.8). - Rediseñar tamaño muestral conforme a recursos involucrados y marco muestral	Anual, distintas regiones	Dic 2018	ODEPA, CIREN

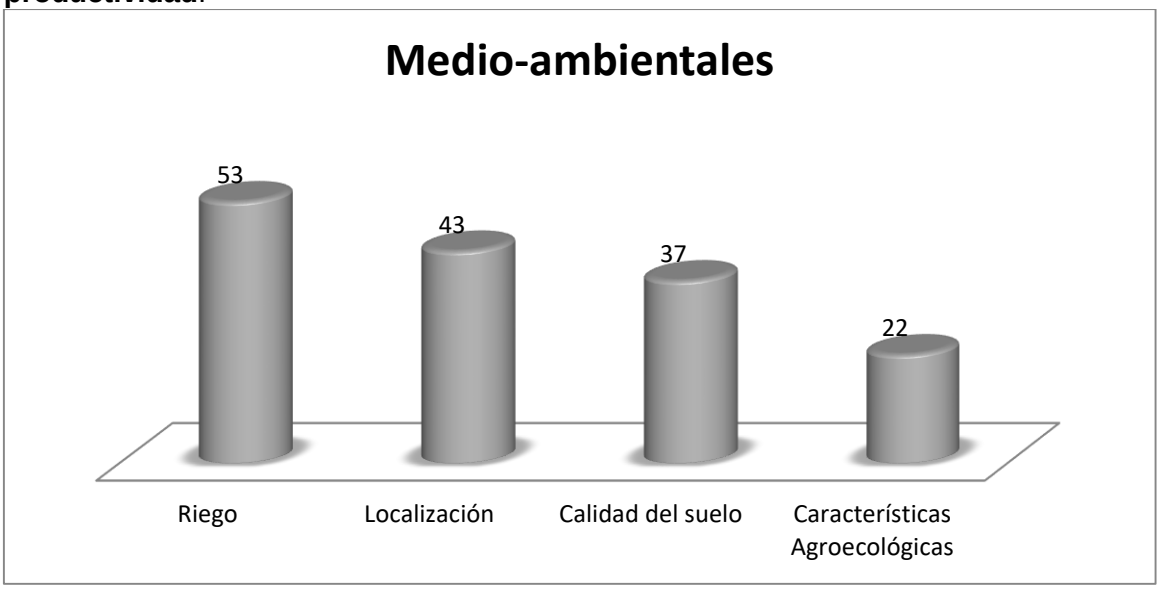
Fuente: elaborado por los autores, 2017.

Figura 3.1 Frecuencia de dimensión "Insumos Clásicos" de producción en estudios de productividad.



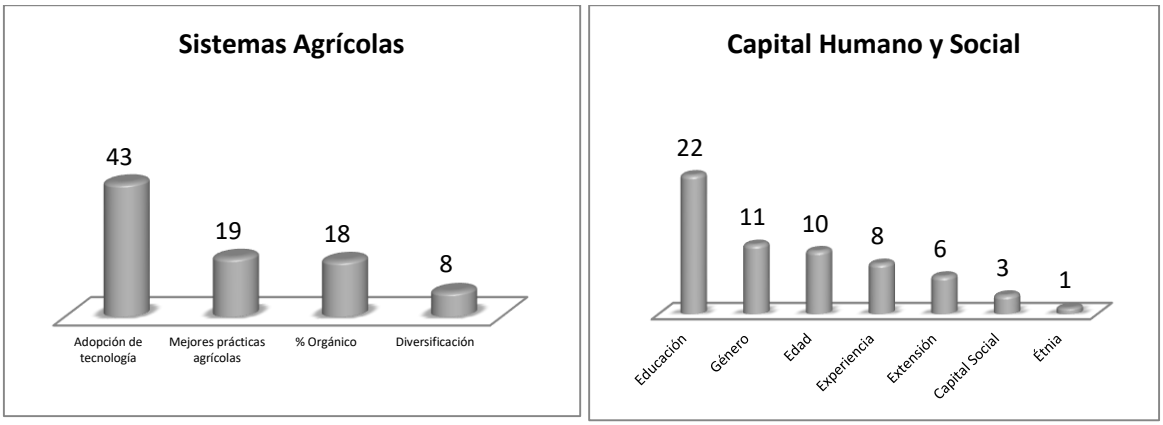
Fuente: Elaborado por los autores, 2017.

Figura 3.2 Frecuencia de dimensión variables "Medio-Ambientales" en estudios de productividad.



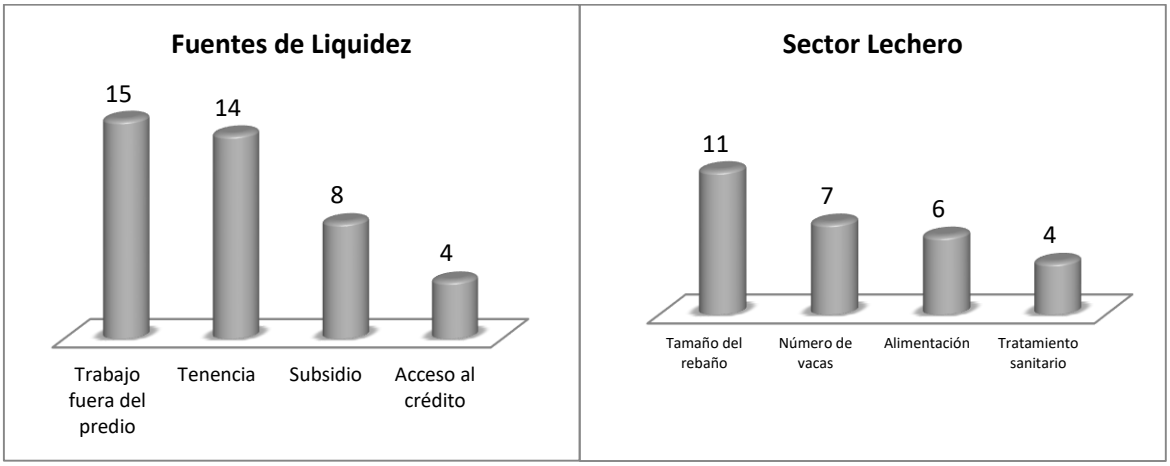
Fuente: Elaborado por los autores, 2017.

Figura 3.3 Frecuencia de dimensiones "Sistemas Agrícolas" y "Capital Humano y Social".



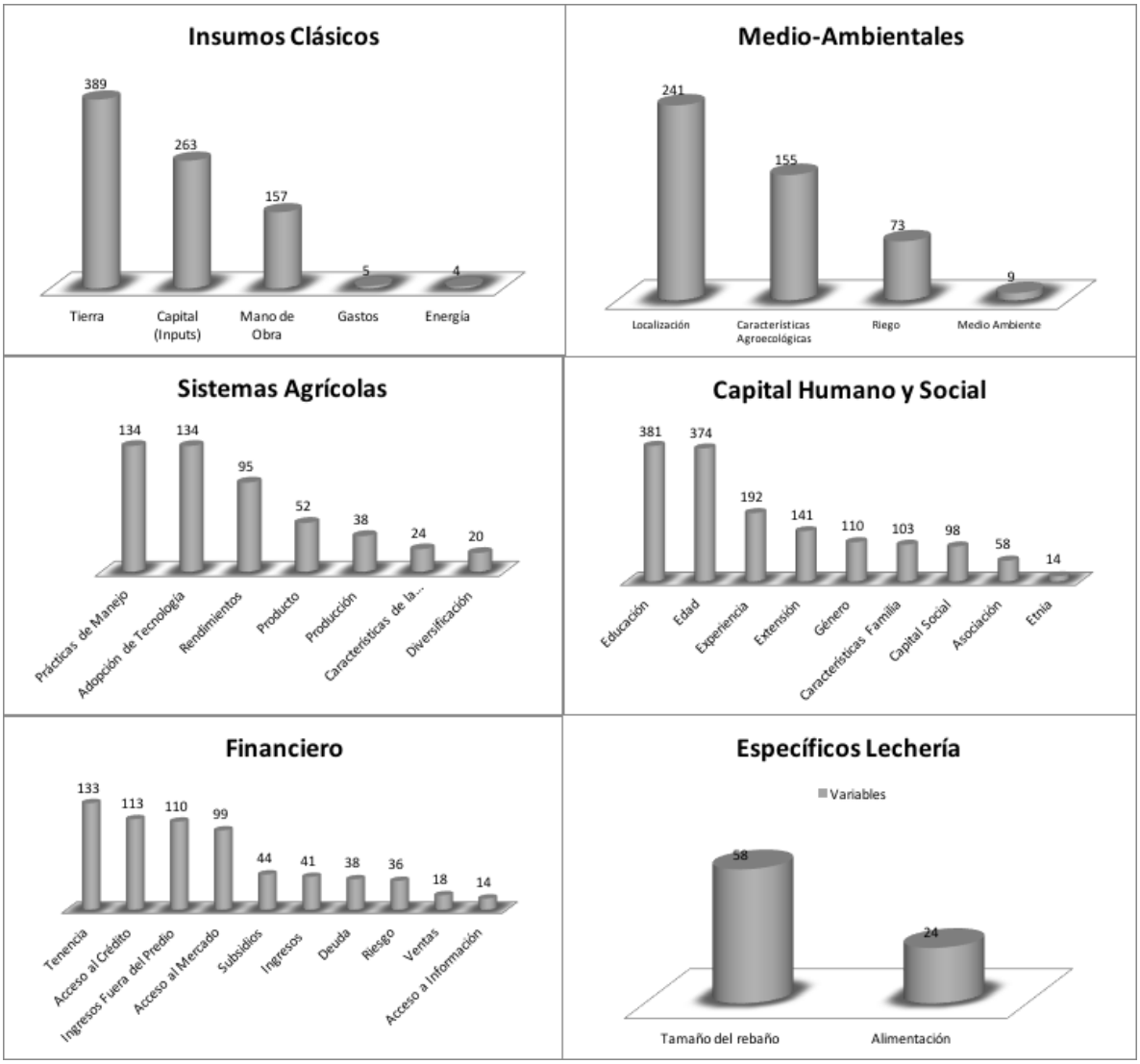
Fuente: Elaborado por los autores, 2017.

Figura 3.4 Frecuencia de dimensiones "Financiera" y dimensión del "Sector Lechero".



Fuente: Elaborado por los autores, 2017.

Figura 3.5 Clasificación de las dimensiones y frecuencia de variables que explican ineficiencia.



Fuente: Elaborado por los autores, 2017.

Figura 3.6 Focos estratégicos para disminuir brechas en medición de productividad

Fuente: Elaborado por los autores, 2017.

CAPÍTULO 4 - Productividad en el sector lechero: Estudio econométrico

4.1. Introducción

El **Objetivo Específico 3** consiste en elaborar un **estudio de la productividad para el sector lechero de Chile**. Para este efecto, se mide la Productividad Total de los Factores (PTF) para una muestra de predios lecheros usando diferentes metodologías de fronteras estocásticas de producción (FEP) para datos de panel. Luego se presenta una descomposición exhaustiva de los diferentes elementos que explican la evolución del cambio en la productividad, usando la metodología de O'Donnell (2016), a partir de parámetros estimados con dos modelos alternativos que resultan ser los más adecuados para los datos disponibles.

Las FEP se han utilizado ampliamente durante más de 40 años y durante este período, como se mencionó anteriormente, se han introducido muchas innovaciones -particularmente en la última década- para fronteras que usan datos de panel. Un número apreciable de estudios ha usado modelos FEP para analizar la ET de predios productores de leche en una variedad de entornos (e.g., Battese y Coelli 1988; Kumbhakar y Tsionas 2006; Tauer y Mishra 2006; Bravo-Ureta *et al.* 2007; Moreira y Bravo-Ureta 2009; Cabrera, Solís y Corral 2010; Mayen, Balagtas y Alexander 2010; Moreira y Bravo-Ureta 2010; Mukherjee, Bravo-Ureta y Vries 2013; Njuki y Bravo-Ureta 2015; Latruffe *et al.* 2017).

De los numerosos estudios focalizados en la ET de lecherías, un grupo más reducido ha ido más allá de la ET como componente de la productividad. Entre los estudios que realizan un análisis más profundo del crecimiento de la producción y de la productividad en el sector lechero podemos citar a Lachaal (1994), Ahmad y Bravo-Ureta (1995, 1996), Tauer (1998), Mosheim y Lovell (2009), y Qi, Bravo-Ureta y Cabrera (2015) para los Estados Unidos; Richards (1995) para Canadá; Piesse, Thirtle y Turk(1996) para la ex Yugoslavia; Brümmer, Glauben y Thijssen (2002) para 3 países europeos; Newman y Matthews (2007) para Irlanda; Kumbhakar *et al.* (2008) para Noruega, y Moreira y Bravo-Ureta (2016) para Chile.

En este capítulo aplicamos modelos de FEP para datos de panel y métodos para descomponer la PTF introducidos recientemente usando datos provenientes de una muestra de predios lecheros ubicados en el sur de Chile.

4.2. Metodología

Nuestra estrategia de estimación parte de un modelo de panel simple el cual se contrasta estadísticamente con los modelos TFE y TRE (Greene 2005a y 2005b). Estas estimaciones y pruebas preliminares revelan la superioridad del modelo TRE. Luego se estiman los modelos *Generalized True Random Effects* (*GTRE*) presentando anteriormente en la ecuación 2.3, que ofrece una mayor flexibilidad y es una extensión del TRE (Greene 2005b). El *GTRE* asume que la ET tiene dos elementos distintos e identificables: 1) ET invariante o persistente en el tiempo; y 2) ET variante en el tiempo o transitoria (Colombi 2010, Colombi *et al.* 2014, Tsionas y Kumbhakar 2014).

Como ya se indicara, Filippini y Greene (2016) argumentan que la ET persistente captura rigideces estructurales en la organización del proceso productivo o carencias sistemáticas en la gestión empresarial que son invariantes durante un período razonable de tiempo. En contraste, la ET transitoria captura problemas de gestión no sistemáticos de corto plazo. Tsionas y Kumbhakar (2014), basados en Kumbhakar y Heshmati (1995), subrayan que la ET persistente es diferente a la heterogeneidad no observada. Por lo tanto, el *GTRE* incorpora un término para capturar la heterogeneidad no observable a nivel predial y además contiene un cuarto término que es el error estadístico tradicional.

Formalmente, el modelo *GTRE* que se estima más abajo es una expansión de la ecuación 2.3 y se puede expresar de la siguiente forma (Filippini y Greene 2016):

$$ln\, Y_{it} = \alpha_i + \sum_{m=1}^{M} \beta_m \ln X_{mit} + \gamma_1 z_t + \delta_1 T_t + \delta_2 T^2 + \nu_{it} - \mu_{it} - \eta_i \qquad (4.1)$$

donde: Y_{it} es la producción del predio i en el año *t*; X_{mit} son insumos; z es una variable medioambiental (sequía); T es una variable de tendencia que mide el CT, α, β, γ, y δ son parámetros a estimar. El término α_i captura la heterogeneidad no observable y se asume que sigue una distribución normal (w_i*~ iid N (0, σ_w^2)*) y que no está correlacionado con los regresores; y ν_{it} también tiene una distribución normal (ν_{it}*~ N (0, σ_v^2)*) y toma en cuenta el ruido estadístico.

Los componentes μ_{it} y η_i son los términos de ET transitoria y persistente, respectivamente (Colombi 2010; Tsionas y Kumbhakar 2014). El término variante en el tiempo,μ_{it}, tiene una distribución normal de una cola (μ_{it} *~ N^+ (0, σ_μ^2)*) y mide la ET transitoria. El término η_i es la ET persistente también con una distribución normal de una cola y varianza σ_η^2.

Los cuatro términos de error en la ecuación 4.1 se pueden combinar en dos elementos, uno invariante en el tiempo ($\alpha_i - \eta_i$) y otro variante ($\nu_{it} - \mu_{it}$) (Filippini y Greene 2016).

Para calcular la ET a partir de los resultados de la estimación del modelo *GTRE* usamos la ecuación de Jondrow *et al.* (1982), tomando en cuenta que tenemos dos indicadores de ET, transitoria y persistente, tal como lo ha implementado recientemente Qi, Bravo-Ureta y Cabrera (2017), es decir:

$$TE_{it} = exp(-\mu_{it}) \times exp(-\eta_i) \qquad (4.2)$$

Una vez estimado el modelo en la ecuación 4.1 procedemos al cálculo del índice de la PTF que se puede expresar como:

$$PTF_{it} = Q_{it}/X_{it}$$

donde Q_{it} es producto agregado y X_{it} es insumo agregado.

El cambio en la PTF (CPTF) de la firma i en el año *t* con respecto a la firma j en el año s se puede escribir como:

$$CPTF_{jsit} = \frac{PTF_{it}}{PTF_{js}} = \frac{Q_{it}/X_{it}}{Q_{js}/X_{js}} \qquad (4.3)$$

Al escoger un índice de PTF como un punto de referencia es posible comparar el *CPTF* entre firmas y a través del tiempo. Para este efecto, en este estudio utilizamos la metodología de O'Donnell (2016), la que cumple con una serie de axiomas teóricos entre los cuales está la transitividad. Además, esta metodología permite desglosar de una manera exhaustiva el *CPTF* de acuerdo a los siguientes componentes: Cambio tecnológico (CT_{st}); Cambio en eficiencia técnica (CET_{jsit}); Cambio en eficiencia de escala (CEE_{jsit}); Ruido estadístico (RES_{jsit}); y la heterogeneidad inobservable invariante en el tiempo (HET_{ji}). De esta forma, se obtienen resultados que permiten hacer recomendaciones con respecto a la administración predial y a políticas agrarias destinadas a fomentar la productividad.

En términos generales, podemos ilustrar el desglose del CPTF de la siguiente forma:

$$CPTF_{jsit} = \frac{PTF_{it}}{PTF_{js}} = \left(\frac{CT_t}{CT_s}\right)\left(\frac{CET_{it}}{CET_{js}}\right)\left(\frac{CES_{Et}}{CEE_{js}}\right)\left(\frac{RES_{it}}{RES_{js}}\right)\left(\frac{HET_i}{HET_j}\right) \tag{4.4}$$

En el caso de una frontera estocástica de producción con forma funcional Cobb-Douglas, el CPTF para el modelo *GTRE* presentado en la ecuación (4.1) se puede desglosar de la siguiente forma (O'Donnell 2016):

$$CPTF_{ksit} =$$

$$\left[e^{(g_t - g_s)}\right]\left[\prod_{m=1}^{M}\left(\frac{x_{mit}}{x_{mks}}\right)^{\beta_m - \lambda_m}\right]\left[\left(\frac{\exp(z_s)}{\exp(z_t)}\right)^{\gamma_1}\right]\left[e^{(u_{ks} - u_{it})}\right]\left[e^{(v_{ks} - v_{it})}\right]\left[e^{(a_k - a_i)}\right]\left[e^{(\eta_k - \eta_i)}\right] \tag{4.5}$$

donde: $\lambda_m = \sum_{m=1}^{M}\hat{\beta}_m$ es la medida de retornos de escala; $g_t = \delta_1 t + \delta_2 t^2$ y $g_s = \delta_1 s + \delta_2 s^2$ captura CT; el segundo término a la derecha del signo = refleja CEE; el tercer componente mide el efecto de la variable ambiental que en este caso es la sequía; el cuarto mide el cambio en ET transitoria; el quinto captura el ruido estadístico; el sexto la heterogeneidad no observada; y el séptimo toma en cuenta la ET persistente.

Además, nos interesa comparar el modelo *GTRE* con el modelo *PR-SPF* y este último se puede escribir como:

$$ln\, Y_{it} = \alpha_i + \sum_{m=1}^{M}\beta_{mit}\ln x_{mit} + \gamma_1 z_t + \delta_1 T_t + \delta_2 T^2 + \nu_{it} - \mu_{it} \tag{4.6}$$

Los argumentos en la ecuación 4.6 se definen igual que en el caso de la ecuación 4.1 teniendo en mente que se excluye el término η_i y que se agregan los subscriptos it a cada parámetro β lo que indica que cada observación tiene un valor diferente para estos parámetros. Por lo tanto, la expresión para el cálculo del CPTF con el modelo *RP-SPF* es la siguiente:

$$CPTF_{ksit} =$$

$$\left[e^{(g_t - g_s)}\right]\left[\prod_{m=i}^{M}\left(\frac{x_{mit}^{\beta_{mit} - b_m}}{x_{mks}^{\beta_{mks} - b_m}}\right)\right]\left(\frac{\exp(z_t)}{\exp(z_s)}\right)^{\gamma_1}\left[\frac{exp(u_{it})}{exp(u_{ks})}\right]\left[\frac{exp(v_{it})}{exp(v_{ks})}\right]\left(\frac{\exp(\alpha_i)}{\exp(\alpha_k)}\right) \tag{4.7}$$

Una diferencia entre la ecuación 4.7 y 4.5 es que en la 4.7 se introduce los términos de ponderación b_m para calcular el efecto escala y estos suman a 1. Además, en la ecuación 4.7 no hay ET persistente siendo toda la ET variante en el tiempo. La interpretación de los

componentes que aparecen en ambas ecuaciones es la misma que se describió debajo de la ecuación 4.3.

4.3. Datos

Los datos que se usan para la estimación del modelo *GTRE* y para el análisis del CPTF provienen del centro de gestión TODOAGRO creado en 1996 y que por varios años fue el más grande en la zona sur de Chile donde se produce el 20% de la leche del país. Los datos provienen de un panel no balanceado que incluye 477 predios lecheros ubicados principalmente en las regiones de Los Lagos y Los Ríos. Los datos son cifras anuales que van del 2005 al 2010 con un total de 1.426 observaciones. La mayoría de los predios tienen información para más de un año. Específicamente, casi el 15% de los predios tiene datos para los seis años (432 observaciones); 11% para cinco años (260 observaciones); 8% para cuatro años (160 observaciones); 17% para tres años (240 observaciones); 21% para dos años (203 observaciones); y el resto de los predios tienen datos sólo para un año (131 observaciones).

La Tabla 4.1 presenta la distribución de los predios por año, así como la media de todas las variables incluidas en los modelos econométricos, junto con el promedio de otros indicadores claves del desempeño de predios lecheros. Los datos de la Tabla 4.1 revelan que el número de predios fluctúa entre 284 en 2006 y 195 en 2005. La producción de leche promedio predial fue de 1.652.962 litros durante el período 2005 a 2010, mientras que el tamaño promedio del piño fue de 264 vacas. Aunque no se muestra en la Tabla 4.1, el predio más pequeño de la muestra tenía 18 vacas en 2006 comparado con el más grande con 1.738 en el 2010. Por lo tanto, la muestra incluye una variabilidad significativa en el número de vacas. El promedio de hectáreas dedicadas a la actividad lechera fue de 139. Nuevamente, aunque no se muestra en la Tabla 4.1, el total de hectáreas por predio exhibió una variación significativa, pasando de un mínimo de cinco en 2006 a un máximo de 798 en 2005. La Tabla 4.1 muestra una tendencia al alza en la producción media de leche por vaca, excepto en 2009, al igual que en el caso del alimento concentrado por vaca que tiene una tendencia similar a la producción de leche por vaca (parte inferior de la Tabla 4.1).

4.4. Resultados y discusión

La Tabla 4.2 presenta los resultados de las estimaciones de los modelos *TRE, GTRE* y *RP-SPF*. Puesto que la forma funcional es Cobb-Douglas, los parámetros para los insumos convencionales representan elasticidades (parciales) de producción. Como se puede apreciar, el valor de todos los parámetros estimados es muy similar para los tres modelos y altamente significativos. Como es común en estudios sobre lechería, la elasticidad de producción para vacas es la más alta con un valor igual a 0,58% indicando que un aumento del 1% en la cantidad de vacas lleva a un incremento en la producción de leche igual al 0,58%. El segundo factor en importancia es forraje lo que es consistente con el rol que este insumo tiene en los sistemas de producción de leche en las zonas de Los Lagos y Los Ríos. Las elasticidades de otros gastos y mano de obra son similares a la de forrajes, la elasticidad de concentrados es algo menor y la más baja es la de gastos veterinarios.

El parámetro lineal para la variable tendencia es negativo mientras que el cuadrático es positivo. Estos resultados indican que el cambio tecnológico durante el período analizado empieza negativo pero pasa a ser positivo con el correr de los años. Por ejemplo, en base a los resultados del modelo *GTRE* el cambio tecnológico para el año 2005 asciende a -1,96% (negativo) mientras que para el año 2010 el valor es 2,78% (positivo).

De interés es el coeficiente de la variable binaria sequía el cual es negativo con un valor cercano a 0,11 y significativo al 1%. Esto implica que la sequía, manteniendo todas las otras variables constantes, disminuyó la producción en un 10,4% (Halvorsen y Palmquist 1980). Este es un impacto significativo lo que sugiere la importancia de incluir información más precisa sobre variables climáticas; por lo tanto, es recomendable en el futuro complementar información de insumo-producto con datos sobre temperatura y precipitación. Esta información adicional permitiría un análisis más profundo del rol de variables climáticas en la productividad, un tema de creciente importancia en la literatura (Dell, Jones y Olken 2014; Lachaud, Bravo-Ureta y Ludeña 2017).

Los resultados de los modelos econométricos se usan para calcular ET y rendimientos de escala. De acuerdo a los resultados reportados en el Panel-A de la Tabla 4.3, la ET promedio para los modelos *TRE* y *RP-SPF* es 0,925 lo que es un valor relativamente alto en comparación con resultados reportados en otros estudios a nivel mundial (Bravo-Ureta *et al.* 2017) y más arriba en este estudio. El modelo *GTRE* arroja dos medidas de ET, transitoria y persistente con promedios de 0,931 y 0,986 respectivamente, con una ET total igual a 0,917 que se obtiene al multiplicar las dos primeras (Kumbhakar, Lien y Hardaker 2014).

La Tabla 4.3 en el Panel-B exhibe el promedio, mínimo y máximo de ET total promedio para cada uno de los seis años incluidos en nuestros datos (2005 al 2010) y para cinco grupos de predios de acuerdo a su tamaño en base al número de vacas (1-100; 101-200; 201-300; 301-400; >400). Estos resultados muestran que los promedios de ET Total son muy similares entre grupos y a través del tiempo.

Al interpretar los resultados de ET, es importante tener en cuenta que los datos que se utilizan provienen de agricultores que se han auto-seleccionado para participar en el sistema de registros productivos de TODOAGRO y probablemente están sobre el promedio en términos de gestión predial lo que sería consistente con una ET promedio relativamente alta.

Los resultados de rendimientos a escala (RES) reportados en la Tabla 4.3 son ligeramente crecientes con un valor igual a 1,03. Específicamente, si los insumos crecieran en un 10% el producto subiría un 10,3%.

En resumen, los tres modelos arrojan resultados muy similares. Estadísticamente podemos concluir que el modelo *TRE* es igual al *RP-SPF* pero no hay manera formal de contrastar estos dos modelos con el *GTRE*. Sin embargo, dado que el *GTRE* permite separar ET en transitoria y permanente, lo que dado nuestros datos parece razonable, usaremos este modelo para hacer una comparación entre promedios de la PTF con la productividad por vaca, un indicador de productividad parcial (PP) comúnmente usado en el análisis de lecherías.

La Tabla 4.4 muestra las medias de la PTF (Q/X) y PP (Q/Vaca) anual para cada uno de los seis años y para los cinco grupos de predios de acuerdo al número de vacas. Los

resultados muestran que el ranking de productividad para los diferentes tamaños prediales es muy similar entre PTF y PP y que la productividad de los predios más grandes comparada con los más pequeños tiende a aumentar con el tiempo. El grupo con la menor productividad es el de 1-100 vacas en el año 2005 (PTF=1,04 y PP=5.837) y el grupo con la mayor productividad es el >400 vacas en el año 2010 (PTF=1,91 y PP=8.699).

Finalmente, la Tabla 4.5 muestra el promedio del CPTF año a año para los modelos *GTRE* y *RP-SPF*. A pesar de la similitud en los resultados presentados más arriba para estos modelos vemos que al momento de calcular y descomponer el CPTF aparecen algunas diferencias. El modelo *GTRE* exhibe un CPTF para el período, calculado usando la ecuación (4.5), igual a 0,795% mientras que la tasa de cambio obtenido del modelo *RP-SPF* es igual a 0,698%.

La Tabla 4.5 también muestra la contribución de cada componente y vemos que el CT es el elemento más importante en el CPTF en ambos modelos (*GTRE*=1,462% y *RP-SPF*=1,371), un hallazgo que es consistente con la literatura. Por otra parte, vemos que la variable ambiental, sequía en este estudio, tiene un efecto negativo muy marcado en ambos modelos, pero mayor en el *GTRE.*

El efecto de los otros componentes en el CPTF que se muestran en la Tabla 4.5 son relativamente menores con la excepción del ruido estadístico que tiene un valor igual a 1,097 en el *GTRE* y 1,269 en el *RP-SPF*. De acuerdo a O'Donnell (2016), el ruido estadístico en esta descomposición captura efectos de variables que no pueden ser identificadas. Puesto que el ruido estadístico es menor en el *GTRE* esta sería otra razón que favorece este modelo como la alternativa más robusta de las que hemos considerado.

4.5. Resumen

Esta sección reporta los resultados de un análisis econométrico de la productividad de una muestra de productores de leche de las Regiones de Los Lagos y de los Ríos. Los datos utilizados provienen del centro de gestión TODOAGRO y consisten de un panel no balanceado que incluye 1.426 observaciones distribuidas entre 477 unidades productivas y seis años. El análisis se basa en estimaciones de diferentes fronteras estocásticas de producción y en la descomposición del crecimiento en la Productividad de los Factores (PTF) utilizando métodos robustos lo que representa el estado del arte en este tema.

Los resultados obtenidos de las diferentes estimaciones econométricas son consistentes y altamente significativos estadísticamente; por lo tanto, las implicaciones que se derivan son fiables. Los resultados muestran que el promedio de la ET Total (0,917) es relativamente alto comparado con otros estudios y que los rendimientos a escala son levemente crecientes (1,026). Las cifras también indican que en este caso hay una correlación positiva y alta entre la productividad parcial (Litros/Vaca) y la PTF. El cambio promedio anual en la PTF es asciende a 0,795%.

En general los predios con mayor productividad son los más grandes pero la ET promedio es muy similar en predios de diferente tamaño. El factor más importante en el crecimiento de la PTF es el progreso tecnológico lo que confirma la importancia que tiene la investigación y desarrollo en la productividad. Un hallazgo interesante es el impacto negativo y significativo de la variable sequía la cual se mide sólo por medio de una

variable binaria. Esto sugiere que es muy importante desarrollar una buena serie de datos climáticos (e.g., temperatura, precipitación) que se puedan acoplar con los datos insumo-producto disponible para así poder hacer un análisis más refinado. Por otra parte, los resultados sugieren que la adaptación para paliar los efectos negativos de sequías puede tener un rol significativo.

Es importante reiterar que los datos utilizados en este análisis provienen de una muestra de agricultores miembros de un centro de gestión, organización que persigue entre otros objetivos el mejoramiento de la productividad y rentabilidad de sus miembros. El uso de este tipo de datos tiene al menos dos implicaciones al momento de interpretar los resultados. Primero, la muestra corresponde a productores que se auto-seleccionan para participar en el programa de registros que genera los datos; es decir, los datos no son una muestra estadísticamente representativa de la población de productores de las regiones analizadas. Por lo tanto, no es posible utilizar nuestros resultados para hacer inferencias del desempeño de la población de productores en las regiones estudiadas. Segundo, es razonable argumentar que los agricultores que participan en el sistema de registros productivos de un centro de gestión como TODOAGRO están sobre el promedio de la población de productores en términos de gestión predial, lo que es consistente con la ET promedio relativamente alta que hemos reportado.

El análisis de productividad en la agricultura es importante para las políticas públicas y para los gerentes y administradores de empresas como benchmarking para comparar diferentes unidades productivas. Históricamente, se han logrado muchos avances para disminuir diversos errores asociados con la medición de la PTF (Griliches 1996; OECD 2001) y aquí hacemos uso de modelos recientes.

Hay doy puntos fundamentales que emergen con respecto al análisis de la PTF, uno es la medición y el segundo es el cómo se puede explicar la PTF y su evolución (Kumbhakar y Lovell 2000). Para abordar ambos puntos en este capítulo hemos utilizado fronteras estocásticas de producción las que permiten por un lado tomar en cuenta de errores estadísticos y de medición, y por otro realizar una descomposición exhaustiva de los elementos que explican el cambio en productividad ya sea a través del tiempo o del espacio (O'Donnell 2016). La productividad se puede atribuir a diversos elementos incluyendo diferencias en: tecnología; escala de producción; eficiencia técnica; y en el entorno en el cual se lleva a cabo la producción.

Del punto de vista de política pública es muy importante que la contribución de los diversos componentes que afectan la PTF se haga correctamente ya que dichos componentes obedecen a diferentes acciones (Fried, Lovell y Schmidt 2008). La tecnología y el cambio tecnológico proviene de inversiones en investigación y desarrollo, la escala de producción obedece a inversiones en capital productivo, y la eficiencia técnica es una medida de la capacidad de gestión la que viene de inversiones y mejoras en el capital humano. Estos tres componentes pueden ser influenciados en forma directa por diferentes políticas públicas y acciones gerenciales, y por lo tanto su medición y separación de efectos ambientales es importante para establecer prioridades y estrategias diseñadas para estimular la PTF.

Finalmente, es evidente que hay una amplia gama de metodologías disponibles para medir y analizar la PTF y su cambio ya sea en el espacio y/o en el tiempo. Sin embargo, una buena aplicación de estas metodologías para obtener resultados útiles que sustente el diseño e implementación de políticas públicas y acciones gerenciales requiere datos de

buena calidad y en particular datos de panel. Entonces, es crucial ver como se puede cooperar entre profesionales, organismos estatales, sector privado, la academia, organismos extranjeros, y otros para así poder montar mecanismos de recolección y análisis de datos, y generar resultados de alta calidad que tengan utilidad para los diferentes usuarios.

Tabla 4.1 Estadísticas Descriptivas Predios Lecheros den Los Lagos y Los Ríos: 2005-2010

Año	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
Observaciones (1.426)	***195***	***284***	259	245	237	206
Promedio/Predio						
Prod. Leche (1.000 L)	1.674	1.479	1.570	1.654	1.657	1.969
No. de Vacas	270	***236***	251	261	277	***299***
Concentrado (Ton)	416	347	378	417	378	410
Gastos Forraje*	36	29	42	62	51	52
Gastos M. Obra	32	28	30	34	34	38
Gastos Veterinarios	12	10	13	14	14	15
Otros Gastos	45	37	41	49	47	51
Otras Variables						
Tierra (ha)	141	***125***	129	137	147	***161***
Concentrado (Kg/Vaca)	1.358	1.246	1.318	1.422	1.173	1.208
Prod. Leche (L/Vaca)	5.350	5.401	5.499	5.626	***5.166***	***5.679***

* Todos los gastos en Millones de Pesos Chilenos de diciembre de 2012 (reales).

Tabla 4.2 Modelos Estimados: TRE, GTRE, RP-SPF

	TRE		**GTRE**		**RP-SPF**	
Variable	**Coef.**	***Error Std.***	**Coef.**	***Error Std.***	**Coef. Prom.**	***Error Std.***
Vacas	0,5847***	*0,014*	0,5792***	*0,013*	0,5846***	*0,015*
Concentrado	0,0969***	*0,003*	0,0966***	*0,002*	0,0967***	*0,002*
Gastos M. Obra	0,1025***	*0,012*	0,1021***	*0,012*	0,1024***	*0,013*
Forraje	0,1175***	*0,009*	0,1163***	*0,008*	0,1175***	*0,009*
Gastos Vet.	0,0127***	*0,002*	0,0178***	*0,002*	0,0130***	*0,002*
Otros Gastos	0,1128***	*0,012*	0,1138***	*0,012*	0,1126***	*0,013*
Tendencia	0,0251***	*0,020*	0,0234***	*0,019*	0,0250***	*0,021*
Tendencia^2	0,0055***	*0,002*	0,0054***	*0,002*	0,0055***	*0,002*
Sequía	0,1062***	*0,020*	0,1087***	*0,019*	0,1064***	*0,011*
Constante	4,6889***	*0,138*	4,5794***	*0,132*	4,6905***	*0,143*

Tabla 4.3 Eficiencia Técnica (ET) y Rendimientos de Escala (RES)

Panel-A. Promedios para Todos los Predios					
	TRE	----------GTRE----------			RP-SPF
		ET Transitoria	ET Persistente	ET Total	
ET Promedio	0,925	0,931	0,986	0,917	0,925
ET Mínima	0,723	0,787	0,982	0,772	0,696
ET Máxima	0,981	0,979	0,990	0,969	0,981
RES	1,027	1,026	1,026	1,026	1,027

Panel-B. Promedios, Mínimo y Máximo de ET-Total por Año y Tamaño Predial: Modelo GTRE									
Año	2005			2006			2007		
No. de Vacas	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Min.	Max	Prom.	Min.	Max
1-100	0,908	0,824	0,954	0,922	0,772	0,969	0,918	0,858	0,941
101-200	0,914	0,868	0,933	0,924	0,875	0,948	0,919	0,885	0,944
201-300	0,914	0,868	0,933	0,925	0,905	0,939	0,922	0,894	0,952
301-400	0,916	0,885	0,954	0,922	0,885	0,941	0,923	0,897	0,941
>400	0,908	0,864	0,925	0,918	0,872	0.937	0,921	0,893	0,936
Año	2008			2009			2010		
No. de Vacas	Prom.	Min.	Max	Prom.	Min.	Max	Prom.	Min.	Max
1-100	0,912	0,855	0,947	0,911	0,829	0,950	0,925	0,893	0,949
101-200	0,914	0,871	0,938	0,915	0,872	0,945	0,921	0,871	0,963
201-300	0,916	0,878	0,941	0,917	0,883	0,938	0,921	0,901	0,939
301-400	0,917	0,895	0,936	0,920	0,896	0,943	0,919	0,894	0,934
>400	0,916	0,889	0,932	0,915	0,854	0,932	0,922	0,896	0,937

Tabla 4.4 Productividad Total y Parcial de los Factores (PTF y PP) por Tamaño Predial

	2005			2006			2007	
No. de Vacas	PTF Q/X	PP Q/Vaca		PTF Q/X	PP Q/Vaca		PTF Q/X	PP Q/Vaca
1-100	1,04	5.837		1,89	6.840		1,68	6.618
101-200	1,08	7.392		1,89	7.556		1,72	7.242
201-300	1,12	8.012		1,91	8.093		1,79	7.712
301-400	1,13	8.136		1,86	8.109		1,81	8.233
>400	1,06	7.976		1,82	7.956		1,79	8.354
	2008			2009			2010	
No. de Vacas	PTF Q/X	PP Q/Vaca		PTF Q/X	PP Q/Vaca		PTF Q/X	PP Q/Vaca
1-100	1,58	6.580		1,61	6.151		1,90	7.225
101-200	1,61	7.181		1,65	6.817		1,87	7.812
201-300	1,67	7.684		1,69	7.249		1,84	7.991
301-400	1,68	7.981		1,76	7.919		1,82	8.135
>400	1,69	8.185		1,72	8.027		1,91	8.699

Tabla 4.5 Cambio en la Productividad Total de los Factores (CPTF) y Componentes Promedio: Modelos GTRE y RP-SPF

Promedio del Cambio % Año a Año		
	GTRE	*RP-SPF*
CPTF	0,795	0,698
CAMBIO por COMPONENTE		
Tecnológico	1,462	1,371
Ambiental	-2,015	-1,956
Rendimientos Escala	0,064	---
ET-Transitoria	0,180	0,014
ET-Permanente	0,007	---
Ruido Estadístico	1,097	1,269

CAPÍTULO 5 - Resumen y conclusiones

El objetivo general de este estudio fue determinar las brechas que existen en la medición y en el análisis de la productividad en el sector agrícola chileno. Para este fin, se esbozaron los siguientes objetivos específicos y sub-objetivos:

Objetivo Específico 1 (Capítulo 2): Resumir el estado del arte sobre la medición de la productividad agrícola nacional e internacional con tres sub-objetivos: 1.1 Revisión exhaustiva de la literatura metodológica asociada con la medición de la productividad agrícola con énfasis en eficiencia técnica (ET) y fronteras estocásticas de producción (FEP); 1.2 Análisis Crítico de estudios empíricos en base a un meta-análisis de estudios que han utilizado fronteras de producción para examinar la ET; y 1.3 Revisión complementaria de estudios de ET para Chile y de la Productividad Total de los Factores (PTF) para Chile y países referentes.

Objetivo Específico 2 (Capítulo 3): Proponer indicadores de productividad, rentabilidad de la tierra y mano de obra, asociados a cada uno de los subsectores y a nivel agregado de la actividad agrícola, e identificar brechas de información para sustentar una agenda estratégica cuyo propósito sea medir y monitorear en el tiempo el comportamiento de la productividad sectorial. Aquí tenemos dos sub-objetivos: 2.1 Proponer indicadores de productividad agregados y por subsector; rentabilidad de la tierra y de la mano de obra a partir de evidencia empírica existente, explicitando en detalle la metodología de cálculo y la información necesaria para realizar la medición; y 2.2 Desarrollar un análisis crítico respecto a la calidad y confiabilidad de los datos necesarios y suficientes para la construcción de indicadores de productividad, como también explicitar aquellos en donde se requiera levantar información. En base a este análisis se propuso una agenda estratégica para disminuir las brechas de información detectadas, detallando pasos necesarios para la obtención de la información faltante y el rol respectivo de diversos actores relevantes.

Objetivo Específico 3 (Capítulo 4): Elaborar un estudio de la PTF para una muestra de predios lecheros usando FEP y una descomposición exhaustiva de los diferentes elementos que explican la evolución del cambio en la productividad.

Capítulo 2. La evolución de los enfoques metodológicos claves que se han desarrollado y aplicado para examinar ET en el sector agrícola se presenta en este documento, y se agrega un análisis de meta-regresión de la ET usando datos obtenidos de un total de 509 estudios en inglés publicados en revistas indexadas. Lo anterior se complementa con el análisis y discusión de estudios publicados en diversos medios focalizados en la ET de la agricultura Chilena y en la PTF de Chile y 5 países referentes (Argentina, Brasil, Estados Unidos, Nueva Zelanda y Australia).

En las últimas décadas ha habido un gran desarrollo en metodologías de frontera y estos métodos se han aplicado en numerosos estudios especialmente en la medición y análisis de ET en varios sectores de la economía y en diferentes países. Las metodologías para la estimación de fronteras han evolucionado significativamente, especialmente en el uso de datos de panel. Para analizar datos de panel, se ha introducido modelos que combinan la estructura de la frontera estocástica con efectos fijos o efectos aleatorios, dando origen a los modelos *True Fixed Effects* (TFE) y *True Random Effects* (TRE), respectivamente. Otro modelo más refinado, denominado *Random Parameters Stochastic Production*

Frontier (RP-SPF), permite que los parámetros estimados, no solo el intercepto sino también las pendientes, sean aleatorios. Más recientemente, otros autores han presentado y aplicado modelos que descomponen la ET en un componente persistente (efecto de largo plazo) y un componente transitorio (efecto de corto plazo). Este último modelo, denominado en inglés *Generalized True Random Effects* (GTRE), también incorpora un término que captura heterogeneidad no observable e invariante en el tiempo y otro que toma en cuenta el ruido estadístico.

Es importante mencionar que el avance en metodologías de estimación de fronteras de producción ofrece oportunidades analíticas interesantes. Sin embargo, para un buen aprovechamiento de estas metodologías, se requieren series de datos de panel las que idealmente deben actualizarse con regularidad en el tiempo.

En el caso de la ET con datos de Chile, la mayoría de los estudios utilizan datos de corte transversal; es decir, información de un período. Por el contrario, sólo 4 estudios emplean datos de panel y de éstos 3 se basan en la misma información. Lo anterior es una clara evidencia de la escasa disponibilidad de datos a nivel nacional. El no disponer de datos adecuados, limita la posibilidad de hacer estudios de productividad a nivel nacional. Los estudios que reportan ET empleando datos de Chile se han publicado en la última década, y la metodología predominante es el empleo de FEP y no hay estudios no paramétricos.

Diferente es el caso de los estudios en los que se reporta la PTF de Chile, ya que en la mayoría de los trabajos más antiguos predomina la metodología en base a estimaciones no paramétricas. La mayoría de los estudios han utilizado datos provenientes de FAO que abarcan el período de 1960 al 2012. Los estudios que reportan la PTF proporcionan información útil para comparar el desempeño en términos generales entre los países. En todos los estudios se destaca la importancia de la medición de la PTF para la definición de políticas públicas. Finalmente, los estudios reportan un cambio en la PTF (CPTF) para la agricultura de Chile, aunque los resultados presentan diferencias en los valores reportados, lo que es atribuible a las diferentes metodologías empleadas. En la mayoría de los estudios se analiza el caso de Chile en conjunto a otros países, por lo que no se presenta un análisis profundo de la realidad chilena.

Por último, los países que podrían servir como referentes en la estimación de la PTF son: Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda. Estos podrían servir como ejemplo en la recolección de datos, generación de información específica y detallada para diferentes subsectores, y en el análisis de la PTF.

En el caso de Chile y en base a los estudios que hay disponibles, queda en evidencia que no se genera información de carácter público que permita realizar y mantener análisis de PTF en el tiempo.

En el **Capítulo 3** se realizó un análisis crítico de indicadores de productividad, rentabilidad de la tierra y productividad de la mano de obra y del capital. Posteriormente se analizó y clasificó la meta-data descrita en el Capítulo 1 en función de las variables utilizadas por la literatura internacional para la medición de productividad y ET, obteniéndose seis dimensiones de variables. La primera dimensión se denomina insumos clásicos, que incluye tierra y capital, donde capital se refiere principalmente a insumos comprados, tales como semillas, fertilizantes, pesticidas, materiales, entre otros. Esta dimensión también incluye la variable mano de obra (familiar y contratada), gastos en maquinaria, tracción

animal y con menor frecuencia variables relacionadas con energía y combustibles. La segunda dimensión la componen variables medioambientales y éstas fueron divididas en dos: intrapredial (fertilidad, nutrientes, pendiente y presencia de suelos degradados) y extrapredial (clima, precipitación, temperatura, altitud del predio). La tercera y cuarta dimensión corresponden a sistemas agrícolas, y a capital humano y social, respectivamente. Dentro de sistemas agrícolas resalta la incorporación en el modelo de producción de adopción de tecnologías, principalmente aquellas relacionadas con semillas mejoradas, tecnologías de riego y mejores prácticas de manejo. La dimensión de capital humano y social incluye variables de educación del tomador de decisiones, género, edad, experiencia y etnia. La quinta dimensión corresponde a variables de índole financiero como el acceso al crédito e incentivos y la última dimensión son variables específicas para el sector de lechería.

Luego, se describieron las principales fuentes de datos disponibles en Chile, principalmente financiadas por ODEPA y recopilados por el INE y CIREN. Con esta información se realiza un análisis crítico de la calidad, continuidad en el tiempo, presupuesto y de la comparación (o compatibilidad) de las diferentes fuentes de información identificadas. Las distintas fuentes de publicaciones estadísticas realizadas por ODEPA se dividen en: a) cultivos anuales y hortalizas; b) industria pecuaria y leche; c) Catastro Frutícola; y d) Censo agropecuario. En relación con los cultivos anuales y hortalizas, ODEPA identifica seis levantamientos de información, cuyo costo anual supera los MM$300 (millones de pesos). Esta información es recogida por el INE y tiene una cobertura nacional, excluyendo aquellas regiones donde la producción de cultivos anuales y hortalizas no es significativa. Dentro de las variables que pueden ser un aporte para mediciones de PTF se identifica bien el producto (output); sin embargo, no hay mayor información relacionada con insumos (inputs) la cual se limita principalmente a la superficie, escasa información de mano de obra, y ausencia de variables relacionadas con el capital y su uso. El mismo caso se observa para la toma de datos de la industria pecuaria y leche (Cuadro 3.3), donde el INE es la entidad ejecutora del levantamiento de la información cuyo costo anual es superior a 60 millones de pesos. Se distingue una adecuada medición del producto generado pero con escasa información de insumos que permitan medir la PTF.

Los Catastros Frutícolas son un censo de predios con plantaciones frutales comerciales, donde se obtiene información sobre la superficie frutícola, infraestructura y agroindustria frutícola. Este censo incluye todos los predios con una superficie ocupada por frutales o parronales de uva de mesa con un tamaño igual o superior a 0,5 ha. En el caso de algunas especies se encuesta huertos que contienen 50 o más plantas.

En el 2016 se incluyeron en el catastro ocho regiones: Arica y Parinacota, Tarapacá, Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén. Especial mención tiene la Región de Aysén, que fue encuestada por primera vez en el verano del 2016. La incorporación de Aysén se debe al aumento de la superficie frutal en la zona (por ejemplo, el cerezo). También, por primera vez en 30 años, se censaron las regiones de Arica y Parinacota, y Tarapacá.

Un tema a explorar son posibles cambios de la metodología usada en la actualidad en los catastros frutícolas para ver si con los mismos recursos se podría hacer una recolección de datos a muestras representativas que incluya más rubros y un mayor número de variables. Las variables a considerar son aquellas que se requieren para medir y analizar la productividad total de los factores. Es necesario reiterar que obtener mediciones

detalladas de capital y mano de obra es crucial para que los catastros sean una fuente confiable de medición de la productividad en la fruticultura chilena. El costo anual de los Catastros Frutícolas es variable y depende de la región donde se levante la información y el número de éstas. En el año 2013 el costo fue de 548 millones de pesos; mientras que el año 2017 el presupuesto asignado fue de 540 millones de pesos (valores nominales).

Respecto del Censo Agropecuario, esta información se ha recopilado cada 10 años aproximadamente. Sin embargo, los datos censales sólo permiten la generación de indicadores de productividad parcial (PP), y agregados a nivel de comuna. Además, no es posible analizar la evolución a nivel predial y sólo se pueden hacer análisis generales. Las experiencias internacionales mencionadas en el Capítulo 3 abren una oportunidad con miras al nuevo Censo Agropecuario el cual se deberá implementar en el año 2019. El rediseño del cuestionario se hace fundamental para comenzar a incorporar indicadores de productividad a nivel intercensal que permitan realizar comparaciones a nivel territorial. También es necesario mencionar que uno de los objetivos principales de un censo agropecuario es la creación de marcos muestrales que sirvan para formular el programa anual de encuestas agropecuarias.

El análisis crítico se construyó en torno a un objetivo estratégico definido como la determinación de brechas que existen en la medición y análisis de la productividad en el sector agrícola chileno. Este objetivo persigue resultados tales como: i) consolidar la medición de la productividad agrícola chilena a través de distintos indicadores; y ii) desarrollar un análisis crítico respecto de la existencia, calidad y confianza de los datos necesarios para la medición. Para el logro del objetivo se propusieron tres focos estratégicos relacionados con la generación de indicadores, revisión de datos existentes y una agenda estratégica, orientada a disminuir las brechas de información existentes.

La agenda estratégica se esbozó en función de realizar dos grandes planes de mejora: i) Incorporar en el diseño del cuestionario preguntas de insumos y capital; y ii) rediseñar los tamaños muestrales conforme a recursos involucrados y los marcos muestrales. Es crucial incorporar estas variables tanto para el levantamiento de información de cultivos anuales y hortalizas, sector pecuario y para los catastros agrícolas y así como también para el próximo Censo Agropecuario.

El **Capítulo 4** presentó un análisis de productividad usando un panel de datos no balanceado, obtenido del centro de gestión TODOAGRO, que cubre seis años para 477 predios ubicados en las regiones de Los Lagos y de Los Ríos. Estos datos se usaron para estimar diferentes modelos de fronteras estocásticas de producción que representan el estado del arte en este tema. Luego se hizo una descomposición del CPTF para así determinar la contribución de diferentes factores. Los resultados muestran que el promedio de la ET Total (0,917) es relativamente alto comparado con otros estudios y que los rendimientos a escala son levemente crecientes (1,026). El cambio promedio anual en la PTF se estimó en 0,795%. En general, los predios con mayor productividad son los más grandes pero la ET promedio es muy similar en predios de diferente tamaño. El factor con mayor incidencia en el crecimiento de la PTF es el progreso tecnológico, lo que confirma la importancia que tiene la investigación y desarrollo en la productividad. Un hallazgo interesante es el impacto negativo y significativo de la variable sequía.

Es importante recalcar que los datos utilizados provienen de una muestra de agricultores miembros de un centro de gestión, organización que persigue entre otros objetivos el mejoramiento de la productividad y rentabilidad de sus miembros. Este tipo de productor

se auto-selecciona para ser miembro de un centro de gestión y por lo tanto los datos no son estadísticamente representativos lo que limita las inferencias que se puedan hacer para la población de productores. Además, es muy probable que los productores que participan en un centro de gestión como TODOAGRO estén por sobre el promedio de la población de productores con respecto a gestión predial, lo que está acorde con la ET promedio relativamente alta que hemos reportado. Sin embargo, el análisis de las determinantes del crecimiento en la PTF indica que el cambio tecnológico es el factor más importante mientras que el efecto de la sequía es claramente negativo. Estos dos componentes revelan la importancia de la investigación y desarrollo de tecnologías que faciliten y contribuyan a la adaptación al cambio climático en predios lecheros.

Finalmente, el meta-análisis reportado en el Capítulo 2 deja muy claro que hay diversas metodologías disponibles para estudiar la PTF. Por otra parte, los Capítulos 3 y 4 dejan en evidencia la carencia de datos representativos de la población que se quiere estudiar. Estos datos serían idealmente de panel y de alta calidad a nivel predial para así poder medir y analizar diferentes aspectos relacionados con productividad. El propósito de estos datos sería generar resultados rigurosos y útiles para el diseño e implementación de políticas públicas y la toma de decisiones a nivel predial y sectorial. Por lo tanto, la agenda propuesta para reducir la brecha que hay entre las posibilidades metodológicas y sus aplicaciones requiere estudio para luego tomar las medidas que permitan generar buenos datos, a un costo razonable, y tener equipos calificados para analizar esta información y poder diseminar los resultados y sus implicaciones a diferentes actores y grupos interesados.

GLOSARIO

Cambio Tecnológico (CT): tiene que ver con saltos o cambios en la frontera de producción fruto de la innovación.

Eficiencia Asignativa (EA): mide el uso de insumos en proporciones óptimas dados sus precios.

Eficiencia Económica (EE): igual a la multiplicación de ET y EA.

Eficiencia Técnica (ET) con Orientación Input: es la relación entre los insumos necesarios para alcanzar un nivel dado de producción si la firma opera en la frontera con respecto a los insumos realmente utilizados.

Eficiencia Técnica con Orientación Output: es el máximo que se puede producir al operar en la frontera dada una cantidad de insumos, la tecnología y el entorno dividido por el nivel de output observado.

Eficiencia Técnica Persistente: refleja problemas estructurales en la organización del proceso productivo o deficiencias sistemáticas en capacidades de gestión que no varían en un período 'razonable' de tiempo.

Eficiencia Técnica Promedio (ETP): es el valor de ET reportado por un estudio a partir de una especificación de un modelo en particular y una base de datos dada.

Eficiencia Técnica Transitoria: refleja problemas de gestión no sistemáticos relacionados con condiciones de corto plazo.

Frontera Estocástica de Producción (FEP): modelo que incorpora explícitamente una estructura de error compuesta con un término simétrico de dos lados y otro con una distribución de un lado que refleja ineficiencia.

Función de Distancia (con orientación input u output): permite modelar tecnologías multi-output y multi-input sin requerir información de precios ni supuesto de separabilidad insumo-producto.

***Generalized True Random Effects* (*GTRE*):** modelo de frontera estocástico que incorpora un término que captura heterogeneidad no observable e invariante en el tiempo y otro el ruido estadístico.

Meta-análisis: usa métodos estadísticos para combinar, resumir y analizar los resultados de múltiples estudios cuantitativos focalizados en una variable o variables específicas.

Métodos no Paramétricos: metodología que usa programación matemática para estimar fronteras determinísticas, es decir, se atribuye toda la desviación de la frontera a ineficiencia. Este método se conoce como análisis envolvente de datos (DEA o *Data Envelopment Analysis*).

Métodos Paramétricos: requieren la especificación de una forma funcional para la tecnología (e.g., Cobb-Douglas, Translogarítmica).

Modelo de Regresión Fraccional (MRF): se usa cuando la variable dependiente es fraccional, es decir su valor está en el intervalo 0-1.

Productividad Parcial: producción total dividido por la superficie total (e.g., quintales de trigo por ha).

Productividad Total de los Factores (PTF): se define como un índice entre el (los) productos dividido por un índice de insumos agregados.

***Random Parameters Stochastic Production Frontier* (*RP-SPF*):** es un modelo que combina parámetros aleatorios con una frontera de producción estocástica.

***Stochastic Non-smooth Envelopment of Data* (StoNED):** modelo semi-paramétrico que combina aspectos del DEA y de fronteras estocásticas.

***True Fixed Effects* (TFE):** modelo de frontera estocástico que incorpora efectos fijos para medir heterogeneidad no observable e invariante en el tiempo.

***True Random Effects* (TRE):** modelo de frontera estocástico que incorpora efectos aleatorios para medir heterogeneidad no observable e invariante en el tiempo.

REFERENCIAS

(Estudios con autores en negrilla incluidos en el meta-análisis)

ABARES, 2015. "Agricultural commodities". *Australian Government Department of Agriculture and Water Resources*. Available at: http://data.daff.gov.au/data/warehouse/agcomd9abcc004/agcomd9abcc20151208/AgCommodities201512_v1.0.0.pdf

Abay, C., B. Miran, y C. Günden. 2004. "An analysis of input use efficiency in tobacco production with respect to sustainability : The case study of Turkey". *Journal of Sustainable Agriculture* 24(3):123–143.

Abdallah, A. H. 2016. "Agricultural credit and technical efficiency in Ghana: Is there a nexus?" *Agricultural Finance Review* 76(2):309–324.

Abdulai, A., y H. Tietje. 2007. "Estimating technical efficiency under unobserved heterogeneity with stochastic frontier models: Application to Northern German dairy farms". *European Review of Agricultural Economics* 34(3):393–416.

Abdulai, A., y R. Eberlin. 2001. "Technical efficiency during economic reform in Nicaragua: Evidence from farm household survey data". *Economic Systems* 25(2):113–125.

Abdulai, A., y W. Huffman. 2000. "Structural adjustment and economic efficiency of rice farmers in Northern Ghana". *Economic Development and Cultural Change* 48(3):503–520.

Abdulai, A. N., y A. Abdulai. 2017. "Examining the impact of conservation agriculture on environmental efficiency among maize farmers in Zambia". *Environment and Development Economics* 22(2):177–201.

Abedullah, S.K., y K. Mushtaq. 2007. "Analysis of technical efficiency of rice production in Punjab (Pakistan)". *Pakistan Economic and Social Review* 45(2):231–244.

Abrar, S., y O. Morrissey. 2006. "Supply response in Ethiopia: Accounting for technical inefficiency". *Agricultural Economics* 35(3):303–317.

Adeoti, A.I. 2006. "Farmer´s efficiency under irrigated and rainfed production systems in the derived savannah zone of Nigeria". *Journal of Food, Agriculture and Environment* 4(3 & 4):90–94.

Adewumi, M.O., y J.O. Animashaun. 2013. "Agris on-line papers in economics and informatics households' dietary diversity, farm income and technical efficiency correlates : Empirical evidence from small-scale farming households in Nigeria key words". *Agris* V(4):3–12.

Adhikari, C.B., y T. Bjorndal. 2012. "Analyses of technical efficiency using SDF and DEA models: evidence from Nepalese agriculture". *Applied Economics* 44(25):3297–3308.

Admassie, A. 1999. “Sources of efficiency differentials in smallholder agriculture”. *Quartely Journal of International Agriculture* 38(3):203–220.

Agbonlahor, M., S. Momoh, y A. Dipeolu. 2007. “International journal of urban vegetable crop production and production efficiency”. *International Journal of Vegetable Science* 13(2):37–41.

Aguilar, R., y A. Bigsten. 1993. “An analysis of differences in technical efficiency among Kenyan smallholders”. *Eastern Africa Economic Review* 9(2):295–306.

Ahmad, M. 2001. “Agricultural productivity growth differential in Punjab, Pakistan: A District-level analysis”. *The Pakistan Development Review* 40(1):1–25.

Ahmad, M. 2003. “Agricultural productivity, efficiency, and rural poverty in irrigated Pakistan: A stochastic production frontier analysis”. *The Pakistan Development Review* 42(3):219–248.

Ahmad, M., y B.E. Bravo-Ureta. 1995. “An econometric decomposition of dairy output growth”. *American Journal of Agricultural Economics* 77:914–921.

Ahmad, M., y B.E. Bravo-Ureta. 1996. “Technical efficiency measures for dairy farms using panel data: A comparison of alternative model specifications”. *The Journal of Productivity Analysis of Productivity* 7:399–415.

Aigner, D.J., C.K. Lovell, y P. Smith. 1977. “Formulation and estimation of stochastic frontier production function models”. *Journal of Econometrics* 6:21–37.

Ajibefun, I.A., G.E. Battese, y A.G. Daramola. 2002. “Determinants of technical efficiency in smallholder food crop farming: Application of stochastic frontier production function”. *Quarterly Journal of International Agriculture* 41(3):225–240.

Ajibefun, I.A., y A.O. Abdulkadri. 1999. “An investigation of technical inefficiency of production of farmers under the National Directorate of Employment in Ondo State, Nigeria”. *Applied Economics Letters* 6:111–114.

Alam, M.J., I.A. Begum, S. Rahman, J. Buysse, y G. Van Huylenbroeck. 2014. “Tracing the impact of market reform on productivity growth of rice at the farm level in Bangladesh”. *Journal of the Asia Pacific Economy* 19(3):391–408.

Alam, A., H. Kobayashi, T. Matsuda, A. Ishida, I. Matsumura, y M. Esham. 2012. “Stochastic frontier approach to measure technical efficiency of two irrigation systems in Gilgit district, Gilgit-Baltistan region of Pakistan”. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 10(1).

Aldanondo-Ochoa, A.M., V.L. Casasnovas-Oliva, y A. Arandia-Miura. 2014. “Environmental efficiency and the impact of regulation in dryland organic vine production”. *Land Use Policy* 36:275–284.

Alene, A.D., y R.M. Hassan. 2003. “The determinants of farm-level technical efficiency among adopters of improved maize production technology in Western Ethiopia”. *Agrekon* 42(1):1–14.

Ali, F., A. Pariikh, y M.K. Shah. 1994. “Measurement of profit efficiency using behavioral and stochastic frontier approaches”. *Applied Economics* 26(2):181–188.

Ali, F., y M.A. Chaudhry. 1990. “Inter-regional farm efficiency in Pakistan´s Punjab: A frontier production function study”. *Journal of Agricultural Economics* 41(1):61–74.

Ali, M., y J.C. Flinn. 1987. “Profit efficiency among basmati rice producers in Pakistan Punjab”. *American Journal of Agricultural Economics* 71:303–310.

Alkahtani, S.H., y A.M. Elhendy. 2012. “Organic and conventional date farm efficiency estimation, and its determents at Riyadh province, Kingdom of Saudi Arabia”. WIT Transactions on Ecology and the Environment 162:219–230.

Alsururi, A.A.M. 2014. “Technical efficiency changes at the farm level: A panel data analysis of wheat farms in Northern Highland region, Republic of Yemen”. *Arab Gulf Journal of Scientific Research* 32(1):1–10.

Alvarez, A., y C. Arias. 2004. “Technical efficiency and farm size: A conditional analysis”. *Agricultural Economics* 30(3):241–250.

Alvarez, A., y E. González. 1999. “Using cross-section data to adjust technical efficiency indexes estimated with panel data”. *American Journal of Agricultural Economics* 81(4):894–901.

Aly, H., K. Belbase, R. Grabowski, y S. Kraft. 1987. “The technical efficiency of Illinois grain farms: An application of Ray-Homothetic production function”. *Southern Journal of Agricultural Economics* 19(1):69–79.

Amara, N., N. Traoré, R. Landry, y R. Romain. 1999. “Technical efficiency and farmers attitudes toward technological innovation : The case of the potato farmers in Quebec”. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 47:31–43.

Amaza, P.S., y J.K. Olayemi. 2002. “Analysis of technical inefficiency in food crop production in Gombe State, Nigeria”. *Applied Economics Letters* 9(1):51–54.

Amaza, P.S., E.J. Udoh, T. Abdoulaye, y A.Y. Kamara. 2010. “Analysis of technical efficiency among community-based seed producers in the savannas of Borno State, Nigeria”. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 8(2):1073–1079.

Anang, B.T., S. Bäckman, y T. Sipiläinen. 2016. “Agricultural microcredit and technical efficiency: The case of smallholder rice farmers in Northern Ghana”. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 117(2):189–202.

Angon, E., A. Garcia, J. Perea, R. Acero, P. Toro-Mujica, H. Pacheco, y A. Gonzalez. 2013. “Technical efficiency and viability of grazing dairy cattle systems in La Pampa, Argentine”. *Agrociencia* 47(5):443–456.

Anríquez, G., y S. Daidone. 2010. “Linkages between the farm and nonfarm sectors at the household level in rural Ghana: A consistent stochastic distance function approach”. *Agricultural Economics* 41:51–66.

Apatov, E., R. Fabling, A. Jaffe, M. Morris, y M. Thirkettle. 2015. “Agricultural productivity in New Zealand: First estomates from the longitudinal business database”. *Motu Working Paper*:13–15.

Areal, F.J., K. Balcombe, y R. Tiffin. 2012. “Integrating spatial dependence into Stochastic Frontier Analysis”. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 56(4):521–541.

Areal, F.J., R. Tiffin, y K. Balcombe. 2012. “Farm technical efficiency under a tradable milk quota system”. *Journal of Dairy Science* 95(1):50–62.

Areal, F.J., R. Tiffin, y K.G. Balcombe. 2012. “Provision of environmental output within a multi-output distance function approach”. *Ecological Economics* 78:47–54.

Arita, S., y P. Leung. 2014. “A technical efficiency analysis of Hawaii’s aquaculture industry”. Journal of the World Aquaculture Society 45(3):312–321.

Arnade, C. 1998. “Using a programming approach to measure international agricultural efficiency and productivity”. *Journal of Agricultural Economics* 49(1):67–84.

Asadullah, M.N., y S. Rahman. 2009. “Farm productivity and efficiency in rural Bangladesh: The role of education revisited”. *Applied Economics* 41(1):17–33.

Asmild, M., J.L. Hougaard, D. Kronborg, y H.K. Kvist. 2003. “Measuring inefficiency via potential improvements”. *Journal of Productivity Analysis* 19(1):59–76.

Asmild, M., y J.L. Hougaard. 2006. “Economic versus environmental improvement potentials of Danish pig farms”. *Agricultural Economics* 35(2):171–181.

ASOEX Chile. 2010. “Determinación de indicadores de productividad de la industria frutícola chilena, como base para el desarrollo de mejoras competitivas”.

Athipanyakul, T., N. Jitsaeng, N. Pongkapan, y P. Pakdee. 2014. “Key factors for improving technical efficiency of upland rice production”. *American Journal of Applied Sciences* 11(2):266–272.

Athukorala, W., y C. Wilson. 2012. “Groundwater over use and farm-level technical inefficiency: Evidence from Sri Lanka”. *Hydrogeology Journal* 20(5):893–905.

Atici, K.B., y V. V Podinovski. 2015. “Using data envelopment analysis for the assessment of technical efficiency of units with different specializations: An application to agriculture”. *Omega* 54:72–83.

Audibert, M. 1997. “Technical inefficiency effects among Paddy farmers in the Villages of the ‘Office du Niger’, Mali, West Africa”. *Journal of Productivity Analysis* 8(4):379–394.

Ayanwale, A.B., y M.O. Abiola. 2007. “Efficiency of pluted pumpkin production under tropical conditions”. *International Journal of Vegetable Science* 13(3):35–49.

Aye, G.C., y E.D. Mungatana. 2011. “Technological innovation and efficiency in the Nigerian maize sector : Parametric stochastic and non-parametric distance function approaches”. *Agricultural Economics Research, Policy and Practice in Southern Africa* 50(4):1–24.

Aye, G.C., y E.D. Mungatana. 2013. “Evaluating the performance of small scale maize producers in Nigeria: An integrated distance function approach”. *Review of Urban and Regional Development Studies* 25(2):79–92.

Bagi, F.S. 1982. “Relationship between farm size and technical efficiency in West Tennessee agriculture”. *Southern Journal of Agricultural Economics* 14(2):139–144.

Bagi, F.S., y C.J. Huang. 1983. “Estimating production technical efficiency for individual farms in Tennessee”. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 31(2):249–256.

Bahta, S., y D. Baker. 2015. “Determinants of profit efficiency among smallholder beef producers in Botswana”. *International Food and Agribusiness Management Review* 18(3):107–129.

Bahta, S., y P. Malope. 2014. “Measurement of competitiveness in smallholder livestock systems and emerging policy advocacy: An application to Botswana”. *Food Policy* 49:408–417.

Bailey, D., B. Biswas, S.C. Kumbhakar, y B.K. Schulties. 1989. “An analysis of technical, allocative, and scale inefficiency: The case of Ecuadorian dairy farms”. *Western Journal of Agricultural Economics* 14(1):30–37.

Bakhshoodeh, M., y K.J. Thomson. 2001. “Input and output technical efficiencies of wheat production in Kerman, Iran”. *Agricultural Economics* 24:307–313.

Bakucs, Z., I. Fertő, L. Latruffe, y Y. Desjeux. 2014. “Technical efficiency and determinants of mobility patterns in European agriculture”. *Outlook on Agriculture* 43(1):19–24.

Bakucs, L.Z., L. Latruffe, I. Ferto, y J. Fogarasi. 2010. “The impact of EU accession on farms’ technical efficiency in Hungary”. *Post-Communist Economies* 22(2):165–175.

Balcombe, K., I. Fraser, L. Latruffe, M. Rahman, y L. Smith. 2008. “An application of the DEA double bootstrap to examine sources of efficiency in Bangladesh rice farming”. *Applied Economics* 40(15):1919–1925.

Balcombe, K., I. Fraser, M. Rahman, y L. Smith. 2007. “Examining the technical efficiency of rice producers in Bangladesh”. *Journal of International Development* 19(1):1–16.

Balcombe, K., I. Fraser, y J.H. Kim. 2006. “Estimating technical efficiency of Australian dairy farms using alternative frontier methodologies”. *Applied Economics* 38(19):2221–2236.

Balezentis, T. 2015. “The sources of the total factor productivity growth in Lithuanian family farms: A färe-primont index approach”. *Prague Economics Papers* 24(2):225–241.

Bandyopadhyay, S., P. Shyamsusundar, y M. Xie. 2007. “Yield impact of irrigation management transfer : Story from the Philippines”. *Policy Research* 4298.

Baráth, L., y I. Fertő. 2015. “Heterogeneous technology, scale of land use and technical efficiency: The case of Hungarian crop farms”. *Land Use Policy* 42:141–150.

Bardhan, D., y M.L. Sharma. 2012. “Determinants and implications of smallholder participation in dairy co-operatives: Evidence from Uttarakhand State of India”. *Indian Journal of Agricultural Economics* 67(4):565–584.

Bardhan, D., y M.L. Sharma. 2013. “Technical efficiency in milk production in underdeveloped production environment of India”. *Springer Plus* 2(1):1–7.

Barlowe, R. 1996. “Land resource economics: The economics of Real Estate. United States of America, Prentice-Hall”.

Barnes, A. 2008. “Technical efficiency estimates of Scottish agriculture: A note”. *Journal of Agricultural Economics* 59(2):370–376.

Barnes, A.P., K.M.D. Rutherford, F.M. Langford, y M.J. Haskell. 2011. “The effect of lameness prevalence on technical efficiency at the dairy farm level: An adjusted data envelopment analysis approach”. *Journal of Dairy Science* 94(11):5449–5457.

Bashir, M., K. Muhammad, y M.N. Khan. 1995. “An analysis of technical efficiency of wheat growers in irrigated areas of D.I. Khan”. *Sarhad Journal of Agriculture* 11(2):245–251.

Basu, D., y A.K. Nandi. 2014. “Farm mechanization and rationality of labour use in Indian agriculture: A frontier analysis of cost of cultivation data”. *Indian Journal of Agricultural Economics* 69(3):336–346.

Baten, A., y I. Hossain. 2014. “Stochastic frontier model with distributional assumptions for rice production technical efficiency”. *Journal of Agricultural Science and Technology* 16(3):481–496.

Battese, G.E. 1992. “Frontier production functions and technical efficiency: A survey of empirical applications in agricultural economics”. *Agricultural Economics* 7:185–208.

Battese, G.E., S.J. Malik, y S. Broca. 1993. “Production functions from wheat farmers in selected districts of Pakistan: An application of a stochastic frontier production function with time-varying inefficiency effects”. *The Pakistan Development Review* 32(3):233–268.

Battese, G.E., T.J. Coelli, y Colby. 1989. “Estimation of frontier production functions and the efficiencies of Indian farms using panel data from Icrisat´s village level studies”. *Journal of Quantitative Economics* 5(2):327–348.

Battese, G.E., y G. Tessema. 1993. “Estimation of stochastic frontier production function with time-varying parameters and technical efficiencies using panel data from Indian villages”. *Agricultural Economics* 9:313–333.

Battese, G.E., y S. Broca. 1997. “Functional forms of stochastic frontier production functions and models for technical inefficiency effects : A comparative study for wheat farmers in Pakistan”. *Journal of Productivity Analysis* 8:395–414.

Battese, G.E., y T.J. Coelli. 1988. “Prediction of firm-level technical efficiencies with generalized frontier production function and panel data”. *Journal of Econometrics* 38:387–399.

Battese, G.E., y T.J. Coelli. 1992. “Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India”. *Journal of Productivity Analysis* 3:153–169.

Battese, G.E., y T.J. Coelli. 1996. “A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data”. *Empirical Economics* 20:325–332.

Bauer, P.W. 1990. “Decomposing TFP growth in the presence of cost inefficiency, non constant returns to scale, and technological progress”. *Journal of Productivity Analysis* 1(4):287–299.

Bauer, P.W. 1990. “Recent developments in the econometric estimation of frontiers”. *Journal of Econometrics* 46:39–56.

Begum, I.A., M.J. Alam, J. Buysse, A. Frija, y G. van Huylenbroeck. 2012. “Contract farmer and poultry farm efficiency in Bangladesh: A data envelopment analysis”. *Applied Economics* 44(28):3737–3747.

Begum, I.A., M.J. Buysse, M.J. Alam, y G. van Huylenbroeck. 2010. “Technical, allocative and economic efficiency of commercial poultry farms in Bangladesh”. *World’s Poultry Science Journal* 66:465–476.

Belbase, K., y R. Grabowski. 1985. “Technical Efficiency in Nepalese Agriculture”. *Journal of Developing Areas* 19:515–525.

Belloumi, M., y M.S. Matoussi. 2006. “A stochastic frontier approach for measuring technical efficiencies of date farms in Southern Tunisia”. *Agricultural and Resource Economics Review* 35(2):285–298.

Beltrán-Esteve, M., y K.P. Kalirajan. 2014. “Comparing conventional and organic citrus grower efficiency in Spain”. *Agricultural Systems* 129:115–123.

Bhattacharyya, A. 1996. “Government interventions, market imperfections, and technical inefficiency in a mixed economy: A case study of Indian agriculture”. *Journal of Comparative Economics* 22:219–241.

Bhende, M.J., y K.P. Kalirajan. 2007. “Technical efficiency of major food and cash crops in Karnataka (India)”. *Indian Journal of Agricultural Economics* 62(2):176–192.

Binam, J.N., J. Tonyè, N. Wandji, G. Nyambi, y M. Akoa. 2004. “Factors affecting the technical efficiency among smallholder farmers in the slash and burn agriculture zone of Cameroon”. *Food Policy* 29(5):531–545.

Bogale, T., y A. Bogale. 2005. “Technical efficiency of resource use in the production of irrigated potato: A study of farmers using modern and traditional irrigation schemes in Awi Zone, Ethiopia”. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 106(1):59–70.

Bojnec, Š., y L. Latruffe. 2009. “Determinants of technical efficiency of Slovenian farms”. *Post-Communist Economies* 21(1):117–124.

Bojnec, Š., y L. Latruffe. 2013. “Farm size, agricultural subsidies and farm performance in Slovenia”. *Land Use Policy* 32:207–217.

Bokusheva, R. 2006. “Production risk and technical inefficiency in Russian agriculture”. *European Review of Agricultural Economics* 33(1):93–118.

Boles, J.N. 1966. “Efficiency squared--Efficient computation of efficiency indexes”. *Proceedings of the Annual Meeting (Western Farm Economics Association)* 39:137–142.

Boles, J.N. 1971. “The 1130 Farrell efficiency system—Multiple products, multiple factors”. *Giannini Foundation of Agricultural Economics* February.

Boshrabadi, H.M., R. Villano, y E. Fleming. 2008. “Technical efficiency and environmental-technological gaps in wheat production in Kerman province of Iran”. *Agricultural Economics* 38(1):67–76.

Bozoğlu, M., y V. Ceyhan. 2007. “Measuring the technical efficiency and exploring the inefficiency determinants of vegetable farms in Samsun province, Turkey”. *Agricultural Systems* 94:649–656.

Brada, J.C., y A.E. King. 1993. “Is private farming more efficient than socialized agriculture?” *Economica* 60(237):41–56.

Bravo-Ureta, B.E. 1986. “Technical efficiency measures for dairy farms based on probabilistic frontier function model”. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 34:400–415.

Bravo-Ureta, B.E. 2014. “Stochastic frontiers, productivity effects and development projects”. *Economics and Business Letters* 3:51–58.

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

Bravo-Ureta, B.E., R. Jara-Rojas, L. Michée A., y V. Moreira. 2017. “A meta analysis of farm efficiency: Evidence from the production frontier literature”. Zwick Center for Food and Resource Policy. Research Report. No.5, July 7: 67 p.

Bravo-Ureta, B.E., R. Jara-Rojas, M.A. Lachaud, y V.H. Moreira. 2016. “Agricultural productivity and water: Evidence from the frontier”. *World Bank (Consulting Report)* 3:51–58.

Bravo-Ureta, B.E., V.H. Moreira, A.A. Arzubi, E.D. Schilder, J. Álvarez, y C. Molina. 2008. “Technological change and technical efficiency for dairy farms in three countries of South America”. *Chilean Journal of Agricultural Research* 68(4):360–367.

Bravo-Ureta, B.E., W. Greene, y D. Solís. 2012. “Technical efficiency analysis correcting for biases from observed and unobserved variables: An application to a natural resource management project”. *Empirical Economics* 43(1):55–72.

Bravo-Ureta, B.E., y A. Pinheiro. 1993. “Efficiency analysis of developing country agriculture: A review of the frontier function literature”. *Agricultural and Resource Economics Review* 22:88–101.

Bravo-Ureta, B.E., y A.E. Pinheiro. 1997. “Technical, economic, and allocative efficiency in peasant farming: Evidence from the Dominican Republic”. *The Developing Economies* 35(1):48–67.

Bravo-Ureta, B.E., y L. Rieger. 1990. “Alternative production frontier methodologies and dairy farm efficiency”. *Journal of Agricultural Economics* 41(2):215–226.

Bravo-Ureta, B.E., y L. Rieger. 1991. “Dairy farm efficiency measurement using stochastic frontier and neoclassical duality”. *American Journal of Agricultural Economics* 73(2):421–428.

Bravo-Ureta, B.E., y R.E. Evenson. 1994. “Efficiency in agricultural production: The case of peasant farmers in Eastern Paraguay”. *Agricultural Economics* 10:21–37.

Bressler, R.G. 1967. “The measurement of productive efficiency”. *Western Farm Economic Association, Proceedings 1966, Pullman, Washington*:129–136.

Brümmer, B. 2001. “Estimating confidence intervals for technical efficiency : The case of private farms in Slovenia”. *European Review of Agricultural Economics* 28(3):285–306.

Brümmer, B., T. Glauben, y G. Thijssen. 2002. “Decomposition of productivity growth using distance functions: The case of dairy farms in three European countries”. *American Journal of Agricultural Economics* 84(3):628–644.

Brümmer, B., T. Glauben, y W. Lu. 2006. “Policy reform and productivity change in Chinese agriculture: A distance function approach”. *Journal of Development Economics* 81(1):61–79.

Brümmer, B., y J.-P. Loy. 2000. “The technical efficiency impact of farm credit programmes: A case study of Northern Germany”. *Journal of Agricultural Economics* 51(3):405–418.

Butso, O., y S. Isvilanonda. 2010. “Changes in the efficiency of rice production in Thailand”. *Kasetsat Journal, Social Science* 31(3):436–444.

Byma, J.P., y L.W. Tauer. 2010. “Exploring the role of managerial ability in influencing dairy farm efficiency”. *Agricultural and Resource Economics Review* 39(3):505–516.

Byrne, F. 1987. “Technical efficiency and size: The case of Illinois grain farms”. *European Review of Agricultural Economics* 14:367–381.

Cabrera, V.E., D. Solís, y J. del Corral. 2010. “Determinants of technical efficiency among dairy farms in Wisconsin”. *Journal of Dairy Science* 93(1):387–393.

Cagdas, A.D., S.R. Jeffrey, E.G. Smith, y P.C. Boxall. 2016. “Environmental stewardship and technical efficiency in Canadian prairie canola production”. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 64(3):455–477.

Cameron, A., y F. Windmeijer. 1996. “R-squared measures for count data regression models with applications to health-care utilization”. *Journal of Business and Economic* Statistics 14(2):209–220.

Canan, S., y V. Ceyhan. 2016. “Total factor productivity change and innovation in farms producing paddy in Bafra District of Samsun, Turkey”. Custos e Agronegocio On Line 12(1):201–219.

Candemir, M., y N. Koyubenbe. 2006. “Efficiency analysis of dairy farms in the province of Izmir (Turkey): Data envelopment analysis (DEA)”. *Journal of Applied Animal Research* 29(1):61–64.

Carletto, C.S., S. Savastano, y A. Zezza. 2013. “Fact or artifact: The impact of measurement errors on the farm size–productivity relationship”. *Journal of Development Economics* 103:254–261.

Carter, M.R. 1984. “Identification of the inverse relationship between farm size and productivity: An empirical analysis of peasant agricultural production”. *Oxford Economic Papers* 36(1):131–145.

Cassman, K., P.L. Pingali 1996. “Extrapolating trends from long-term experiments to farmer’s fields: The case of irrigated rice systems in Asia”. In: Barnett V., Payne R., Steiner R., editors. *Agricultural Sustainability in Economic Environmental, and Statistical Terms*. London: J. Wiley & Sons. p 64-84.

Catavassi, R., M. González-Flores, P. Winters, J. Andrade-Piedra, P. Espinosa, y G. Thiele. 2011. “Linking smallholders to the new agricultural economy : The case of the Plataformas de Concertación in Ecuador”. *Journal of Development Studies* 47(10):1545–1573.

Cechura, L., A. Grau, H. Hockmann, I. Levkovych, y Z. Kroupova. 2016. “Catching Up or Falling Behind in European Agriculture: The Case of Milk Production”. *Journal of Agricultural Economics* 68(1):206–227.

Chakraborty, K., S. Misra, y P. Johnson. 2002. “Cotton farmers’ technical efficiency: Stochastic and non stochastic production function approaches”. *Agricultural and Resource Economics Review* 31(2):211–220.

Chandra, S., y J. De Boer. 1981. “Some interactions between land tenure, technical efficiency, and gross output on mixed farming systems in Fiji”. *Quarterly Journal of International Agriculture* 20(2):224–236.

Chang, H.-H., y a K. Mishra. 2010. “Does the milk income loss contract program improve the technical efficiency of US dairy farms?” *Journal of Dairy Science* 94(6):2945–51.

Chang, H.-H., y F.-I. Wen. 2011. “Off-farm work, technical efficiency, and rice production risk in Taiwan”. *Agricultural Economics* 42(2):269–278.

Charnes, A., W.W. Cooper, y E. Rhodes. 1978. “Measuring efficiency of decision making units”. *European Journal of Operational Research* 2:429–444.

Chavas, J.-P., y M. Aliber. 1993. “An analysis of economic efficiency in agriculture: A nonparametric approach”. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 18(1):1–16.

Cheesman, J., y J. Bennett. 2008. “Smallholding size, irrigation infrastructure, and the efficiency of coffee production in Vietnam revisited”. *Forests, Trees and Livelihoods* 18(1):321–335.

Chemak, F. 2012. “The water demand management by monitoring the technology performance and the water use efficiency”. *American Journal of Environmental Sciences* 8(3):241–247.

Chen, Z., W.E. Huffman, y S. Rozelle. 2009. “Farm technology and technical efficiency: Evidence from four regions in China”. *China Economic Review* 20(2):153–161.

Christensen, L.R. 1975. “Concepts and measurement of agricultural productivity”. *American Journal of Agricultural Economics* 57(5):910–915.

Cloutier, L.M., y R. Rowley. 1993. “Relative technical efficiency: Data envelopment analysis and Quebec´s dairy farms”. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 41:169–176.

Cobanoglu, F. 2013. “Measuring the technical efficiency of cotton farms in Turkey using stochastic frontier and data envelopment analysis”. *Outlook in Agriculture* 42(2):125–131.

Coelli, T., S. Rahman, y C. Thirtle. 2002. “Technical, allocative, cost and scale efficiencies in Bangladesh rice cultivation: A non-parametric approach”. *Journal of Agricultural Economics* 53(3):607–626.

Coelli, T., y E. Fleming. 2004. “Diversification economies and specialization efficiencies in a mixed food and coffee smallholder farming system in Papua New Guinea”. *Agricultural Economics* 31(2–3):229–239.

Coelli, T., y G.E. Battese. 1996. “Identification of factors which influence the technical inefficiency of Indian farmers”. *Australian Journal of Agricultural Economics* 40(2):103–128.

Coelli, T., y O. Sanders. 2013. “The technical efficiency of wine grape growers in the Murray-Darling basin in Australia”. En M.-C. Pichery y E. Giraud-Héraud, eds. *Wine Economics: Quantitative Studies and Empirical Applications*. Palgrave McMillan, p. 348.

Coelli, T.J., A. Estache, S. Perelman, y L. Trujillo. 2003. “A primer on efficiency measurement for utilities and transport regulators”.

Coelli, T.J., D.S.P. Rao, C.J. O’Donnell, y G.E. Battes. 2005. *An introduction to efficiency and productivity analysis*.

Coelli, T.J., y D.S.P. Rao. 2005. “Total factor productivity growth in agriculture: A Malmquist index analysis of 93 countries, 1980-2000”. *Agricultural Economics* 32:115–134.

Collet, D. 2003. *Modeling binary data, 2nd ed.* Chapman & Hall, London.

Colombi, R. 2010. “A skew normal stochastic frontier model for panel data”. *Proceedings of the 45-th scientific meeting of the Italian statistical society. Paua, Italy*.

Colombi, R., S.C.K., G. Martini, y G. Vittadini. 2014. “Closed-skew normality in stochastic frontiers with individual effects and long/short-run efficiency”. *Journal of Productivity Analysis* 42:123–136.

Croppenstedt, A. 1997. “An empirical study of cereal crop production and technical efficiency of private farmers in Ethiopia: a mixed fixed-random coefficients approach”. *Applied Economics* 29(9):1217–1226.

Cuesta, R. 2000. “A production model with firm-specific temporal variation technical inefficiency: With application to Spanish dairy farms”. *Journal of Productivity Analysis.* 13(2):139–158.

Cukur, F., G. Saner, T. Cukur, V. Dayan, y H. Adanacioglu. 2013. “Efficiency analysis of olive farms: The case study of Mugla province, Turkey”. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 11(2):317–321.

D.J., A., y C. S.F. 1968. “Estimating the industry production function”. *American Economic Review* 58:826–839.

D’Haese, M., S. Speelman, V. Alary, E. Tillard, y L. D’Haese. 2009. “Efficiency in milk production on Reunion Island: Dealing with land scarcity”. *Journal of Dairy Science* 92(8):3676–3683.

Daraio, C., y L. Simar. 2007. *Advanced robust and nonparametric methods in efficiency analysis: Methodology and applications* S. S. & B. Media, ed.

Darku, A.B., S. Malla, y K.C. Tran. 2013. “Historical review of agricultural efficiency studies”.

Davidova, S., y L. Latruffe. 2007. “Relationships between technical efficiency and financial management for Czech Republic farms”. *Journal of Agricultural Economics* 58(2):269–288.

Davidson, R., y J.G. MacKinnon. 2004. “Econometric theory and methods”.

Dawson, P.J. 1985. “Measuring technical efficiency from production functions: Some further estimates”. *Journal of Agricultural Economics* 36(1):31–40.

Dawson, P.J. 1987. “Farm-specific technical efficiency in the England and Wales dairy sector”. *European Review of Agricultural Economics* 14:383–394.

Dawson, P.J. 1988. “Technical efficiency relative to a stochastic cost frontier for the England and Wales dairy sector”. *Oxford Agrarian Studies* 16:45–55.

Dawson, P.J. 1990. “Farm efficiency in the England and Wales dairy sector”. *Oxford Agrarian Studies* 18(1):35–42.

Dawson, P.J., J. Lingard, y C.H. Woodford. 1991. “A generalized measure of fam-specific technical efficiency”. *American Journal of Agricultural Economics* 73(4):1098–1104.

Dawson, P.J., y B. White. 1990. “The post-quota performance of dairy farms in England and Wales”. *Applied Economics* 22:1399–1406.

Dawson, P.J., y J. Lingard. 1991. “Approaches to measuring technical efficiency on Philippine rice farms”. *Journal of International Development* 3(3):211–228.

DEA 2009 Departamento de Economía Agraria. “Estudio AFC-Séptima Región del Maule. Convenio INDAP-UTalca”. 109 p.

de Koeijer, T.., G.A.. Wossink, A.B. Smit, S.R.M. Janssens, J.A. Renkema, y P.C. Struik. 2003. “Assessment of the quality of farmers’ environmental management and its effects on resource use efficiency : A Dutch case study”. *Agricultural Systems* 78:85–103.

de Koeijer, T.J., G.A.A. Wossink, P.C. Struik, y J.A. Renkema. 2002. “Measuring agricultural sustainability in terms of efficiency: The case of Dutch sugar beet growers”. *Journal of Environmental Management* 66:9–17.

De los Santos-Montero, L.A., y B.E. Bravo-Ureta. 2017. “Productivity effects and natural resource management: econometric evidence from POSAF-II in Nicaragua”. En *Natural Resources Forum*. Wiley Online Library.

Debreu, G. 1951. “The coefficient of resource utilization”. *Econometrica* 19:273–292.

del Corral, J., J.A. Perez, y D. Roibas. 2011. “The impact of land fragmentation on milk production”. *Journal of Dairy Science* 94(1):517–525.

Dell, M., B. Jones, y B. Olken. 2014. “What do we learn from the weather? The new climate-economy literature”. *Journal of Economic Literature* 52(3):740–798.

Demir, N., y S. Mahmud. 1998. “Regional technical efficiency differentials in the Turkish agriculture: A note”. *Indian Economic Review* 33(2):197–206.

Dey, M.M., F.J. Paraguas, P. Kambewa, y D.E. Pemsl. 2010. “The impact of integrated aquaculture-agriculture on small-scale farms in Southern Malawi”. *Agricultural Economics* 41(1):67–79.

Dhehibi, B., L. Lachaal, y M. Elloumi. 2007. “Measuring irrigation water use efficiency using stochastic production frontier: An application on citrus producing farms in Tunisia”. *African Journal of Agricultural and Resource Economics* 1(2):1–15.

Dhungana, B.R., P.L. Nuthall, y G. V. Nartea. 2004. “Measuring the economic inefficiency of Nepalese rice farms using data envelopment analysis”. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 48(2):347–369.

Diagne, M., M. Demont, P.A. Seck, y A. Diaw. 2012. “Self-sufficiency policy and irrigated rice productivity in the Senegal River Valley”. *Food Security* 5(1):55–68.

Dias Avila, A.F., y R.E. Evenson. 2010. *Chapter 72 Total Factor Productivity Growth in agriculture. The Role of Technological Capital* 1ª ed. Elsevier B.V.

Diewert, W.E., y T.J. Wales. 1987. “Flexible functional forms and global curvature conditions”. *Econometrica* 55(1):43–68.

Dinar, A., G. Karagiannis, y V. Tzouvelekas. 2007. “Evaluating the impact of agricultural extension on farm’s performance in Crete: A non-neutral stochastic frontier approach”. *Agricultural Economics* 36:135–146.

Douarin, E., y L. Latruffe. 2011. “Potential impact of the EU single area payment on farm restructuring and efficiency in Lithuania”. Post-Communist Economies 23(1):87–103.

Dyer, M., R. Mills, B. Conradie, y J. Piesse. 2015. “Harvest of hope: The contribution of peri-urban agriculture in South African townships”. *Agrekon* 54(4):73–86.

Ekanayake, S.A.B., y S.K. Jayasuriya. 1987. “Measurement of firm-specific technical efficiency: A comparison of methods”. *Journal of Agricultural Economics* 38(1):115–123.

Ekunwe, P.A., y S.I. Orewa. 2007. “Technical efficiency and productivity of yam in Kogi State Nigeria”. *Journal of Applied Sciences* 7(13):1818–1820.

Elhendy, A.M., y S.H. Alkahtani. 2013. “The resource use efficiency of conventional and organic date farms in Saudi Arabia: A data envelopment analysis approach”. *Journal of Animal and Plant Sciences* 23(2):596–602.

Elias, A., M. Nohmi, K. Yasunobu, A. Ishida, y A.D. Alene. 2014. “The effect of agriculture extension service on the technical efficiency of Teff (eragrostistef) producer in Ethiopia”. *American Journal of Applied Sciences* 11(2):223–239.

Erhabor, P.O., y C.O. Emokaro. 2007. “Relative technical efficiency of cassava farmers in the three agro-ecological zones of Edo State, Nigeria”. *Journal of Applied Sciences* 7(19):2818–2823.

Espey, M., J. Espey, y W.D. Shaw. 1997. “Price elasticity of residential demand for water: A meta-analysis”. *Water Resources Research* 33(6):1369–1374.

Fan, S. 1991. “Effects of technological change and institutional reform on production growth in Chinese agriculture”. *American Journal of Agricultural Economics* 73(2):266–275.

FAO. 2012. “Coping with water scarcity: An action framework for agriculture and food security. FAO Water Reports: 38”. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome*.

FAO. 2017. “Productivity and Efficiency Measurement in Agriculture: Literature Review and Gaps Analysis”. Technical Reports Series GO-19-2017.

Färe, R., S. Grosskopf, y D. Margaritis. 2008. “Chapter 5 in The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth”. En H. Fried y C. A. Knox Lowell, eds. *Efficiency and productivity: Malmquist and more*. Oxford University Press.

Färe, R., y D. Primont. 1995. *Multi-output production duality: Theory and applications*. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.

Farrel, M.J. 1957. “The measurement of productive efficiency”. *Journal of the Royal Statistical Society* 120:253–281.

Featherstone, A.M., M.R. Langemeier, y M. Ismet. 1997. “A nonparametric analysis of efficiency for a sample of Kansas beef cow farms”. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 29(1):175–184.

Feng, S. 2008. “Land rental, off-farm employment and technical efficiency of farm households in Jiangxi Province, China”. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 55(4):363–378.

Ferenji, B.T., y F. Heidhues. 2007. “Fall in technical efficiency of small farm households in the post reform period”. *Quarterly Journal of International Agriculture* 46(3):241–261.

Fernandez-Cornejo, J. 1994. “Non radial technical efficiency and chemical input use in agriculture”. *Agricultural and Resource Economics Review* 23(1):11–21.

Fernández-Navarro, F., C. Hervás-Martínez, C. García-Alonso, y M. Torres-Jimenez. 2011. “Determination of relative agrarian technical efficiency by a dynamic over-sampling procedure guided by minimum sensitivity”. *Expert Systems with Applications* 38(10):12483–12490.

Filippini, M., y W. Greene. 2016. “Persistent and transient productive inefficiency: A maximum simulated likelihood approach”. *Journal of Productivity Analysis* 45(2):187–196.

Fletschner, D.K., y L. Zepeda. 2002. “Efficiency of small landholders in Eastern Paraguay”. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 27(2):554–572.

Forsund, F.R., C.K. Lovell, y P. Schmidt. 1980. “A survey of frontier production functions and their relationships to efficiency measurement”. *Journal of Econometrics* 13:5–25.

Førsund, F.R., y N. Sarafoglou. 2002. “On the origins of data envelopment analysis”. *Journal of Productivity Analysis* 17:23–40.

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.

Fraser, I., y P. Hone. 2001. “Farm-level efficiency and productivity measurement using panel data: Wool production in South-West Victoria”. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 45(2):215–232.

Fraser, I.M., y W.C. Horrace. 2003. “Technical efficiency of Australian wool production: Point and confidence interval estimates”. *Journal of Productivity Analysis* 20(2):169–190.

Fried, H., C.A.K. Lovell, y S. Schmidt. 2008. “Efficiency and Productivity. The measurement of productive efficiency and productivity growth”. En *Efficiency and Productivity*. Oxford University Press, p. 638.

Fried, H., C.A.K. Lovell, y S. Schmidt. 2010. *The measurement of productive efficiency and productivity growth* O. U. Press, ed. Oxford.

Frija, A., A. Chebil, S. Speelman, J. Buysse, y G. Van Huylenbroeck. 2009. "Water use and technical efficiencies in horticultural greenhouses in Tunisia". *Agricultural Water Management* 96(11):1509–1516.

Fuglie, K.O. 2010. "Sources of growth in Indonesian agriculture". *Journal of Productivity Analysis* 33(3):225–240.

Fulginiti, L.E. 2010. "What comes first, agricultural growth or democracy?" *Agricultural Economics* 41(1):15–24.

Fulginiti, L.E., y R.K. Perrin. 1997. "LDC agriculture: Nonparametric Malmquist productivity indexes". *Journal of Development Economics* 53(2):373–390.

Fulginiti, L.E., y R.K. Perrin. 1998. "Agricultural productivity in developing countries". *Agricultural Economics* 19(1–2):45–51.

Fuwa, N., C. Edmonds, y P. Banik. 2007. "Are small-scale rice farmers in eastern India really inefficient? Examining the effects of microtopography on technical efficiency estimates". *Agricultural Economics* 36(3):335–346.

Galanopoulos, K., S. Aggelopoulos, I. Kamenidou, y K. Mattas. 2006. "Assessing the effects of managerial and production practices on the efficiency of commercial pig farming". *Agricultural Systems* 88(2–3):125–141.

Galanopoulos, K., Z. Abas, V. Laga, I. Hatziminaoglou, y J. Boyazoglu. 2011. "The technical efficiency of transhumance sheep and goat farms and the effect of EU subsidies: Do small farms benefit more than large farms?" *Small Ruminant Research* 100(1):1–7.

Galdeano-Gomez, E. 2008. "Productivity effects of environmental performance: evidence from TFP analysis on marketing cooperatives". *Applied Economics* 40(14):1873–1888.

Galluzzo, N. 2016. "An analysis of the efficiency in a sample of small Italian farms part of the FADN dataset". *Agricultural Economics (Czech Republic)* 62(2):62–70.

Galluzzo, N. 2015. "Technical and economic efficiency analysis on Italian smallholder family farms using Farm Accountancy Data Network dataset". *Studies in Agricultural Economics* 117(1):35–42.

Garcia, A.F., y G.E. Shively. 2011. "How might shadow price restrictions reduce technical efficiency? Evidence from a restricted DEA analysis of coffee farms in Vietnam". *Journal of Agricultural Economics* 62(1):47–58.

Gaspar, P., F.J. Mesías, M. Escribano, y F. Pulido. 2009. "Assessing the technical efficiency of extensive livestock farming systems in Extremadura, Spain". *Livestock Science* 121(1):7–14.

Gebregziabher, G., R.E. Namara, y S. Holden. 2012. “Technical efficiency of irrigated and rain-fed smallholder agriculture in Tigray, Ethiopia: A comparative stochastic frontier production function analysis”. *Quarterly Journal of International Agriculture* 51(3):203–226.

Gedara, K.M., C. Wilson, S. Pascoe, y T. Robinson. 2012. “Factors affecting technical efficiency of rice farmers in village reservoir irrigation systems of Sri Lanka”. *Journal of Agricultural Economics* 63(3):627–638.

Gelan, A., y B.W. Muriithi. 2012. “Measuring and explaining technical efficiency of dairy farms: A case study of smallholder farms in East Africa”. *Agricultural Economics Research, Policy and Practice in Southern Africa* 51(2):53–74.

Ghali, M., L. Latruffe, y K. Daniel. 2016. “Efficient use of energy resources on French farms: An analysis through technical efficiency”. *Energies* 9(8):601.

Ghee-Thean, L., G.M.N. Islam, y M.M. Ismail. 2016. “Malaysian white shrimp (P. vannamei) aquaculture: An application of stochastic frontier analysis on technical efficiency”. *International Food Research Journal* 23(2):638–645.

Ghosh, S., J.T. McGuckin, y S.C. Kumbhakar. 1994. “Technical efficiency, risk attitude, and adoption of new technology: The case of the U.S. dairy industry”. *Technological Forecasting and Social Change* 46:269–278.

Giannakas, K., K.C. Tran, y V. Tzouvelekas. 2000. “Efficiency, technological change and output growth in Greek olive growing farms: A Box-Cox approach”. *Applied Economics* 32(7):909–916.

Giannakas, K., K.C. Tran, y V. Tzouvelekas. 2003. “On the choice of functional form in stochastic frontier modeling”. *Empirical Economics* 28(1):75–100.

Giannakas, K., R. Schoney, y V. Tzouvelekas. 2001. “Technical efficiency, technological change and output growth of wheat farms in Saskatchewan”. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 49(2):135–152.

Gillespie, J., A. Schupp, y G. Taylor. 1997. “Factors affecting production efficiency in a new alternative enterprise: The case of the Ratite industry”. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 29(2):409–418.

Gollin, D. 2010. *Chapter 73. Agricultural productivity and economic growth* 1ª ed. Elsevier B.V.

Gómez-Limón, J.A., A.J. Picazo-Tadeo, y E. Reig-Martínez. 2012. “Eco-efficiency assessment of olive farms in Andalusia”. *Land Use Policy* 29(2):395–406.

González, M., y R. López. 2007. “Political violence and farm household efficiency in Colombia”. *Economic Development and Cultural Change* 55(2):367–392.

González-Flores, M., B.E. Bravo-Ureta, D. Solis, y P. Winters. 2014. "The impact of high value markets on smallholder productivity in the Ecuadorean Sierra: A stochastic production frontier approach correcting for selectivity bias". *Food Policy* 44:237–247.

Gordon, J., y P. Gretton. 2015. "On productivity : concepts and measurement". *Australian Government Productivity Commission* (February):23.

Gorton, M., y S. Davidova. 2004. "Farm productivity and efficiency in the CEE applicant countries: A synthesis of results". *Agricultural Economics* 30:1–16.

Goyal, S.K., K.S. Suhag, y U.K. Pandey. 2006. "An estimation of technical efficiency of paddy farmers in Haryana State of India". *Indian Journal of Agricultural Economics* 61(1):108–122.

Greene, W. 2002. *Farm productivity and efficiency in the CEE applicant countries: A synthesis of results* 5th ed. P. Education, ed.

Greene, W. 2005a. "Fixed and random effects in stochastic frontier models". *Journal of Productivity Analysis* 23:7–32.

Greene, W. 2005b. "Reconsidering heterogeneity in panel data estimators of the stochastic frontier model". *Journal of Econometrics* 126:269–303.

Greene, W. 2008. "Chapter 2 in the measurement of productive efficiency and productivity growth". En H. Fried, C. A. Knox Lovell, y S. Schmidt, eds. *The econometric approach to efficiency analysis*.

Greene, W. 2010. "A stochastic frontier model with correction for sample selection". *Journal of Productivity Analysis* 34:15–24.

Griliches, Z. 1996. "The discovery of the residual: A historical note". *Journal of Economic Literature* 34(3):1324–1330.

Guesmi, B., y T. Serra. 2015. "Can we improve farm performance? The determinants of farm technical and environmental efficiency". *Applied Economic Perspectives and Policy* 37(4):692–717.

Guesmi, B., T. Serra, y A. Featherstone. 2015. "Technical efficiency of Kansas arable crop farms: A local maximum likelihood approach". *Agricultural Economics* 46(6):703–713.

Guilkey, D.K., C.A.K. Lovell, y R.C. Sickles. 1983. "A comparison of the performance of three flexible functional forms". *International Economic Review* 24(3):591–616.

Günden, C., A. Şahin, B. Miran, y I. Yildirim. 2010. "Technical, allocative and economic efficiencies of Turkish dairy farms: An application of data envelopment analysis". *Journal of Applied Animal Research* 37(2):213–216.

Hadley, D. 2006. “Patterns in technical efficiency and technical change at the farm-level in England and Wales, 1982-2002”. *Journal of Agricultural Economics* 57(1):81–100.

Hadley, D., E. Fleming, y R. Villano. 2013. “Is input mix inefficiency neglected in agriculture? A case study of pig-based farming systems in England and Wales”. *Journal of Agricultural Economics* 64(2):505–515.

Hadri, K. 2003. “Estimating farm efficiency in the presence of double heterocedasticity using panel data”. *Journal of Applied Economics* 6(2):255–268.

Hadri, K., C. Guermat, y J. Whittaker. 2003. “Estimation of technical inefficiency effect using panel data and doubly heteroscedastic stochastic production frontiers”. *Empirical Economics* 28:203–222.

Haghiri, M., J.F. Nolan, y K.C. Tran. 2004. “Assessing the impact of economic liberalization across countries: A comparison of dairy industry efficiency in Canada and USA”. *Applied Economics* 36:1233–1243.

Haji, J. 2006. “Production efficiency of smallholders’ vegetable-dominated mixed farming system in Eastern Ethiopia: A non-parametric approach”. *Journal of African Economies* 16(1):1–27.

Hallam, D., y F. Machado. 1996. “Efficiency analysis with panel data: A study of Portuguese dairy farm”. *European Review of Agricultural Economics* 23:79–93.

Halvorsen, R., y R. Palmquist. 1980. “The interpretation of dummy variables in semilogarithmic equations”. *The American Economic Review* 70(3):474–475.

Hansson, H. 2007. “Strategy factors as drivers and restraints on dairy farm performance: Evidence from Sweden”. *Agricultural Systems* 94(3):726–737.

Hansson, H., y B. Öhlmér. 2008. “The effect of operational managerial practices on economic, technical and allocative efficiency at Swedish dairy farms”. *Livestock Science* 118(1–2):34–43.

Hasnah, E. Fleming, y T. Coelli. 2004. “Assessing the performance of a nucleus estate and smallholder scheme for oil palm production in West Sumatra: A stochastic frontier analysis”. *Agricultural Systems* 79:17–30.

Hassine-Belghith, N.B. 2009. “Exporting, technical efficiency and product quality: An empirical analysis of the agricultural sector in the Mediterranean countries”. *Journal of Development Studies* 45(5):769–788.

Headey, D., M. Alauddin, y D.S.P. Rao. 2010. “Explaining agricultural productivity growth: An international perspective”. *Agricultural Economics* 41(1):1–14.

Heady, E.O. 1952. *Economics of agricultural production and resource use*. New York, USA: Prentice-Hall Inc.

Heidari, M.D., M. Omid, y A. Akram. 2011. “Optimization of energy consumption of broiler production farms using data envelopment analysis approach”. *Modern Applied Science* 5(3):69–79.

Helfand, S.M., M.M. Magalhães, y N.E. Rada. 2015. “Brazil’s agricultural total factor productivity growth by farm size.” IDB Working Paper Series *N^{o} 609*.

Henderson, B., C. Godde, D. Medina-Hidalgo, M. van Wijk, S. Silvestri, S. Douxchamps, E. Stephenson, B. Power, C. Rigolot, O. Cacho, y M. Herrero. 2016. “Closing system-wide yield gaps to increase food production and mitigate GHGs among mixed crop-livestock smallholders in Sub-Saharan Africa”. *Agricultural Systems* 143:106–113.

Heshmati, A. 1994. “Farm heterogeneity and technical efficiency: Some results from Swedish dairy farms”. *The Journal of Productivity Analysis* 5:45–61.

Heshmati, A. 1996. “Technical efficiency of the Ugandan matoke farms”. *Applied Economics Letters* 3:491–494.

Heshmati, A. 1998. “Efficiency measurement in rotating panel data”. *Applied Economics* 30:919–930.

Heshmati, A., S.C. Kumbhakar, y L. Hjalmarsson. 1995. “Efficiency of the Swedish pork industry: A farm level study using rotating panel data 1976-1988”. *European Journal of Operational Research* 80(3):519–533.

Heshmati, A., y S.C. Kumbhakar. 1997. “Estimation of technical efficiency in Swedish crop farms: A pseudo panel data approach”. *Journal of Agricultural Economics* 48(1):22–37.

Hildreth, C., y J.P. Houck. 1968. “Some estimators for a linear model with random coefficients”. *Journal of the American Statistical Association* 63(322):584–595.

Hoang, V.-N. 2013. “Analysis of productive performance of crop production systems: An integrated analytical framework”. *Agricultural Systems* 116:16–24.

Huang, C.J., y F.S. Bagi. 1984. “Technical efficiency on individual farms in Northwest India”. *Southern Economic Journal* 51(1):108–115.

Huang, C.J., y H. Lai. 2012. “Estimation of stochastic frontier models based on multimodel inference”. *Journal of Productivity Analysis* 38(3):273–284.

Huang, Y., y K.P. Kalirajan. 1997. “Potential of China’s grain production : Evidence from the household data”. *Agricultural Economics* 17:191–199.

Hughes, N., K. Lawson, A. Davidson, T. Jackson, y Y. Sheng. 2011. *Productivity pathways: Climate-adjusted production frontiers for the Australian broad acre cropping industry*.

Hung, T.V., T. Coelli, y E. Fleming. 1993. “Analysis of the technical efficiency of state rubber farms in Vietnam”. *Agricultural Economics* 9:183–201.

Hussain, A., A. Saboor, M.A. Khan, A.Q. Mohsin, F. Hassan, y M.Z. Anwar. 2012. “Technical efficiency of wheat production in Punjab (Pakistan): A cropping zone wise analysis”. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences* 10(2):130–138.

Hussain, A., A. Saboor, M.A. Khan, A.Q. Mohsin, y F. Hassan. 2012. “Technical efficiency of wheat production in rain-fed areas: A case study of Punjab, Pakistan”. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 49(3):411–417.

Idris, N.D.M., C. Siwar, y B. Talib. 2013. “Determinants of technical efficiency on pineapple farming”. *American Journal of Applied Sciences* 10(4):426–432.

Ilke, V.B. 2012. “Total factor productivity estimation: A practical review”. *Journal of Economic Surveys* 26(1):98–128.

Illukpitiya, P., y J.F. Yanagida. 2010. “Farming vs forests: Trade-off between agriculture and the extraction of non-timber forest products”. *Ecological Economics* 69(10):1952–1963.

INE 2015. “Estadísticas de superficie sembrada, producción y rendimiento”. Instituto Nacional de Estadísticas.

IPCC. 2014. “Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability: Summary for policymakers”. *IPCC WGII AR5, March*.

Iraizoz, B., I. Bardaji, y M. Rapun. 2005. “The Spanish beef sector in the 1990s: Impact of the BSE crisis on efficiency and profitability”. *Applied Economics* 37(4):473–484.

Iráizoz, B., M. Rapún, y I. Zabaleta. 2003. “Assessing the technical efficiency of horticultural production in Navarra, Spain”. *Agricultural Systems* 78(3):387–403.

Isin, S., F. Isin, y A. Uzmay. 2013. “Technical and economic efficiency in cotton production in the Aegean region, Turkey”. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 11(3&4):1682–1686.

Islam, K.M.Z., J. Sumelius, y S. Bäckman. 2012. “Do differences in technical efficiency explain the adoption rate of HYV rice? Evidence from Bangladesh”. *Agricultural Economics Review* 13(1):93–110.

Islam, N., V. Xayavong, y R. Kingwell. 2014. “Broad acre farm productivity and profitability in south-western Australia”. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 58(2):147–170.

Ivaldi, M., I. Perrigne, y M. Simioni. 1994. “Productive efficiency of French grain producers: A latent variable model”. *The Journal of Productivity Analysis* 5:287–299.

Jabbar, M.A., y S. Akter. 2006. “Market and other factors affecting farm-specific production efficiency in poultry production in Vietnam”. *Journal of Food Products Marketing* 12(2):99–113.

Jabbar, M.A., y S. Akter. 2008. “Market and other factors affecting farm specific production efficiency in pig production in Vietnam”. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing* 20(3):29–53.

Jaforullah, M., y J. Whiteman. 1999. “Scale efficiency in the New Zealand dairy industry: A non-parametric approach”. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 43(4):523–541.

Jaime, M., C. Salazar, y L. Novoa. 2011. “Participation and technical efficiency in the small-scale agriculture in the Ñuble Province (Bio-Bío Region, Chile)”. *Horizontes Empresariales*:9–20.

Jaime, M.M., y C.A. Salazar. 2012. “Participation in organizations, technical efficiency and territorial differences: A study of small wheat farmers in Chile”. *Chilean Journal of Agricultural Research* 71(1):104–113.

Jara-Rojas, R., B.E. Bravo-Ureta, D. Solís, y D. Martínez. 2016. “Production efficiency and marketing channels among small-scale farmers: Evidence for raspberry production in Chile”. *International Food and Agribusiness Review* 0(0):1–14.

Jara-Rojas, R., B.E. Bravo-Ureta, V. Moreira, y J. Díaz. 2012. “Natural Resource Conservation and Technical Efficiency from Small-scale Farmers in Central Chile”. *Selected Paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists (IAAE) Triennial Conference, Foz do Iguaçu, Brazil* August:25.

Jara Rojas, R., B.E. Bravo-Ureta, D. Solís, y D. Martínez. 2016. “Production efficiency and commercialization channels among small-scale farmers: Evidence for raspberry production in Central Chile”. *Southern Agricultural Economics Association’s Annual Meeting* 19(4):1–26.

Jhonson, S.R., A. Bouzaher, A. Carriquiry, H. Jensen, y P.G. Lakshminarayan. 1994. “Production efficiency and agricultural reform in Ukraine”. *American Journal of Agricultural Economics* 76:629–635.

Jiao, W., Z. Fu, W. Mu, X. Zhang, J. Lu, y M. Xu. 2015. “Estimating technical efficiency of Chinese table grape wholesalers”. *British Food Journal* 117(6):1670–1688.

Jondrow, J., C.A. Knox Lovell, I.S. Materov, y P. Schmidt. 1982. “On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model”. *Journal of Econometrics* 19(2–3):233–238.

Jordaan, H., B. Grové, y N. Matthews. 2013. “Investigating potential financial gains from using production inputs more efficiently”. *Agrekon* 52(SUPPL. 1):87–100.

Judge, G., C. Hill, W. Griffits, H. Lutkepohl, y T. Lee. 1988. *Introduction to the theory and practice of econometrics* J. W. & Son, ed.

Junankar, P.N. 1980. “Tests of the profit maximization hypothesis: A study of Indian agriculture”. *Journal of Development Studies* 6:186–203.

Kalaitzandonakes, N.G., S. Wu, y J.C. Ma. 1992. “The relationship between technical efficiency and farm size revisited”. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 40:427–442.

Kalaitzandonakes, N.G., y E.G. Dunn. 1995. “Technical efficiency, managerial ability and farmer education in Guatemala corn production: A latent variable analysis”. *Agricultural and Resource Economics Review* 24(1):36–46.

Kalirajan, K.P. 1984. “Farm-specific technical efficiencies and development policies”. *Journal of Economic Studies* 11(3):3–13.

Kalirajan, K.P. 1986. “Measuring technical efficiencies from interdependent multiple outputs frontiers”. *Journal of Quantitative Economics* 2(2):263–274.

Kalirajan, K.P. 1990. “On measuring economic efficiency”. *Journal of Applied Econometrics* 5:75–85.

Kalirajan, K.P. 1991. “The importance of efficient use in the adoption of technology: A micro panel data analysis”. *The Journal of Productivity Analysis* 2:113–126.

Kalirajan, K.P., y J.C. Flinn. 1983. “The measurement of farm-specific technical efficiency”. *Pakistan Journal of Applied Economics* 2(2):167–180.

Kalirajan, K.P., y R.T. Shand. 1986. “Estimating location-specific and firm-specific technical efficiency: An analysis”. *Journal of Economic Development* 11:147–160.

Kalirajan, K.P., y R.T. Shand. 1989. “A generalized measure of technical efficiency”. *Applied Economics* 21:25–34.

Kalirajan, K.P., y R.T. Shand. 2001. “Technology and farm performance: Paths of productive efficiencies over time”. *Agricultural Economics* 24(3):297–306.

Kane, G.Q., S. Fondo, y A.S. Oyekale. 2012. “Efficiency of groundnuts/maize intercropped farms in Zoetele, South Cameroon: A data envelopment approach”. *Life Science Journal* 9(4):3955–3962.

Kaneko, S., K. Tanaka, y T. Toyota. 2004. “Water efficiency of agricultural production in China: Regional comparison from 1999 to 2002”. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology* 3(3–4):231–251.

Karagiannis, G., P. Midmore, y V. Tzouvelekas. 2002. “Separating technical change from time-varying technical inefficiency in the absence of distributional assumptions”. *Journal of Productivity Analysis* 18:23–38.

Karagiannis, G., V. Tzouvelekas, y A. Xepapadeas. 2003. “Measuring irrigation water efficiency with a stochastic production frontier”. *Environmental and Resource Economics* 26(1):57–72.

Karagiannis, G., y A. Sarris. 2005. “Measuring and explaining scale efficiency with the parametric approach: The case of Greek tobacco growers”. *Agricultural Economics* 33(SUPPL. 3):441–451.

Karagiannis, G., y V. Tzouvelekas. 2001. “Self-dual stochastic production frontiers and decomposition of output growth: The case of olive-growing farms in Greece”. *Agricultural and Resource Economics Review* 30(2):168–178.

Karagiannis, G., y V. Tzouvelekas. 2005. “Explaining output growth with a heteroscedastic non-neutral production frontier: The case of sheep farms in Greece”. *European Review of Agricultural Economics* 32(1):51–74.

Karagiannis, G., y V. Tzouvelekas. 2007. “A flexible time-varying specification of the technical inefficiency effects model”. *Empirical Economics* 33(3):531–540.

Karagiannis, G., y V. Tzouvelekas. 2009. “Measuring technical efficiency in the stochastic varying coefficient frontier model”. *Agricultural Economics* 40(4):389–396.

Karagiannis, G., y V. Tzouvelekas. 2012. “The damage-control effect of pesticides on total factor productivity growth”. *European Review of Agricultural Economics* 39(3):417–437.

Kellermann, M., y K. Salhofer. 2014. “Dairy farming on permanent grassland: Can it keep up?” *Journal of Dairy Science* 97(10):6196–6210.

Kelly, E., L. Shalloo, U. Geary, A. Kinsella, y M. Wallance. 2012. “Application of data envelopment analysis to measure technical efficiency on a sample of Irish dairy farms”. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 51(1):63–77.

Keramidou, I., y A. Mimis. 2011. “An application of the double-bootstrap data envelopment analysis to investigate sources of efficiency in the Greek poultry sector”. *World’s Poultry Science Journal* 67:675–686.

Key, N., y W.D. McBride. 2014. “Sub-therapeutic antibiotics and the efficiency of US hog farms”. *American Journal of Agricultural Economics* 96(3):831–850.

Khalili-Damghani, K., M. Tavana, F.J. Santos-Arteaga, y S. Mohtasham. 2015. “A dynamic multi-stage data envelopment analysis model with application to energy consumption in the cotton industry”. *Energy Economics* 51:320–328.

Khan, A., F. Huda, y A. Alam. 2010. “Farm household technical efficiency: A study on rice producers in selected areas of Jamalpur district in Bangladesh”. *European Journal of Social Sciences* 14(2):262–271.

Khan, H., y F. Ali. 2013. “Measurement of productive efficiency of tomato growers in Peshawar, Pakistan”. *Agricultural Economics (Czech Republic)* 59(8):381–388.

Khoshnevisan, B., S. Rafiee, M. Omid, y H. Mousazadeh. 2013. “Applying data envelopment analysis approach to improve energy efficiency and reduce GHG (greenhouse gas) emission of wheat production”. *Energy* 58:588–593.

Khoshnevisan, B., S. Rafiee, M. Omid, y H. Mousazadeh. 2013. “Reduction of CO2 emission by improving energy use efficiency of greenhouse cucumber production using DEA approach”. *Energy* 55:676–682.

Kiatpathomchai, S., P.M. Schmitz, T.S. Amjath Babu, y S. Thongrak. 2008. “Investigating external effects of shrimp farming on rice farming in southern Thailand: A technical efficiency approach”. *Paddy and Water Environment* 6(3):319–326.

Kilic, O., V. Ceyhan, y I. Alkan. 2009. “Determinants of economic efficiency: A case study of hazelnut (*Corylus avellana*) farms in Samsun province Turkey”. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 37(3):263–270.

Kim, K., y D. An. 2015. “Nonparametric evaluation of economies of scope in the context of technical efficiency: The case of rice and vegetable farms in Korea”. *Asian Economic Journal* 29(3):285–301.

Kohlmann, F. 2003. “What is pH, and how is it measured”. *A Technical Handbook for Industry* 86(2):94–99.

Koirala, K.H., A. Mishra, y S. Mohanty. 2016. “Impact of land ownership on productivity and efficiency of rice farmers: The case of the Philippines”. *Land Use Policy* 50:371–378.

Kokoye, S.E.H., J.A. Yabi, S.D. Tovignan, R.N. Yegbemey, y E.-A. Nuppenau. 2013. “Simultaneous modelling of the determinants of the partial inputs productivity in the municipality of Banikoara, Northern Benin”. *Agricultural Systems* 122:53–59.

Kompas, T., y T.N. Che. 2006. “Technology choice and efficiency on Australian dairy farms”. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 50(1):65–83.

Kontos, A., y T. Young. 1983. “An analysis of technical efficiency on a sample of Greek farms”. *European Review of Agricultural Economics* 10(3):271–280.

Koopmans, T.C. 1951. *An analysis of production as an efficient combination of activities* J. W. and Sons, ed. New York, USA.

Krasnozhon, L.O. 2011. “Property rights and farm efficiency: Evidence from Ukraine”. *Economic Change and Restructuring* 44(4):279–295.

Krishna, V. V, y P.C. Veettil. 2014. “Productivity and efficiency impacts of conservation tillage in Northwest Indo-Gangetic Plains”. *Agricultural Systems* 127:126–138.

Külekçi, M. 2010. “Technical efficiency analysis for oilseed sunflower farms: A case study in Erzurum, Turkey.” *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90(9):1508–1512.

Kumar, A., P. Sharma, y S. Joshi. 2016. “Assessing the impacts of climate change on land productivity in Indian crop agriculture: An Evidence from Panel Data Analysis”. *Journal of Agricultural Science and Technology* 18(1):1–13.

Kumar, L., K. Srinivas, y S.R. Singh. 2005. “Technical efficiency of rice farms under irrigated conditions of North West Himalaya Region - A non-parametric approach”. *Indian Journal of Agricultural Economics* 60(3):483–493.

Kumara Charyulu, D. 2010. “Technical, allocative and economic efficiency of organic input units in India”. *Indian Journal of Agricultural Economics* 65(4):722–738.

Kumbhakar, S.C. 1994. “Efficiency estimation in a profit maximising model using flexible production function”. *Agricultural Economics* 10:143–152.

Kumbhakar, S.C., B. Biswas, y D. Bailey. 1989. “A study of economic efficiency of Utah dairy farmers: A system approach”. *The Review of Economics and Statistics* 71(4):595–604.

Kumbhakar, S.C., E.G. Tsionas, y T. Sipiläinen. 2009. “Joint estimation of technology choice and technical efficiency: An application to organic and conventional dairy farming”. *Journal of Productivity Analysis* 31(3):151–161.

Kumbhakar, S.C., G. Lien, O. Flaten, y R. Tveterås. 2008. “Impacts of Norwegian milk quotas on output growth: A modified distance function approach”. *Journal of Agricultural Economics* 59(2):350–369.

Kumbhakar, S.C., y A. Heshmati. 1995. “Efficiency measurement in Swedish dairy farms: An application of rotating panel data, 1976-88”. *American Journal of Agricultural Economics* 77:660–674.

Kumbhakar, S.C., y C.A.K. Lovell. 2000. “Stochastic frontier analysis”. *Cambridge University Press, New York, USA*.

Kumbhakar, S.C., y E.G. Tsionas. 2006. “Estimation of stochastic frontier production functions with input-oriented technical efficiency”. *Journal of Econometrics* 133(1):71–96.

Kumbhakar, S.C., y R. Bokusheva. 2009. “Modelling farm production decisions under an expenditure constraint”. *European Review of Agricultural Economics* 36(3):343–367.

Kumnhakar, S.C., G. Lien, y J.B. Hardaker. 2014. “Technical efficiency in competing panel pata models: A study of Norwegian grain farming”. *Journal of Productivity Analysis* 41:321–337.

Kuosmanen, T., A. Saastamoinen, y T. Sipiläinen. 2013. “What is the best practice for benchmark regulation of electricity distribution? Comparison of DEA, SFA and StoNED methods”. *Energy Policy* 61:740–750.

Kuosmanen, T., y M. Kortelainen. 2012. “Stochastic non-smooth envelopment of data: Semi-parametric frontier estimation subject to shape constraints”. *Journal of Productivity Analysis* 38(1):11–28.

Kurkalova, L.A., y A. Carriquiry. 2003. “Input- and output-oriented technical efficiency of Ukrainian collective farms, 1989-1992: Bayesian analysis of stochastic production frontier model”. *Journal of Productivity Analysis* 20(2):191–211.

Kutlu, L. 2010. “Battese–Coelli estimator with endogenous regressors”. *Economics Letters* 109:79–81.

Kwon, O.S., y H. Lee. 2004. “Productivity improvement in Korea rice farming: Parametric and non-parametric analysis”. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 48(2):323–346.

Lachaal, L. 1994. “Subsidies, endogenous technical efficiency and the measurement of productivity growth”. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 26(1):299–310.

Lachaal, L. 1998. “Production structure characteristics and adaptations of productivity growth measures : A survey”. *Cahiers d’economie et sociologie rurales* 48:18.

Lachaal, L., B. Karray, B. Dhehibi, y A. Chebil. 2005. “Technical efficiency measures and its determinants for olive producing farms in Tunisia: A stochastic frontier analysis”. *African Development Review* 17(3):580–591.

Lachaud, M.A., B.E. Bravo-Ureta, y C.E. Ludena. 2015. “Agricultural productivity growth in LAC and other world regions: An analysis of climatic effects, convergence and catch-up”. *Inter-American Development Bank Working Paper No. 607 (IDB-WP-607). Washington DC*.

Lachaud, M.A., B.E. Bravo-Ureta, y C.E. Ludena. 2017. “Agricultural productivity in Latin America and the Caribbean in the presence of unobserved heterogeneity and climatic effects”. *Climatic Change* 143(3–4):445–460.

Lai, H.S., S. Polachek, y H. Wang. 2009. “Estimation of a stochastic frontier model with a sample selection problem”. *Working Paper, Department of Economics, National Chung Cheng University*.

Lambarraa, F., S. Stefanou, T. Serra, y J.M. Gil. 2009. “The impact of the 1999 CAP reforms on the efficiency of the COP sector in Spain”. *Agricultural Economics* 40(3):355–364.

Lansink, A.O. 2000. “Productivity growth and efficiency measurement: A dual approach”. *European Review of Agricultural Economics* 27(1):59–73.

Lansink, A.O., K. Pietola, y S. Backman. 2002. “Efficiency and productivity of conventional and organic farms in Finland 1994-1997”. *European Review of Agricultural Economics* 29(1):51–65.

Lansink, A.O., y S. Reinhard. 2004. “Investigating technical efficiency and potential technological change in Dutch pig farming”. *Agricultural Systems* 79:353–367.

Lansink, A.O., S.E. Stefanou, y M. Kapelko. 2014. “The impact of inefficiency on diversification”. *Journal of Productivity Analysis* 44(2):189–198.

Larochelle, C., y J. Alwang. 2013. “The role of risk mitigation in production efficiency: A case study of potato cultivation in the Bolivian Andes”. *Journal of Agricultural Economics* 64(2):363–381.

Larson, D.F., y M. León. 2006. “How endowments, accumulations, and choice determine the geography of agricultural productivity in Ecuador”. *The World Bank Economic Review* 20(3):449–471.

Latruffe, L., B.E. Bravo-Ureta, A. Carpentier, Y. Desjeux, y V.H. Moreira. 2017. “Subsidies and technical efficiency in agriculture: Evidence from European dairy farms”. *American Journal of Agricultural Economics* 99(3):783–799.

Latruffe, L., J. Fogarasi, y Y. Desjeux. 2012. “Efficiency, productivity and technology comparison for farms in Central and Western Europe: The case of field crop and dairy farming in Hungary and France”. *Economic Systems* 36(2):264–278.

Latruffe, L., K. Balcombe, S. Davidova, y K. Zawalinska. 2004. “Determinants of technical efficiency of crop and livestock farms in Poland”. *Applied Economics* 36:1255–1263.

Latruffe, L., K. Balcombe, S. Davidova, y K. Zawalinska. 2005. “Technical and scale efficiency of crop and livestock farms in Poland: Does specialization matter?” *Agricultural Economics* 32(3):281–296.

Latruffe, L., S. Davidova, y K. Balcombe. 2008. “Application of a double bootstrap to investigation of determinants of technical efficiency of farms in Central Europe”. *Journal of Productivity Analysis* 29(2):183–191.

Latruffe, L., Y. Desjeux, Z. Bakucs, I. Fertó, y J. Fogarasi. 2013. “Environmental pressures and technical efficiency of pig farms in Hungary”. *Managerial and Decision Economics* 34:409–416.

Lawson, L.G., J.F. Agger, M. Lund, y T. Coelli. 2004. “Lameness, metabolic and digestive disorders, and technical efficiency in Danish dairy herds: A stochastic frontier production function approach”. *Livestock Production Science* 91(1–2):157–172.

Lee, Y.H. 2006. “A stochastic production frontier model with group-specific temporal variation in technical efficiency”. *European Journal of Operational Research* 174(3):1616–1630.

Lema, D. 2015. “Crecimiento y productividad total de factores en la agricultura argentina y países del cono sur 1961-2013”. *Serie de informes técnicos del Banco Mundial en Argentina, Paraguay y Uruguay N°1*.

Lemba, J., M. D'Haese, L. D'Haese, A. Frija, y S. Speelman. 2012. "Comparing the technical efficiency of farms benefiting from different agricultural interventions in Kenya's drylands". *Development Southern Africa* 29(2):287–301.

Levinsohn, J., y A. Petrin. 2003. "Estimating production functions using inputs to control for unobservables". *Review of Economics Studies* 70(2):317–341.

Li, G., Z. Feng, L. You, y L. Fan. 2013. "Re-examining the inverse relationship between farm size and efficiency: The empirical evidence in China". *China Agricultural Economic Review* 5(4):473–488.

Li, H., y M. Li. 2011. "Collective water management and technical efficiency in rice production: Evidence from China". *The Journal of Developing Areas* 44(2):391–405.

Li, M., y T. Sicular. 2013. "Aging of the labor force and technical efficiency in crop production: Evidence from Liaoning province, China". *China Agricultural Economic Review* 5(3):342–359.

Li, X., Y. Luo, Q. Gao, S. Dong, y X. Yang. 2008. "Farm production growth in the upper and middle parts Yellow River Basin, China, during 1980-1999". *Agricultural Sciences in China* 7(3):344–355.

Lilienfeld, A., y M. Asmild. 2007. "Estimation of excess water use in irrigated agriculture: A data envelopment analysis approach". *Agricultural Water Management* 94(1–3):73–82.

Lindara, L.M.J.K., F.H. Johnsen, y H.M. Gunatilake. 2006. "Technical efficiency in the spice based agroforestry sector in Matale district, Sri Lanka". *Agroforestry Systems* 68(3):221–230.

Lissitsa, A., y M. Odening. 2005. "Efficiency and total factor productivity in Ukrainian agriculture in transition". *Agricultural Economics* 32:311–325.

Liu, Z., y J. Zhuang. 2000. "Determinants of technical efficiency in post-collective Chinese agriculture: Evidence from Farm-Level Data". *Journal of Comparative Economics* 28(3).

Llewelyn, R.V., y J.R. Williams. 1996. "Nonparametric analysis of technical, pure technical, and scale efficiencies for food crop production in East Java, Indonesia". *Agricultural Economics* 15(2):113–126.

Lobos, G., y A. Tristán. 2005. "Profitability and economic efficiency indicators of cv . Gala apple production in Maule Region , Chile". 65(4):421–436.

Lohr, L., y T. Park. 2006. "Technical efficiency of U.S. organic farmers : The complementary roles of soil management techniques and farm experience". *Agricultural and Resource Economics Review* 35(2):327–338.

Lohr, L., y T.A. Park. 2007. "Efficiency analysis for organic agricultural producers: The role of soil-improving inputs". *Journal of Environmental Management* 83(1).

Lohr, L., y T. Park. 2010. “Local selling decisions and the technical efficiency of organic farms”. *Sustainability* 2(1):189–203.

Louis, L.M., y a. J. Joel. 2010. “Data envelopment analysis-an application to turmeric production in North Western Region of Tamil Nadu”. *Opsearch* 47(3):205–215.

Lubis, R.R.B., A. Daryanto, M.T. Mailto, y H.P.S. Rachman. 2015. “Analysis of the technical efficiency of pineapple production in Subang district, West Java Province, Indonesia”. *Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences* 21(2):48–55.

Ma, X., N. Heerink, S. Feng, y X. Shi. 2017. “Land tenure security and technical efficiency: new insights from a case study in Northwest China”. *Environment and Development Economics* 22(3):305–327.

Ma, H., A.N. Rae, J. Huang, y S. Rozelle. 2007. “Enhancing productivity on suburban dairy farms in China”. *Agricultural Economics* 37(1):29–42.

Ma, H., L. Oxley, A. Rae, C. Fan, J. Huang, y S. Rozelle. 2012. “The evolution of productivity performance on China’s dairy farms in the new millennium”. *Journal of Dairy Science* 95(12):7074–7085.

Ma, L., S. Feng, P. Reidsma, F. Qu, y N. Heerink. 2014. “Identifying entry points to improve fertilizer use efficiency in Taihu Basin, China”. *Land Use Policy* 37:52–59.

Madau, F.A. 2011. “Parametric estimation of technical and scale efficiencies in Italian citrus farming”. *Agricultural Economics Review* 12(1):91–111.

Madsen, J.B., y M.R. Islam. 2016. “Exploring the widening food gap: An international perspective”. *Agricultural Economics (United Kingdom)* 47(6):645–659.

Maffioli, A., D. Ubfal, G. Vásquez-Baré, y P. Cerdán-Infantes. 2011. “Extension services, product quality and yields: The case of grapes in Argentina”. *Agricultural Economics* 42:727–734.

Mahadevan, R. 2009. “The less than sweet solution to Fiji’s sugar industry problems”. *Journal of International Development* 21(1):126–136.

Mahadevan, R. 2009. “The viability of Fiji’s sugar industry”. *Journal of Economic Studies* 36(4):309–325.

Mahadevan, R., y W. Gonemaituba. 2013. “A note on soil erosion and the loss in crop production: Case study of Fiji’s ginger farms”. *Journal of the Asia Pacific Economy* 18(3):502–511.

Mahdhi, N., M. Sghaier, y M.S. Bachta. 2011. “Water use and technical efficiencies in private irrigated perimeters in South-Eastern of Tunisia”. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 23(5):440–452.

Maietta, O.W. 2000. “The decomposition of cost inefficiency into technical and allocative components with panel data of Italian dairy farms”. *European Review of Agricultural Economics* 27(4):473–496.

Makombe, G., R.E. Namara, S.B. Awulachew, F. Hagos, M. Ayana, y M. Kanjere. 2017. “An analysis of the productivity and technical efficiency of smallholder irrigation in Ethiopia”. *Water SA* 43(1):48–57.

Makombe, G., D. Kelemework, y D. Aredo. 2007. “A comparative analysis of rainfed and irrigated agricultural production in Ethiopia”. *Irrigation and Drainage Systems* 21(1):35–44.

Malá, Z. 2011. “Efficiency analysis of Czech organic farming”. *Economics and Management* 14(1):14–28.

Malana, N.M., y H. Malano. 2006. “Benchmarking productive efficiency of selected wheat areas in Pakistan and India using data envelopment analysis”. *Irrigation and Drainage* 55:383–394.

Mamardashvili, P., y D. Schmid. 2013. “Performance of Swiss dairy farms under provision of public goods”. *Agricultural Economics (Czech Republic)* 59(7):300–314.

Mamardashvili, P., y D. Schmid. 2014. “Heterogeneous farm output and technical efficiency estimates”. *German Journal of Agricultural Economics* 63(1):16–30.

Mamardashvili, P., G. Emvalomatis, y P. Jan. 2016. “Environmental performance and shadow value of polluting on Swiss dairy farms”. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 41(2):225–246.

Manevska-Tasevska, G. 2013. “Farmers’ knowledge attributes contribute to attaining higher farm technical efficiency: A transition economy case”. *The Journal of Agricultural Education and Extension* 19(1):7–19.

Manevska-Tasevska, G., y H. Hansson. 2011. “Does managerial behavior determine farm technical efficiency? A case of grape production in an economy in transition”. *Managerial and Decision Economics* 412:399–412.

Manjunatha, a. V., A.R. Anik, S. Speelman, y E. a. Nuppenau. 2013. “Impact of land fragmentation, farm size, land ownership and crop diversity on profit and efficiency of irrigated farms in India”. *Land Use Policy* 31:397–405.

Mar, S., M. Yabe, y K. Ogata. 2013. “Technical efficiency analysis of mango production in central Myanmar”. *Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences* 19(1):49–62.

Marchand, S. 2012. “The relationship between technical efficiency in agriculture and deforestation in the Brazilian Amazon”. *Ecological Economics* 77:166–175.

Marchand, S. y H. Guo. 2014. “The environmental efficiency of non-certified organic farming in China: A case study of paddy rice production”. *China Economic Review* 31:201–216.

Mariano, M.J., R. Villano, y E. Fleming. 2010. “Are irrigated farming ecosystems more productive than rainfed farming systems in rice production in the Philippines?” *Agriculture, Ecosystems & Environment* 139(4):603–610.

Mariano, M.J., R. Villano, y E. Fleming. 2011. “Technical efficiency of rice farms in different agroclimatic zones in the Philippines: An application of a stochastic metafrontier model”. *Asian Economic Journal* 25(3):245–269.

Marinoni, O. 2013. “Development of a proxy for technical efficiency for specialized grain farmers”. *Computers and Electronics in Agriculture* 96:209–216.

Martin, J.P., y J.M. Page. 1983. “The impact of X-efficiency in LDC industry: Theory and an empirical test”. *Review of Economics and Statistics* 65:608–617.

Martin, W., y D. Mitra. 2001. “Productivity growth and convergence in agriculture versus manufacturing”. *Economic Development and Cultural Change* 49(2):403–422.

Mathijs, E., y L. Vranken. 2001. “Human capital, gender and organization in transition agriculture : Measuring and explaining the technical efficiency of Bulgarian and Hungarian farms”. *Post-Communist Economies* 13(2):171–187.

Mayen, C.D., J. V Balagtas, y C.E. Alexander. 2010. “Technology adoption and technical efficiency: Organic and conventional dairy farms in the United States”. *American Journal of Agricultural Economics* 92(1):181–195.

Mbaga, M.D., R. Romain, B. Larue, y L. Lebel. 2003. “Assessing technical efficiency of Québec dairy farms”. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 51(1):121–137.

McDonald, J. 2009. “Using least squares and tobit in second stage DEA efficiency analyses”. *European Journal of Operational Research* 197:792–798.

McGuckin, J.T., N. Gollehon, y S. Ghosh. 1992. “Water conservation in irrigated agriculture: A stochastic production frontier model”. *Water Resources Research* 28(2):305–312.

McLellan, N. 2004. “Measuring productivity using the Index Number approach: An introduction”. *New Zealand Treasury\r*.

Meeusen, W., y J. van den Broek. 1977. “Efficiency estimation from Cobb-Douglas production function with composed error”. *International Economic Review* 18:435–444.

Mehdian, S., W. McD Herr, P. Eberle, y R. Grabowski. 1988. “Toward and appraisal of the FMHA farm credit program: A case study of the efficiency of borrowers in Southern Illinois”. *Southern Journal of Agricultural Economics* 20(2):93–99.

Mehrabi Boshrabadi, H., R. Villano, y E. Fleming. 2007. “Production relations and technical inefficiency in pistachio farming systems in Kerman Province of Iran”. *Forests Trees and Livelihoods* 17(2):141–155.

Melfou, K., A. Theocharopoulos, y E. Papanagiotou. 2009. “Assessing productivity change with SFA in the sheep sector of Greece”. *Operational Research* 9(3):281–292.

Melmed-Sanjak, J.S., y M.R. Carter. 1991. “The economic viability and stability of ‘capitalised family farming’: An analysis of agricultural decollectivisation in Peru”. *Journal of Development Studies* 27(2):190–210.

Miluka, J., G. Carletto, B. Davis, y A. Zezza. 2010. “The vanishing farms? The impact of international migration on Albanian family farming”. *Journal of Development Studies* 46(1):140–161.

Minviel, J.J., y L. Latruffe. 2017. “Effect of public subsidies on farm technical efficiency: A meta-analysis of empirical results”. *Applied Economics* 49(2):213–226.

Mishra, A.K., K.A. Mottaleb, A.R. Khanal, y S. Mohanty. 2015. “Abiotic stress and its impact on production efficiency: The case of rice farming in Bangladesh”. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 199:146–153.

Mochebelele, M.T., y A. Winter-Nelson. 2000. “Migrant labor and farm technical efficiency in Lesotho”. *World Development* 28(1):143–153.

Moreira López, V., y B.E. Bravo-Ureta. 2009. “A study of dairy farm technical efficiency using meta-regression : An International Perspective”. *Chilean Journal of Agricultural Research* 69(2):214–223.

Moreira, V.H., B.E. Bravo-Ureta, A. Arzubi, y E. Schilder. 2006. “Multi-output technical efficiency for Argentinean dairy farms using stochastic production and stochastic distance frontiers with unbalanced panel data”. *Economía Agraria* 10:97–106.

Moreira, V.H., B.E. Bravo-Ureta, B.L. Carrillo, y J.A. Vásquez. 2006. “Technical efficiency measures for small dairy farms in Southern Chile: A stochastic frontier analysis with unbalanced panel data”. *Archivos de Medicina Veterinaria* 38(1):25–32.

Moreira, V.H., J.L. Troncoso, y B.E. Bravo-Ureta. 2011. “Technical efficiency for a sample of Chilean wine grape producers: A stochastic production frontier analysis”. *Ciencia e Investigación Agraria* 38(3):321–329.

Moreira, V.H., y B.E. Bravo-Ureta. 2010. “Technical efficiency and metatechnology ratios for dairy farms in three Southern cone countries: A stochastic meta-frontier model”. *Journal of Productivity Analysis* 33(1):33–45.

Moreira, V.H., y B.E. Bravo-Ureta. 2016. “Total factor productivity change in dairy farming: Empirical evidence from southern Chile”. *Journal of Dairy Science* 99(10):8356–8364.

Morrison Paul, C.J. 2000. *Cost structure and the measurement of economic performance: Productivity, utilization, cost economics, and related performance indicators*. Kluwer Academic Publishers.

Morrison Paul, C., R. Nehring, D. Banker, y A. Somwaru. 2004. "Scale economies and efficiency in U.S. agriculture: Are traditional farms history?" *Journal of Productivity Analysis* 22(3):185–205.

Morrison Paul, C., R. Nehring, y D. Banker. 2004. "Productivity, economies, and efficiency in U.S. agriculture: A look at contracts". *American Journal of Agricultural Economics* 86(5):1308–1314.

Morrison Paul, C., W.E. Johnston, y G.A.G. Frengley. 2000. "Efficiency in New Zealand sheep and beef farming: The impacts of regulatory reform". *The Review of Economics and Statistics* 82(2):325–337.

Mosheim, R., y C. a. K. Lovell. 2009. "Scale economies and inefficiency of U.S. dairy farms". *American Journal of Agricultural Economics* 91(3):777–794.

Mousavi-Avval, S.H., S. Raffie, A. Jafari, y A. Mohammadi. 2011. "Improving energy productivity of sunflower production using data envelopment analysis (DEA) approach". *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91(10):1885–1892.

Mugera, A.W. 2013. "Measuring technical efficiency of dairy farms with imprecise data: A fuzzy data envelopment analysis approach". *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 57(4):501–520.

Mukherjee, D., B.E. Bravo-Ureta, y A. De Vries. 2013. "Dairy productivity and climatic conditions: Econometric evidence from South-Eastern United States". *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 57(1):123–140.

Murray, W.G. 1969. *Farm appraisal and valuation*. The Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Mutoko, M.C., L. Hein, y C.A. Shisanya. 2014. "Farm diversity, resource use efficiency and sustainable land management in the western highlands of Kenya". *Journal of Rural Studies* 36:108–120.

Nastis, S.A., E. Papanagiotou, y S. Zamanidis. 2012. "Productive efficiency of subsidized organic alfalfa farms". *Journal of Agricultural and Resource Economics* 37(2):280–288.

Nauges, C., C.J. O'Donnell, y J. Quiggin. 2011. "Uncertainty and technical efficiency in Finnish agriculture: A state-contingent approach". *European Review of Agricultural Economics* 38(4):449–467.

Ndlovu, P.V., K. Mazvimavi, H. An, y C. Murendo. 2014. "Productivity and efficiency analysis of maize under conservation agriculture in Zimbabwe". *Agricultural Systems* 124.

Neff, D.L., P. Garcia, y R.H. Hornbaker. 1991. “Efficiency measures using the ray-homothetic function: A multiperiod analysis”. *Southern Journal of Agricultural Economics* 23(2):113–121.

Nehring, R., C. Barnard, D. Banker, y V. Breneman. 2006. “Urban influence on costs of production in the corn belt”. *American Journal of Agricultural Economics* 88(4):930–946.

Nehring, R., J. Fernandez-Cornejo, y D. Banker. 2005. “Off-farm labour and the structure of US agriculture: The case of corn/soybean farms”. *Applied Economics* 37(6):633–649.

Nehring, R., J. Gillespie, C. Sandretto, y C. Hallahan. 2009. “Small U.S. dairy farms: Can they compete?” *Agricultural Economics* 40(1):817–825.

Nelson, J.P., y P.E. Kennedy. 2009. “The use (and abuse) of meta-analysis in environmental and natural resource economics: An assessment”. *Environmental and Resource Economics* 42(3):345–377.

Newell, A., K. Pandya, y J. Symons. 1997. “Farm size and the intensity of land use in Gujarat”. *Oxford Economic Papers* 49(2):307–315.

Newman, C., y A. Matthews. 2006. “The productivity performance of Irish dairy farms 1984-2000: A multiple output distance function approach”. *Journal of Productivity Analysis* 26:191–205.

Newman, C., y A. Matthews. 2007. “Evaluating the productivity performance of agricultural enterprises in Ireland using a multiple output distance function approach”. *Journal of Agricultural Economics* 58(1):128–151.

Nguyen, T.M.H., V.-N. Hoang, y B. Seo. 2012. “Cost and environmental efficiency of rice farms in South Korea”. *Agricultural Economics* 43(4):369–378.

Nieuwoudt, W.L., y J.J. De Jong. 1985. “Land rents as indicators of profitability in maize and wheat production”. *Agrekon* 24(2):21–26.

Nin, A., C. Arndt, T.W. Hertel, y P. V Preckel. 2003. “Bridging the gap between partial and total factor productivity measures using directional distance functions”. *American Journal of Agricultural Economics* 85(4):928–942.

Nin, A., C. Arndt, y P. V. Preckel. 2003. “Is agricultural productivity in developing countries really shrinking? New evidence using a modified nonparametric approach”. *Journal of Development Economics* 71:395–415.

Nin-Pratt, A., C. C. Falconi, E. Ludena, y P. Martel. 2015. “Productivity and the performance of agriculture in Latin America and the Caribbean”. IDB Working Paper Series *N^{o} 608*.

Nishimizu, M., y J.M. Page. 1982. “Total factor productivity growth, technological progress and technical efficiency change: Dimensions of productivity change in Yugoslavia, 1965-78”. *The Economic Journal* 92(368):920–936.

Njiraini, G.W., y P.M. Guthiga. 2013. “Are small-scale irrigators water use efficient? Evidence from Lake Naivasha Basin, Kenya”. *Environmental Management* 52(5):1192–1201.

Njuki, E. 2013. “Environmental efficiency and regulations, and productivity growth in the face of climate change: An analysis of U.S. agriculture”. *Ph.D. Dissertation, University of Connecticut*.

Njuki, E. 2016. “The good and the bad: Environmental efficiency in Northeastern U.S. dairy farming”. *Agricultural and Resource Economics Review* 45:22–43.

Njuki, E., y B.E. Bravo-Ureta. 2015. “The economic costs of environmental regulations in U.S. dairy farming: A directional distance function approach”. *American Journal of Agricultural Economics* 97:1087–1106.

Nyemeck, B.J., K. Sylla, I. Diarra, y G. Nyambi. 2003. “Factors affecting technical efficiency among coffee farmers in Dôte D’ivoire: Evidence the Centre West region”. *African Development Review* 15(1):66–76.

O’Donnell, C.J. 2010. “Measuring and decomposing agricultural productivity and profitability change”. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 54(4):527–560.

O’Donnell, C.J. 2014. “Technologies, markets and behaviour: Some implications for estimating efficiency and productivity change”. *Paper presented at 58th Annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economics Society, Port Macquarie, 4-7 February*.

O’Donnell, C.J. 2016. “Using information about technologies, markets and firm behaviour to decompose a proper productivity index”. *Journal of Econometrics* 190(2):328–340.

Ofori-Bah, A., y J. Asafu-Adjaye. 2011. “Scope economies and technical efficiency of cocoa agroforesty systems in Ghana”. *Ecological Economics* 70(8):1508–1518.

Ogada, M.J., D. Muchai, G. Mwabu, y M. Mathenge. 2014. “Technical efficiency of Kenya’s smallholder food crop farmers: Do environmental factors matter?” *Environment, Development and Sustainability* 16(5):1065–1076.

Ogundari, K. 2013. “Crop diversification and technical efficiency in food crop production: A study of peasant farmers in Nigeria”. *International Journal of Social Economics* 40(3):267–287.

Ogundari, K. 2014. “The paradigm of agricultural efficiency and its implication on food security in Africa: What does Meta-analysis reveal”. *World Development* 64:690–702.

Ogundari, K., T.T. Amos, y S.O. Ojo. 2010. “Estimating confidence intervals for technical efficiency of rainfed rice farming system in Nigeria”. *China Agricultural Economic Review* 2(1):107–118.

Ogundari, K., y B. Brümmer. 2011. “Estimating technical efficiency, input substitution and complementary effects using output distance function : A study of Cassava production in Nigeria”. *Agricultural Economics Review* 12(2):62–80.

Ogunniyi, L.T., J.O. Ajetomobi, y Y.L. Fabiyi. 2013. “Technical efficiency of Cassava-based cropping on Oyo State of Nigeria”. *Agris On-line Papers in Economics and Informatics* 1:51–60.

Oguz, C., y S. Canan. 2016. “Factors affecting milk production in dairy farming enterprises and effectiveness analysis: A case study in Konya Province of Turkey”. *Custos e Agronegocio On Line* 12(3):121–136.

Oyekale, A.S. 2012. “Climate change and cocoa production efficiency losses in Ondo East Local Goverment, Nigeria”. *Life Science Journal* 9(3):726–732.

Okoye, B.C., C.E. Onyenweaku, O.O. Ukoha, G.N. Asumugha1, y O.C. Aniedu. 2008. “Determinants of labour productivity on small-holder cocoyam farms in Anambra State, Nigeria”. *Scientific Research and Essay* 3(11):559–561.

Okpokiri, C.I., C.N. Onwusiribe, y F.O. Onukwe. 2016. “Productivity differentials along gender lines of cocoa farmers in Abia state, Nigeria.” *Scientific Papers Series-Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development* 16(1):361–365.

Oladejo, J.A., S.O. Olawuyi, y T.D. Anjorin. 2011. “Analysis of women participation in agricultural production in Egbedore local government area of Osun State, Nigeria”. *International Journal of Agricultural Economics and Rural Development* 4(1):1.

Olavarría, J.A., B.E. Bravo-Ureta, y H. Cocchi. 2004. “Productividad total de los factores en la agricultura chilena: 1961-1996”. *Economía Agraria y Recursos Naturales* 4(8):121–132.

Oliveira, M.C., J. Maurício, D.E.S. Campos, y A.S.D.E. Oliveira. 2016. “Benchmarks for milk production systems in the Pernambuco Agreste Region, Northeastern Brazil”. *Revista Caatinga*. 29:725–734.

Olley, G., y A. Pakes. 1996. “The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry”. *Econometrica* 64(6):1263–1297.

Olson, K., y L. Vu. 2009. “Economic efficiency in farm households: Trends, explanatory factors, and estimation methods”. *Agricultural Economics* 40(5):587–599.

Omonona, B.T., E.J. Udoh, y R.J. Akinlade. 2007. “Determinants of technical efficiency in urban food crop production in Ibadan metropolis, Oyo State, Nigeria”. *Journal of Agricultural and Food Information* 7(4):43–55.

Oni, O.A., A.A. Akinseinde, y A.A. Adepoju. 2009. “Non-farm activity and production efficiency of farm households in Egbeda local Government Area, Oyo State”. *Journal of New Seeds* 10(1):1–13.

Orea, L., D. Roibás, y A. Wall. 2004. “Choosing the technical efficiency orientation to analyze firms´technology: A model selection test approach”. *Journal of Productivity Analysis* 22:51–71.

Ören, M.N., y T. Alemdar. 2006. “Technical efficiency analysis of tobacco farming in Southeastern Anatolia”. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 30(2):165–172.

Osborne, S., y M.A. Trueblood. 2006. “An examination of economic efficiency of Russian crop production in the reform period”. *Agricultural Economics* 34(1):25–38.

Oxouzi, E., K. Melfou, M. Galea, y E. Papanagiotou. 2012. “Economic performance and crop farm efficiency in mountainous and other less favoured areas in Greece”. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 18(6):846–853.

Oxouzi, E., M. Galea, y E. Papanagiotou. 2013. “Crop and livestock farm efficiencies in the less favoured areas in Greece and the impact of compensatory allowance”. *Die Bodenkultur* 64(1–2):55–63.

Padilla-Fernandez, M.D., y P.L. Nuthall. 2012. “Farm size and its effect on the productive efficiency of sugar cane farms in Central Negros, The Philippines”. *Journal of ISSAAS* 18(1):49–61.

Pahlavan, R., M. Omid, S. Rafiee, y S.H. Mousavi-Avval. 2012. “Optimization of energy consumption for rose production in Iran”. *Energy for Sustainable Development* 16(2):236–241.

Pahlavan, R., S. Rafiee, y M. Omid. 2012. “Assessing the technical efficiency in potato production in Iran”. *International Journal of Green Energy* 9(3):229–242.

Pandit, A., N.. Pandey, K. Rajesh, y B. Lal. 2009. “An empirical study of gains from potato contract farming”. *Indian Journal of Agricultural Economics* 64(3):497–508.

Papke, L.E., y J.M. Wooldridge. 1996. “Econometric methods for fractional response variables with an application to 401 (k) plan participation rates”. *Journal of Applied Econometrics* 11:619–632.

Parikh, A., F. Ali, y S.M. Kalan. 1995. “Measurement of economic efficiency in Pakistani agriculture”. *American Journal of Agricultural Economics* 77:675–685.

Pascual, U. 2005. “Land use intensification potential in slash-and-burn farming through improvements in technical efficiency”. *Ecological Economics* 52(4): 497-511.

Pechrová, M., y E. Vlašicová. 2013. “Technical efficiency of organic and biodynamic farms in the Czech Republic”. *Agris On-line Papers in Economics and Informatics* 5(4):143–152.

Peña, C. R. 2017. “Plataforma Efficientia”. Available at: http://efficientia.net/

Pérez, J.P., J.M. Gil, y I. Sierra. 2007. “Technical efficiency of meat sheep production systems in Spain”. *Small Ruminant Research* 69(1–3):237–241.

Phillips, J.M., y Marble. 1986. “Farmer education and efficiency: A frontier production function approach”. *Economics of Education Review* 5(3):257–264.

Picazo-Tadeo, A.J., y E. Reig-Martínez. 2006. “Outsourcing and efficiency: The case of Spanish citrus farming”. *Agricultural Economics* 35(2):213–222.

Pierani, P., y P.L. Rizzi. 2003. “Technology and efficiency in a panel of Italian dairy farms : An SGM restricted cost function approach”. *Agricultural Economics* 29:195–209.

Piesse, J., C. Thirtle, y J. Turk. 1996. “Efficiency and ownership in Slovene dairying: A comparison of econometric and programming techniques”. *Journal of Comparative Economics* 22(1):1–22.

Pine, W.H. 1948. “Measuring the economic productivity of the land”. *Journal of Farm Economics*. 30(4):777–783.

Poe, G., y B. Jones. 1992. “Profitability, technical efficiency, and economies of size: Results from a study of Wisconsin dairy”. *Journal of the American Society of Farm Managers and Rural Appraisers* 56:73–81.

Porter, J.R. 2013. “Food security and food production systems”. *Chapter 7, in IPCC WGII AR5, October*.

Qi, L., B.E. Bravo-Ureta, y V. Cabrera. 2017. “Total factor productivity and climatic effects on dairy farms: An econometric analysis using stochastic frontiers.” *Working Paper, Universidad de Connecticut*.

Qi, L., B.E. Bravo-Ureta, y V.E. Cabrera. 2015. “From cold to hot: Climatic effects and productivity in Wisconsin dairy farms”. *Journal of Dairy Science* 98(12):8664–8677.

Radam, A. Bin, y L.I. Bin. 1995. “Decomposition measures of technical efficiency for paddy farming in Northwest Selangor integrated agricultural development project, Malaysia”. *Indian Journal of Agricultural Economics* 50(2):200–206.

Rahman, S. 2011. “Resource use efficiency under self-selectivity: The case of Bangladeshi rice producers”. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 55(2):273–290.

Rahman, S., A. Wiboonpongse, S. Sriboonchitta, y Y. Chaovanapoonphol. 2009. “Production efficiency of Jasmine rice producers in Northern and North-eastern Thailand”. *Journal of Agricultural Economics* 60(2):419–435.

Rahman, S., y M. Rahman. 2008. “Impact of land fragmentation and resource ownership on productivity and efficiency: The case of rice producers in Bangladesh”. *Land Use Policy* 26(1):95–103.

Rahman, S., y M.K. Hasan. 2008. “Impact of environmental production conditions on productivity and efficiency: A case study of wheat farmers in Bangladesh”. *Journal of Environmental Management* 88(4):1495-1504.

Rahman, S., y M.K. Hasan. 2014. “Energy productivity and efficiency of wheat farming in Bangladesh”. *Energy* 66:107–114.

Rahman, S., y R. Salim. 2013. “Six decades of total factor productivity change and sources of growth in Bangladesh agriculture (1948-2008)”. *Journal of Agricultural Economics* 64(2):275–294.

Rahman, S. 2010. “Women’s labour contribution to productivity and efficiency in agriculture: Empirical evidence from Bangladesh”. *Journal of Agricultural Economics* 61(2):318–342.

Rahman, S., y B.K. Barmon. 2015. “Exploring the potential to improve energy saving and energy efficiency using fertilizer deep placement strategy in modern rice production in Bangladesh”. *Energy Efficiency* 8(6):1241–1250.

Ramalho, E.A., J.J.S. Ramalho, y J.M.R. Murteira. 2011. “Alternative estimating and testing empirical strategies for fractional regression models”. *Journal of Economic Surveys* 25(1):19–68.

Ramalho, E.A., J.J.S. Ramalho, y P.D. Henriques. 2010. “Fractional regression models for second stage DEA efficiency analyses”. *Journal of Productivity Analysis* 34:239–255.

Rao, D.S.P., y T.J. Coelli. 2004. “Catch-up and convergence in global agricultural productivity”. *Indian Economic Review* 39(1):123–148.

Rao, E.J.O., B. Brümmer, y M. Qaim. 2012. “Farmer participation in supermarket channels, production technology, and efficiency: The case of vegetables in Kenya”. *American Journal of Agricultural Economics* 94(4):891–912.

Rasmussen, S. 2010. “Scale efficiency in Danish agriculture: An input distance-function approach”. *European Review of Agricultural Economics* 37(3):335–367.

Rawlins, G. 1985. “Measuring the impact of IRDP II upon technical efficiency level of Jamaican peasant farmers”. *Social and Economic Studies* 34:71–96.

Rebelo, J., y J.V. Caldas. 2000. “Sources of total factor productivity changes in farming system of the Planalto Mirandes in the nineties”. *Revista de Ciencias Agrarias* 23(2):61–72.

Reddy, A.R., y C. Sen. 2004. “Technical inefficiency in rice production and its relationship with farm-specific socio-economic characteristics”. *Indian Journal of Agricultural Economics* 59(2):259–267.

Reinhard, S., C.A.K. Lovell, y G. Thijssen. 1999. “Econometric estimation of technical and environmental efficiency: An application to Dutch dairy farms”. *American Journal of Agricultural Economics* 81(1):44–60.

Reinhard, S., C.A.K. Lovell, y G.J. Thijssen. 2000. “Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables ; Estimated with SFA and DEA”. *European Journal of Operational Research* 121:287–303.

Reinhard, S., C.A.K. Lovell, y G.J. Thijssen. 2002. “Analysis of environmental efficiency variation”. *American Journal of Agricultural Economics* 84(4):1054–1065.

Reynès, F. 2017. “The Cobb-Douglas function as a flexible function: Analyzing the substitution between capital, labor and energy”. *OFCE Working Paper* 12:33.

Rezitis, A.N., K. Tsiboukas, y S. Tsoukalas. 2002. “Measuring technical efficiency in the Greek agricultural sector”. *Applied Economics* 34:1345–1357.

Rezitis, A.N., K. Tsiboukas, y S. Tsoukalas. 2003. “Investigation of factors influencing the technical efficiency of agricultural producers participating in farm credit programs: The case of Greece”. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 35(3):529–541.

Richards, T.J. 1995. “Supply management and productivity growth in Alberta dairy”. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d’agroeconomie* 43(3):421–434.

Rios, A.R., y G.E. Shively. 2006. “Farm size, irrigation infrastructure, and the efficiency of coffee production in Vietnam”. *Forests Trees and Livelihoods* 16(4):397–412.

Rivas, T. 1996. “Farm level technical efficiency in Chile: Another look at the agrarian reform process”. *University of Connecticut. M.Sc. Thesis, Agricultural and Resource Economics*.

Riveros, P., R. Aguirre, J. Ortega, y S. Soto. 2016. “La eficiencia técnica y una aproximación a sus determinantes: Una medida para mejorar la productividad en la fruticultura nacional”. *Oficina de Estudios y Políticas Agrarias*:26.

Rouse, P., J. Harrison, y L. Chen. 2010. “Data envelopment analysis: A practical tool to measure performance”. *Australian Accounting Review* 20(2):165–177.

Rowland, W.W., M.R. Langemeier, B.W. Schurle, y A.M. Featherstone. 1998. “A nonparametric efficiency analysis for a sample of Kansas Swine operations”. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 30(1):189–199.

Rungsuriyawiboon, S., y H. Hockmann. 2015. “Adjustment costs and efficiency in Polish agriculture: A dynamic efficiency approach”. *Journal of Productivity Analysis* 44(1):51–68.

Russell, N.P., y T. Young. 1983. “Frontier production functions and the measurement of technical efficiency”. *Journal of Agricultural Economics* 34(2):139–150.

Saini, E., y D. Lema. 2015. “Agricultural productivity in Argentina”.

Sala, H., y J.I. Silva. 2013. “Labor productivity and vocational training: Evidence from Europe”. *Journal of Productivity Analysis* 40(1):31–41.

Salazar-Ordóñez, M., P.P. Pérez-Hernández, y J.M. Martín-Lozano. 2013. “Sugar beet for bioethanol production: An approach based on environmental agricultural outputs”. *Energy Policy* 55:662–668.

Salvioni, C., y M. Agovino. 2015. “Product diversification, technical efficiency and education of maize farmers in Italy”. *New Medit* 14(4):28–35.

Samarajeewa, S., G. Hailu, S.R. Jeffrey, y M. Bredahl. 2012. “Analysis of production efficiency of beef cow/calf farms in Alberta”. *Applied Economics* 44(3):313–322.

Santos, J., W. Foster, J. Ortega, y E. Ramírez. 2006. “Estudio de la eficiencia técnica de productores de papa en Chile: El rol del Programa de Transferencia Técnica de Indap”. *Economía Agraria* 10:119–132.

Sardaro, R., E. Pieragostini, G. Rubino, y F. Petazzi. 2017. “Impact of Mycobacterium avium subspecies paratuberculosis on profit efficiency in semi-extensive dairy sheep and goat farms of Apulia, southern Italy”. *Preventive Veterinary Medicine* 136:56–64.

Sarker, D., y S. De. 2004. “High technical efficiency of farms in two different agricultural lands: A study under deterministic production frontier approach”. *Indian Journal of Agricultural Economics* 59(2):197–208.

Sarker, D., y S. De. 2004. “Non-parametric approach to the study of farm efficiency in agriculture”. *Journal of Contemporary Asia* 34(2):207–220.

Sauer, J., K. Frohberg, y H. Hockmann. 2006. “Stochastic efficiency measurement: The curse of theoretical consistency”. *Journal of Applied Economics* 9:139–165.

Sauer, J., y B. Balint. 2008. “Distorted prices and producer efficiency: The case of Romania”. *Journal of Productivity Analysis* 29(2):131–142.

Sauer, J., y T. Park. 2009. “Organic farming in Scandinavia - Productivity and market exit”. *Ecological Economics* 68(8–9):2243–2254.

Sauer, J., M. Gorton, y S. Davidova. 2015. “Migration and farm technical efficiency: Evidence from Kosovo”. *Agricultural Economics* 46(5):629–641.

Schlüter, M., y C. Pahl-Wostl. 2007. “Mechanisms of resilience in common-pool resource management systems: An agent-based model of water use in a river basin”. *Ecology and Society* 12(2):4.

Schmid, D. 2014. “Heterogeneous farm output and technical efficiency estimates”. *German Journal of Agricultural Economics* 63(1):16–30.

Schmidt, P. 1985. “Frontier production functions”. *Economic Reviews* 4:289–328.

Schmidt, P. 1986. “Frontier production functions: A survey”. *Economic Reviews* 4(2):289–328.

Schreyer, P., y D. Pilat. 2001. “Measuring productivity. Measurement of aggregate and industry-level productivity growth”. *OECD Economic Studies* 33(11)(March):156.

Seiford, L.M., y R.M. Thrall. 1990. “Recent developments in DEA: The mathematical programming approach to frontier analysis”. *Journal of Econometrics* 46:7–38.

Seitz, W.D. 1970. “The measurement of efficiency relative to a frontier production function”. *American Journal of Agricultural Economics* 52(4):505–511.

Seitz, W.D. 1971. “Productive efficiency in the steam-electric generating industry”. *Journal of Political Economy* 79(4):878–886.

Selim, S. 2012. “Labour productivity and rice production in Bangladesh: A stochastic frontier approach”. *Applied Economics* 44(5):641–652.

Serra, T., A. Lansink, y S.E. Stefanou. 2011. “Measurement of dynamic efficiency: A directional distance function parametric approach”. *American Journal of Agricultural Economics* 93(3):756–767.

Serra, T., D. Zilberman, y J.M. Gil. 2008. “Farms’ technical inefficiencies in the presence of government programs”. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 52(1):57–76.

Serra, T., R.G. Chambers, y A. Oude Lansink. 2014. “Measuring technical and environmental efficiency in a state-contingent technology”. *European Journal of Operational Research* 236(2):706–717.

Seyoum, E.T., G.E. Battese, y E.M. Fleming. 1998. “Technical efficiency and productivity of maize producers in eastern Ethiopia: A study of farmers within and outside the Sasakawa-Global 2000 project”. *Agricultural Economics* 19:341–348.

Shafiq, M., y T. Rehman. 2000. “The extent of resource use inefficiencies in cotton production in Pakistan’s Punjab: An application of data envelopment analysis”. *Agricultural Economics* 22:321–330.

Shah, M.K., F. Ali, y K. Humayun. 1994. “Technical efficiency of major crops in the North-West frontier province of Pakistan”. *Sarhad Journal of Agriculture* 10(6):613–621.

Shapiro, K. 1983. “Efficiency differentials in peasant agriculture and their implications for development policies”. *The Journal of Development Studies* 19(2):179–190.

Sharma, K.R., N.C. Pradhan, y P. Leung. 2001. “Stochastic frontier approach to measuring irrigation performance: An application to rice production under the two systems in the Tarai of Nepal”. *Water Resources Research* 37(7):2009–2018.

Sharma, K.R., P. Leung, y H.M. Zaleski. 1997. “Productive efficiency of the swine industry in Hawaii: Stochastic frontier vs. data envelopment analysis”. *Journal of Productivity Analysis* 8(4):447–459.

Sharma, K.R., P. Leung, y H.M. Zaleski. 1999. “Technical, allocative and economic efficiencies in swine production in Hawaii : A comparison of parametric and nonparametric approaches”. *Agricultural Economics* 20:23–35.

Shee, A., y E. Stefanou. 2014. “Endogeneity corrected stochastic production frontier and technical efficiency”. *American Journal of Agricultural Economics* 97(3):939–952.

Sherlund, S.M., C.B. Barrett, y A.A. Adesina. 2002. “Smallholder technical efficiency controlling for environmental production conditions”. *Journal of Development Economics* 69:85–101.

Shortall, O.K., y A.P. Barnes. 2013. “Greenhouse gas emissions and the technical efficiency of dairy farmers”. *Ecological Indicators* 29:478–488.

Simar, L., y P. Wilson. 2000. “Statistical inference in nonparametric frontier models: The state of the art”. *Journal of Productivity Analysis* 13:49–78.

Simar, L., y P. Wilson. 2007. “Estimation and inference in two-stage, semi parametric models of production processes”. *Journal of Econometrics* 136(1):31–64.

Simar, L., y P. Wilson. 2008. “Chapter 4 in the measurement of productive efficiency and productivity growth”. En H. Fried, C. A. Knox Lovell, y S. Schmidt, eds. *Statistical inference in nonparametric models: Recent developments and perspectives*.

Silva, J.V., P. Reidsma, A.G. Laborte, y M.K. van Ittersum. 2016. “Explaining rice yields and yield gaps in Central Luzon, Philippines: An application of stochastic frontier analysis and crop modelling”. *European Journal of Agronomy* 82(B):223–241.

Singbo, A.G., y O. Lansink. 2010. “Lowland farming system inefficiency in Benin (West Africa): Directional distance function and truncated bootstrap approach”. *Food Security* 2(4):367–382.

Singbo, A., y B. Larue. 2016. “Scale economies, technical efficiency, and the sources of total factor productivity growth of Quebec dairy farms”. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 64(2):339–363.

Skevas, T., A.O. Lansink, y S.E. Stefanou. 2012. “Measuring technical efficiency in the presence of pesticide spillovers and production uncertainty: The case of Dutch arable farms”. *European Journal of Operational Research* 223(2):550–559.

Smale, M., J. Singh, S. Di Falco, y P. Zambrano. 2008. “Wheat breeding, productivity and slow variety change: Evidence from the Punjab of India after the Green Revolution”. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 52(4):419–432.

Smith, R.B.W., M. Gemma, y K. Palinisami. 2011. “Profit based efficiency measures, with an application to rice production in Southern India”. *Journal of Agricultural Economics* 62(2):340–356.

Solís, D., B.E. Bravo-Ureta, y R.E. Quiroga. 2007. “Soil conservation and technical efficiency among hillside farmers in Central America: A switching regression model”. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 51(4):491–510.

Solís, D., B.E. Bravo-Ureta, y R.E. Quiroga. 2009. “Technical efficiency among peasant farmers participating in natural resource management programmes in Central America”. *Journal of Agricultural Economics* 60(1):202–219.

Solow, R.M. 1956. “A contribution to the theory of economic growth”. *Quarterly Journal of Economics* 70(1):65–94.

Speelman, S., M. D’Haese, J. Buysse, y L. D’Haese. 2008. “A measure for the efficiency of water use and its determinants, a case study of small-scale irrigation schemes in North-West Province, South Africa”. *Agricultural Systems* 98(1):31–39.

Speelman, S., M. D’Haese, y L. D’Haese. 2011. “Simulation of efficiency impact of drainage water re-use: Case of small-scale vegetable growers in North West Province, South Africa”. *Agrekon* 50(1):89–101.

Squires, D., y S. Tabor. 1991. “Technical efficiency and future production gains in Indonesian agriculture”. *The Developing Economies* 29(3):258–270.

Stanley, T.D. 2008. “Meta-regression methods for detecting and estimating empirical effects in the presence of publication selection”. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 70(1):103–127.

Stanley, T.D., H. Doucouliagos, M. Giles, J.H. Heckemeyer, R.J. Johnston, P. Laroche, J.P. Nelson, M. Paldam, J. Poot, G. Pugh, R.S. Rosenberger, y K. Rost. 2013. “Meta-analysis of economics research reporting guidelines”. *Journal of Economic Surveys* 27(2):390–394.

Stanley, T.D., y S.B. Jarrell. 1989. “Meta-regression analysis: A quantitative method of literature surveys”. *Journal of Economic Surveys* 3(2):161–170.

Steeneveld, W., L.W. Tauer, H. Hogeveen, y a G.J.M. Oude Lansink. 2012. “Comparing technical efficiency of farms with an automatic milking system and a conventional milking system”. *Journal of Dairy Science* 95(12):7391–7398.

Tadesse, B., y S. Krishnamoorthy. 1997. “Technical efficiency in paddy farms of Tamil Nadu : An analysis based on farm size and ecological zone”. *Agricultural Economics* 16:185–192.

Tamini, L.D., B. Larue, y G. West. 2012. “Technical and environmental efficiencies and best management practices in agriculture”. *Applied Economics* 44(13):1659–1672.

Tan, S., N. Heerink, A. Kuyvenhoven, y F. Qu. 2010. “Impact of land fragmentation on rice producers’ technical efficiency in South-East China”. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences* 57(2):117–123.

Tang, J., H. Folmer, A.J. Vlist, y J. Xue. 2013. “The impacts of management reform on irrigation water use efficiency in the Guanzhong plain, China”. *Papers in Regional Science* 93(2):455–475.

Tauer, L.W. 1993. “Short-run and long run efficiencies of Ney York dairy farm”. *Agricultural and Resource Economics Review* 22:1–9.

Tauer, L.W. 1998. “Productivity of New York dairy farms measured by nonparametric Malmquist Indices”. *Journal of Agricultural Economics* 49(2):234–249.

Tauer, L.W., y A.K. Mishra. 2006. “Dairy farm cost efficiency”. *Journal of Dairy Science* 89(12):4937–4943.

Tauer, L.W., y K. P. Belbase. 1987. “Technical efficiency of New York dairy farms”. *Northeastern Journal of Agricultural and Resource Economics* 16(1):10–16.

Taylor, T.G., H.E. Drummond, y A.T. Gomes. 1986. “Agricultural credit programs and production efficiency: An analysis of traditional farming in Southeastern Minas Gerais, Brazil”. *American Journal of Agricultural Economics.* 68(1):110–119.

Taylor, T.G., y J.S. Shonkwiler. 1986. “Alternative stochastic specifications of the frontier production function in the analysis of agricultural credit programs and technical efficiency”. *Journal of Development Economics* 21:149–160.

Thanassoulis, E., M.C.S. Portela, y O. Despić. 2008. “Chapter 3 in the measurement of productive efficiency and productivity growth”. En H. Fried, C. A. K. Lovell, y S. Schmidt, eds. *Data Envelopment Analysis: The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis*.

Theodoridis, A., A. Ragkos, D. Roustemis, K. Galanopoulos, Z. Abas, y E. Sinapis. 2012. “Assessing technical efficiency of Chios sheep farms with data envelopment analysis”. *Small Ruminant Research* 107(2–3):85–91.

Theriault, V., y R. Serra. 2014. “Institutional environment and technical efficiency: A stochastic frontier analysis of cotton producers in West Africa”. *Journal of Agricultural Economics* 65(2):383–405.

Thiam, A., B.E. Bravo-Ureta, y T. Rivas. 2001. “Technical efficiency in developing country agriculture: A meta-analysis”. *Agricultural Economics* 25:235–243.

Thiele, H., y C.M. Brodersen. 1999. “Differences in farm efficiency in market and transition economies : Empirical evidence from West and East Germany”. *European Review of Agricultural Economics* 26(3):331–347.

Thomas, A.C., y L.W. Tauer. 1994. “Linear input aggregation bias in nonparametric Technical efficiency measurement”. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 42(1):77–86.

Tiedemann, T., y U. Latacz-Lohmann. 2013. “Production risk and technical efficiency in organic and conventional agriculture - The case of arable farms in Germany”. *Journal of Agricultural Economics* 64(1):73–96.

Tijani, A.A. 2006. “Analysis of the technical efficiency of rice farms in Ijesha Land of Osun State, Nigeria”. *Agrekon* 45(2):126–135.

Timmer, C. 1971. “Using a probabilistic frontier production function to measure technical efficiency”. *Journal of Political Economy* 79:776–794.

Timmer, C.P., y Others. 1970. “On measuring technical efficiency.” *Food Research Institute Studies. Stanford University* 9(2):99–171.

Tonini, A., y R. Jongeneel. 2006. “Is the collapse of agricultural output in the CEECs a good indicator of economic performance? A total factor productivity analysis”. *Eastern European Economics* 44(4):32–59.

Toro-Mujica, P., A. García, A.G. Gómez-Castro, R. Acero, J. Perea, V. Rodríguez-Estévez, C. Aguilar, y R. Vera. 2011. “Technical efficiency and viability of organic dairy sheep farming systems in a traditional area for sheep production in Spain”. *Small Ruminant Research* 100(2–3):89–95.

Tran, K.C., y E.G. Tsionas. 2013. “GMM estimation of stochastic frontier model with endogenous regressors”. *Economics Letters* 118(1):233–236.

Trewin, R., L. Weiguo, Erwidodo, y S. Bahri. 1995. “Analysis of the technical efficiency over time of West Javanese rice farms”. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 39(2):143–163.

Triebs, T.P., y S.C. Kumbhakar. 2013. “Production and management: does inefficiency capture management?” *Paper presented and the EWEPA Meeting, Helsinki, Finland*.

Trindade, F. J., y L. E. Fulginiti. 2015. “Is there a slowdown in agricultural productivity growth in South America?”*Agricultural Economics* 46(S1):69-81.

Troncoso, J., M. Aguirre, y J. Abad. 2009. *Factores que influyen en el precio del kiwi chileno en los mercados de exportación: Un estudio de caso* John Wiley. and R. S. V.Barnett, R.Payne y (Eds.), eds.

Trueblood, M.A., y J. Coggins. 2003. “Intercountry agricultural efficiency and productivity: A malmquist index approach”. *World Bank*.

Tsionas, E.G. 2002. “Stochastic frontier models with random coefficients”. *Journal of Applied Econometrics* 17(2):127–147.

Tsionas, E.G., y S.C. Kumbhakar. 2014. “Firm heterogeneity, persistent and transient technical inefficiency: A generalized true random-effects model”. *Journal of Applied Econometrics* 29:110–132.

Turk, J. 1995. “Panel data estimation of technical efficiency levels in Slovene dairying”. *Zb. Biotehniske Faf.* 66:21–30.

Tzouvelekas, V., C.J. Pantzios, y C. Fotopoulos. 2001. “Economic efficiency in organic farming: Evidence from cotton farms in Viotia, Greece”. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 33(1):35–48.

Tzouvelekas, V., C.J. Pantzios, y C. Fotopoulos. 2001. “Technical efficiency of alternative farming systems: The case of Greek organic and conventional olive-growing farms”. *Food Policy* 26(6):549–569.

Udoh, E.J., y N.A. Etim. 2007. “Estimating technical efficiency of waterleaf production in a tropical region”. *Journal of Vegetable Science* 12(3):5–13.

Ullah, A., y S.R. Perret. 2014. “Technical- and environmental-efficiency analysis of irrigated cotton-cropping systems in Punjab, Pakistan using data envelopment analysis”. *Environmental Management* 54(2):288–300.

UNDP. 2016. “UNDP: Policy and Programme Brief: UNDP Support to the Implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development”.

United Nations. 2015. “The Millennium Development Goals Report 2015”.

Van Beveren, I. 2010. “Total factor productivity estimation: A practical review”. *Journal of Economic Surveys* 26(1):98–128.

van der Voort, M., J. Van Meensel, L. Lauwers, J. Vercruysse, G. Van Huylenbroeck, y J. Charlier. 2014. “A stochastic frontier approach to study the relationship between gastrointestinal nematode infections and technical efficiency of dairy farms”. *Journal of Dairy Science* 97(6):3498–3508.

Veloso-Contreras, F., J. Cabas-Monje, J. Velasco-Fuenmayor, R. Vallejos-Cartes, y J.M. Gil-Roig.2015. “Technical efficiency of small cattle farmers located in the Central South region of Chile”. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia* 25(2):99–106.

Vergara, R., y R. Rivero. 2006. “Productividad sectorial en Chile: 1986-2001”. *Cuadernos de Economía - Latin American Journal of Economics* 43(127):143–168.

Villano, R., B.E. Bravo-Ureta, y E. Fleming. 2015. “Modern rice technologies and productivity in the Philippines: Disentangling technology from managerial gaps”. *Journal of Agricultural Economics* 66(1):129–154.

Villano, R., y E. Fleming. 2006. “Technical inefficiency and production risk in rice farming: Evidence from Central Luzon Philippines”. *Asian Economic Journal* 20(1):29–46.

von Cramon-Taubadel, S., y R. Saldias. 2015. “Access to credit and determinants of technical inefficiency of specialized smallholder farmers in Chile”. *Chilean Journal of Agricultural Research* 74(4):413–420.

Wadud, A., y B. White. 2000. “Farm household efficiency in Bangladesh: A comparison of stochastic frontier and DEA methods”. *Applied Economics* 32:1665–1673.

Wang, H.J., y P. Schmidt. 2002. “One-step and two-step estimation of the effects of exogenous variables on technical efficiency levels”. *Journal of Productivity Analysis* 18(2):129–144.

Wang, J., E.J. Wailes, y G.L. Cramer. 1996. “A shadow-price frontier measurement of profit efficiency in Chinese agriculture”. *American Journal of Agricultural Economics* 78(1):146–156.

Wang, J., G.L. Cramer, y E.J. Wailes. 1996. “Production efficiency of Chinese agriculture: Evidence from rural household survey data”. *Agricultural Economics* 15:17–28.

Wang, S.L., D.S. P. Heisey, y E. Ball. 2015. “Agricultural productivity growth in the United States: Measurement, trends, and drivers”. *Economic Research Report (ERR-189)*:78.

Wang, T., S.C. Park, S. Bevers, R. Teague, y J. Cho. 2013. “Factors affecting cow-calf herd performance and greenhouse gas emissions”. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 38(3):435–456.

Wang, X. 2010. “Irrigation water use efficiency of farmers and Its determinants: Evidence from a survey in Northwestern China”. *Agricultural Sciences in China* 9(9):1326–1337.

Wang, X., H. Hockmann, y J. Bai. 2012. “Technical efficiency and producers’ individual technology: Accounting for within and between regional farm heterogeneity”. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 60(4):561–576.

Watto, M.A., y A.W. Mugera. 2015. “Efficiency of irrigation water application in sugarcane cultivation in Pakistan”. *Journal of the science of food and agriculture* 95(9):1860–1867.

Weersink, A., C.G. Turvey, y A. Godah. 1990. “Decomposition measurement of technical efficiency for Ontario dairy farms”. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 38:439–456.

Wicks, J., y P. Velupillai. 1984. “Estimating relative technical efficiency of fertilizer use from on-farm rice production experiments”. *Farm Management Notes for Asia and the Far East* 8:28–33.

Wilson, P., D. Hadley, S. Ramsden, y I. Kaltsas. 1998. “Measuring and explaining technical efficiency in UK potato production”. *Journal of Agricultural Economics* 49(3):294–305.

Wilson, P., D. Hadley, y C. Asby. 2001. “The influence of management characteristics on the technical efficiency of wheat farmers in Eastern England”. *Agricultural Economics* 24:329–338.

Wiredu, A.N., M.-B. Akwasi, E.K. Andah, y K.Y. Fosu. 2010. “Improved technology and land productivity among smallholder cocoa farmers in Ashanti Region, Ghana”. *AEASA 48th Conference, Cape Town, South Africa, September 19–23*:12 p.

Wooldridge, J.M. 2002. *Econometric analysis of cross section and panel data* First ed.

World Bank. 2007. “World Development Report: Agriculture for Development.”

World Bank. 2008. “An impact evaluation of India’s second and third Andhra Pradesh irrigation projects: A case of poverty reduction with low economic returns”. *World Bank Independent Evaluation Group, Washington, D. C.*

World Bank. 2013. “Implementing agriculture for development. World Bank group agriculture action plan 2013-2015”. *The World Bank Group, Washington, D.C.*

World Bank. 2014. “World development indicator”. *Washington DC.*

World Bank. 2016. “High and dry: Climate change, water, and the economy”.

World Water Council (Cosgrove, W. and F.R.R. 2000. “World water vision: Making water everybody’s business”. *London: Earthscan Publications*.

Wouterse, F. 2010. “Migration and technical efficiency in cereal production: Evidence from Burkina Faso”. *Agricultural Economics* 41(5):385–395.

Wu, S., S. Devadoss, y Y. Lu. 2003. “Estimation and decomposition of technical efficiency for sugarbeet farms”. *Applied Economics* 35(4):471–484.

WWAP. 2014. “(United Nations World Water Assessment Programme).The United Nations World Water development report 2014: Water and Energy”. *Paris, UNESCO*.

Xiaoyan, H., C. Di, S. Wen, y L. Jie. 2014. “Off-farm employment and outsourcing production effects on the technical efficiency of farm households’ grain production - A case with the data from Liaoning province, China”. *Applied Mechanics and Materials* 472:1074–1078.

Xu, X., y S.R. Jeffrey. 1998. “Efficiency and technical progress in traditional and modern agriculture: Evidence from rice production in China”. *Agricultural Economics* 18:157–165.

Yang, C.-C. 2009. “Productive efficiency, environmental efficiency and their determinants in farrow-to-finish pig farming in Taiwan”. *Livestock Science* 126(1–3):195–205.

Yao, R.T., y G.E. Shively. 2007. “Technical change and productive efficiency: Irrigated rice in the Philippines”. *Asian Economic Journal* 21(2):155–168.

Yao, S., y Z. Liu. 1998. “Determinants of grain production and technical efficiency in China”. *Journal of Agricultural Economics* 49(2):171–184.

Yélou, C., B. Larue, y K.C. Tran. 2010. “Threshold effects in panel data stochastic frontier models of dairy production in Canada”. *Economic Modelling* 27(3):641–647.

Yigezu, Y. a., M. a. Ahmed, K. Shideed, A. Aw-Hassan, T. El-Shater, y S. Al-Atwan. 2013. “Implications of a shift in irrigation technology on resource use efficiency: A Syrian case”. *Agricultural Systems* 118:14–22.

Young, R.A. 2005. “Determining the economic value of water: Concepts and methods”. *Washington, DC: Resources for the Future*.

Yu, X. 2012. “Productivity, efficiency and structural problems in Chinese dairy farms”. *China Agricultural Economic Review* 4(2):168–175.

Zaibet, L., P.S. Dharmapala, H. Boughanmi, O. Mahgoub, y A. Al-Marshudi. 2004. “Social changes, economic performance and development: The case of goat production in Oman”. *Small Ruminant Research* 54(1–2):131–140.

Zaibet, L., y P.S. Dharmapala. 1999. “Efficiency of government-supported horticulture: The case of Oman”. *Agricultural Systems* 62(1999):159–168.

Zealand, S.N. 2006. *Productivity statistics: Sources and methods*.

Zellner, A., J. Kmenta, y J. Dréze. 1966. “Specification and estimation of Cobb-Douglas production function models”. *Econometrica* 34(4):784–795.

Zhang, Y., X. Wang, T. Glauben, y B. Brümmer. 2011. “The impact of land reallocation on technical efficiency: Evidence from China”. *Agricultural Economics* 42(4):495–507.

Zhang, R., y H. Jiao. 2015. “Spatial-temporal pattern differentiation and its mechanism analysis of using efficiency for provincial cultivated land in China”. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* 31(2):277–287.

Zhao, J., y P.J. Barry. 2014. “Effects of credit constraints on rural household technical efficiency”. *China Agricultural Economic Review* 6(4):654–668.

Zhengfei, G., y A.O. Lansink. 2003. “Input disposability and efficiency in Dutch arable farming”. *Journal of Agricultural Economics* 54(3):467–478.

Zhu, X., G. Karagiannis, y A. Oude Lansink. 2011. “The impact of direct income transfers of CAP on Greek olive farms’ performance: Using a non-monotonic inefficiency effects model”. *Journal of Agricultural Economics* 62(3):630–638.

Zhu, X., R.M. Demeter, y A.O. Lansink. 2012. “Technical efficiency and productivity differentials of dairy farms in three EU countries: The role of CAP subsidies”. *Agricultural Economics Review* 13(1):66–92.

Zhu, X., y A.O. Lansink. 2010. “Impact of CAP subsidies on technical efficiency of crop farms in Germany, the Netherlands and Sweden”. *Journal of Agricultural Economics* 61(3):545–564.

ANEXOS

ANEXO 1 - Resumen de las Principales Características de 509 Estudios

Primer Autor	Año	País	Producto(s)	No. Obser.	MET
I. No-paramétrico					
Abay	2004	Turquía	Cultivos y ganadería	120	57,4
Abrar	2006	Etiopía	Cultivos y ganadería	514	54,0
Adhikari	2012	Nepal	Cultivos y ganadería	2.585	47,5
Aldonado-Ochoa	2014	España	Predio completo	42	66,8
Ali	1990	Pakistán	Cultivos y ganadería	61	84,7
Ali	1990	Pakistán	Arroz	32	79,6
Alkahatani	2012	Arabia Saudita	Predio completo	66	64,0
Anriquez	2010	Gana	Predio completo	2.289	18,0
Arita	2014	Hawai	Predio completo	32	59,5
Asmild	2003	Dinamarca	Lechería	1.714	82,0
Asmild	2006	Dinamarca	Otros animales	290	73,8
Atici	2015	Turquía	Trigo	213	82,9
Aye	2011	Nigeria	Maíz	240	82,8
Aye	2013	Nigeria	Maíz	240	85,5
Balcombe	2006	Australia	Lechería	241	65,0
Balcombe	2008	Bangladesh	Arroz	295	61,5
Balezentis	2015	Lituania	Cultivos y ganadería	1.200	75,7
Barnes	2011	Reino Unido	Lechería	160	93,0
Begum	2010	Bangladesh	Otros animales	100	88,5
Begum	2012	Bangladesh	Otros animales	75	92,5
Beltran-Esteve	2014	España	Cultivos y ganadería	106	92,0
Bojnec	2009	Eslovenia	Predio completo	130	59,0
Bojnec	2013	Eslovenia	Cultivos y ganadería	1.784	44,0
Brada	1993	Polonia	Predio completo	255	62,6
Brümmer	2001	Eslovenia	Cultivos y ganadería	185	44,0
Byrnes	1987	EEUU	Mezcla de granos	107	99,4
Canan	2016	Turquía	Arroz	60	89,0
Candemir	2006	Turquía	Lechería	80	94,4
Chakravorty	2002	EEUU	Cultivos y ganadería	39	82,0
Chang	2010	EEUU	Lechería	1.593	58,0
Chavas	1993	EEUU	Cultivos y ganadería	545	96,4
Chemak	2012	Tunisia	Cultivos y ganadería	141	76,5
Cloutier	1993	Canada	Lechería	374	89,8
Cobanoglu	2013	Turquía	Cultivos y ganadería	198	51,0
Coelli	2002	Bangladesh	Arroz	406	67,8
Davidova	2007	República Checa	Cultivos y ganadería	753	53,0
Davidova	2007	República Checa	Otros animales	753	67,3
Dawson	1985	Reino Unido	Cultivos y ganadería	56	96,0
de Koeijer	2002	Países bajos	Cultivos y ganadería	467	63,0
de Koeijer	2002	Países bajos	Cultivos y ganadería	467	50,0
de Koeijer	2003	Países bajos	Cultivos y ganadería	57	57,0
Dhungana	2004	Nepal	Arroz	76	82,0
Douarin	2011	Lituania	Predio completo	109	29,7
Dyer	2016	África del sur	Varios cultivos	33	72,0

Primer Autor	Año	País	Producto(s)	No. Obser.	MET
Elhendy	2013	Arabia Saudita	Cultivos y ganadería	225	43,5
Featherstoen	1997	EEUU	Otros animales	195	78,0
Fernandez-Cornejo	1994	EEUU	Cultivos y ganadería	87	52,1
Fernández-Navarro	2011	España	Predio completo	1.617	76,0
Fletschner	2002	Paraguay	Cultivos y ganadería	283	84,0
Fraser	1999	Australia	Lechería	50	88,5
Fraser	2001	Australia	Otros animales	26	81,0
Fraser	2001	Australia	Cultivos y ganadería	208	81,3
Frija	2009	Tunisia	Cultivos y ganadería	47	71,5
Galanopoulos	2006	Grecia	Otros animales	80	83,0
Galanopoulos	2011	Grecia	Otros animales	106	47,0
Galdeano-Gómez	2008	España	Predio completo	408	92,8
Galluzo	2015	Italia	Predio completo	80.000	94,0
Galluzo	2016	Italia	Predio completo	80.000	86,7
Galluzo	2016	Italia	Predio completo	80.000	100,0
García	2011	Vietnam	Cultivos y ganadería	207	74,0
Gaspar	2009	España	Otros animales	69	70,0
Gelan	2012	Kenia, Ruanda, Uganda	Lechería	371	55,0
Ghali	2016	Francia	Cultivos y ganadería	867	68,5
Ghali	2016	Francia	Lechería	1.097	74,5
Ghali	2016	Francia	Mezcla de granos	867	66,0
Gillespie	1997	EEUU	Otros animales	57	82,0
Guesmi	2015	España	Mezcla de granos	189	83,4
Guesmi	2015	EEUU	Lechería	1.258	86,3
Günden	2010	Turquía	Lechería	87	72,5
Hadley	2013	Gales, Inglaterra	Otros animales	255	98,0
Haese	2009	France	Lechería	34	93,9
Haji	2006	Etiopía	Cultivos y ganadería	150	91,0
Hansson	2007	Suecia	Cultivos y ganadería	507	86,9
Hansson	2008	Suecia	Cultivos y ganadería	507	87,7
Heidari	2011	Irán	Otros animales	44	91,5
Hoang	2013	Sri Lanka	Arroz	40	91,2
Idris	2013	Malasia	Cultivos y ganadería	124	71,0
Idris	2013	Malasia	Cultivos y ganadería	124	23,5
Iraizoz	2003	España	Cultivos y ganadería	46	84,5
Isin	2013	Turquía	Cultivos y ganadería	204	79,2
Jaforullah	1999	Nueva Zelanda	Lechería	264	89,0
Jiao	2015	China	Cultivos y ganadería	91	86,0
Jordaan	2013	África del Sur	Cultivos y ganadería	40	54,0
Kalaitzandonakes	1992	EEUU	Mezcla de granos	50	94,0
Kalaitzandonakes	1995	Guatemala	Maíz	82	93,0
Kane	2012	Cameroon	Mezcla de granos	62	56,2
Kelly	2012	Irlanda	Lechería	190	80,9

Primer Autor	Año	País	Producto(s)	No. Obser.	MET
Keramidou	2011	Grecia	Otros animales	328	95,0
Khalili	2015	Irán	Cultivos y ganadería	55	55,5
Khoshnevisan	2013	Irán	Cultivos y ganadería	26	83,5
Khoshnevisan	2013	Irán	Trigo	26	90,5
Kiatpathomchai	2008	Tailandia	Arroz	120	89,6
Kilic	2009	Turquía	Cultivos y ganadería	151	85,0
Kim	2015	Corea	Cultivos y ganadería	3.140	86,7
Kumar	2005	India	Arroz	50	83,5
Kumara	2010	India	Cultivos y ganadería	40	73,5
Kwon	2004	Corea	Arroz	5.130	72,0
Latruffe	2004	Polonia	Cultivos y ganadería	222	57,0
Latruffe	2004	Polonia	Otros animales	250	71,0
Latruffe	2005	Polonia	Cultivos y ganadería	219	68,5
Latruffe	2005	Polonia	Otros animales	179	81,0
Latruffe	2008	República Checa	Cultivos y ganadería	128	72,8
Latruffe	2008	República Checa	Otros animales	44	73,4
Latruffe	2012	Francia	Cultivos y ganadería	NA	43,3
Latruffe	2012	Francia	Lechería	NA	63,7
Latruffe	2012	Hungria	Cultivos y ganadería	NA	47,7
Latruffe	2012	Hungria	Lechería	NA	65,9
Latruffe	2014	Hungria	Otros animales	140	52,3
Lemba	2012	Kenia	Cultivos y ganadería	107	30,2
Lissitsa	2005	Ucrania	Cultivos y ganadería	920	83,5
Liu	2015	China	Arroz	NA	98,7
Llewelyn	1996	Indonesia	Cultivos y ganadería	61	98,5
Lous	2010	India	Cultivos y ganadería	180	78,6
Mahadevan	2009	Fiji	Cultivos y ganadería	677	70,4
Mahdhi	2011	Tunisia	Cultivos y ganadería	NA	72,2
Manevska-Tasevska	2011	Macedonia	Cultivos y ganadería	900	62,0
Manjunatha	2016	India	Cultivos y ganadería	30	62,3
Marioni	2013	Australia	Trigo	188	78,0
Mathijs	2001	Bulgaria	Cultivos y ganadería	93	44,0
Mathijs	2001	Hungria	Cultivos y ganadería	93	58,0
Mathijs	2001	Hungria	Lechería	93	50,0
Mbaga	2003	Canadá	Lechería	1.143	93,6
Mehdian	1988	EEUU	Mezcla de granos	77	59,7
Morrison	2004	EEUU	Cultivos y ganadería	780	89,5
MousaviAvval	2011	Irán	Cultivos y ganadería	95	87,0
Mugera	2013	EEUU	Lechería	29	90,0
Nastis	2012	Grecia	Cultivos y ganadería	65	66,4
Nehring	2005	EEUU	Cultivos y ganadería	650	72,9
Nguyen	2012	Corea del Sur	Arroz	480	77,2
Njiraini	2013	Kenia	Cultivos y ganadería	201	63,0
Nyemeck	2003	Côted'Ivoire	Cultivos y ganadería	81	41,5
Ogada	2014	Kenia	Cultivos y ganadería	2.334	60,5
Oguz	2016	Turquía	Lechería	50	84,8
Olson	2009	EEUU	Cultivos y ganadería	216	77,0
Oni	2009	Nigeria	Cultivos y ganadería	120	58,0

Primer Autor	Año	País	Producto(s)	No. Obser.	MET
Oren	2006	Turquía	Cultivos y ganadería	149	50,5
Osborne	2006	Rusia	Cultivos y ganadería	70	73,0
OudeLansink	2002	Finlandia	Cultivos y ganadería	434	81,5
OudeLansink	2002	Finlandia	Otros animales	1.580	78,5
OudeLansink	2004	Países bajos	Otros animales	96	89,5
OudeLansink	2014	Países bajos	Predio completo	1.291	94,0
Oxouzi	2012	Grecia	Cultivos y ganadería	78	64,9
Oxouzi	2013	Grecia	Cultivos y ganadería	78	64,9
Oxouzi	2013	Grecia	Otros animales	49	83,3
Padilla-Fernández	2012	Filipinas	Cultivos y ganadería	127	77,0
Pahlavan	2012	Irán	Cultivos y ganadería	29	68,0
Pahlavan	2012	Irán	Cultivos y ganadería	44	74,0
Pandit	2009	India	Cultivos y ganadería	142	54,0
Pascual	2005	México	Maíz	74	78,0
Picazo-Tadeo	2006	España	Cultivos y ganadería	23	79,2
Piesse	1996	Croacia	Lechería	272	92,7
Piesse	1996	África del Sur	Cultivos y ganadería	58	44,9
Radam	1995	Malasia	Arroz	317	49,8
Rebelo	2000	Portugal	Cultivos y ganadería	30	84,1
Reinhard	2000	Países bajos	Lechería	1.535	79,7
Rios	2006	Vietnam	Cultivos y ganadería	209	78,0
Rouse	2010	Nueva Zelanda	Lechería	120	85,8
Rowland	1998	EEUU	Otros animales	129	89,0
Salazar-Ordoñez	2013	España	Cultivos y ganadería	295	55,9
Sarker	2004	India	Cultivos y ganadería	80	98,0
Sarker	2004	India	Arroz	80	99,0
Serra	2014	España	Cultivos y ganadería	190	86,0
Shafiq	2000	Pakistán	Cultivos y ganadería	120	58,8
Sharma	1997	EEUU	Otros animales	60	68,5
Sharma	1999	EEUU	Otros animales	52	71,1
Sherlund	2002	Côted'Ivoire	Arroz	464	91,0
Shortall	2013	Reino Unido	Lechería	200	67,5
Singbo	2010	Benin	Cultivos y ganadería	33	81,6
Singbo	2010	Benin	Arroz	28	65,1
Skevas	2012	Dinamarca	Cultivos y ganadería	703	79,8
Smith	2011	India	Arroz	113	64,3
Speelman	2008	África del Sur	Cultivos y ganadería	60	67,5
Speelman	2011	África del Sur	Cultivos y ganadería	59	67,5
Steeneveld	2012	Países bajos	Lechería	408	77,0
Tauer	1993	EEUU	Lechería	395	78,3
Tauer	1998	EEUU	Lechería	630	89,0
Theodoridis	2012	Grecia	Otros animales	58	76,0
Thiele	1999	Alemania	Cultivos y ganadería	300	92,0
Thomas	1994	EEUU	Lechería	125	89,2
Ullah	2014	Pakistán	Cultivos y ganadería	169	92,9
Wadud	2000	Bangladesh	Arroz	150	82,4
Wang	2010	China	Trigo	432	61,5

Primer Autor	Año	País	Producto(s)	No. Obser.	MET
Watto	2015	Pakistán	Cultivos y ganadería	84	95,0
Weersink	1990	Canadá	Lechería	105	94,9
Wouterse	2010	Burkina Faso	Mezcla de granos	103	70,0
Wu	2003	EEUU	Cultivos y ganadería	147	88,0
Xiaoyan	2014	China	Maíz	171	59,3
Yang	2009	China	Otros animales	31	66,0
Zaibet	1999	Oman	Cultivos y ganadería	35	66,3
Zaibet	2004	Oman	Otros animales	43	62,0
Zhao	2014	China	Predio completo	256	71,5
Zhengfei	2003	Países bajos	Cultivos y ganadería	1.072	75,5
PROMEDIO ESTUDIOS NO PARAMÉTRICOS					***73,4***
II. PARAMÉTRICOS					
FRONTERA DETERMINÍSTICA					
Aguilar	1993	Kenia	Cultivos y ganadería	347	76,5
Ahmad	1996	EEUU	Lechería	1.072	76,5
Alvarez	1999	España	Lechería	410	72,0
Alvarez	2004	España	Lechería	1.176	70,0
Aly	1987	EEUU	Mezcla de granos	88	58,0
Amara	1999	Canadá	Cultivos y ganadería	81	80,3
Bagi	1982	EEUU	Cultivos y ganadería	48	80,5
Bagi	1983	EEUU	Cultivos y ganadería	97	69,6
Belbase	1985	Nepal	Maíz	NA	67,0
Belbase	1985	Nepal	Mezcla de granos	537	78,0
Belbase	1985	Nepal	Arroz	NA	84,0
Bhattacharyya	1996	India	Cultivos y ganadería	105	84,1
Bravo-Ureta	1986	EEUU	Lechería	213	82,2
Bravo-Ureta	1990	EEUU	Lechería	404	68,4
Chandra	1981	India	Cultivos y ganadería	62	77,3
Croppenstedt	1997	Etiopía	Mezcla de granos	344	41,0
Dawson	1985	Reino Unido	Cultivos y ganadería	56	66,7
Guesmi	2015	EEUU	Lechería	1.258	90,5
Hallam	1996	Portugal	Lechería	340	68,0
Huang	1997	China	Maíz	1.061	68,4
Huang	1997	China	Arroz	770	77,5
Huang	1997	China	Trigo	314	73,0
Kalaitzandonakes	1992	EEUU	Cultivos y ganadería	50	57,0
Kalaitzandonakes	1995	Guatemala	Maíz	82	52,0
Kontos	1983	Grecia	Cultivos y ganadería	83	57,0
Krishna	2014	India	Trigo	180	89,0
Neff	1991	EEUU	Mezcla de granos	1.020	71,0
Orea	2004	España	Lechería	445	65,9
Pérez	2007	España	Otros animales	49	66,0
Piesse	1996	Croacia	Lechería	272	56,7
Poe	1992	EEUU	Lechería	675	73,0
Russell	1983	Reino Unido	Cultivos y ganadería	56	72,5
Shah	1994	Pakistán	Cultivos y ganadería	380	67,3

Primer Autor	Año	País	Producto(s)	No. Obser.	MET
Shah	1994	Pakistán	Maíz	378	59,6
Shah	1994	Pakistán	Trigo	382	72,2
Shapiro	1983	Tanzania	Cultivos y ganadería	37	66,3
Tauer	1987	EEUU	Lechería	432	69,3
Turk	1995	Eslovenia	Lechería	11	77,7
Wicks	1984	Sri Lanka	Arroz	110	75,0
PROMEDIO ESTUDIOS FRONTERA DETERMINÍSTICA					***73,1***
FRONTERA ESTOCÁSTICA					
Abdallah	2016	Gana	Maíz	569	47,6
Abdulai	2000	Gana	Arroz	256	73,0
Abdulai	2001	Nicaragua	Cultivos y ganadería	120	74,2
Abdulai	2001	Nicaragua	Maíz	120	69,8
Abdulai	2007	Alemania	Lechería	1.341	85,9
Abdulai	2016	Zambia	Maíz	406	82,7
Abedullah	2007	Pakistán	Arroz	200	91,0
Adeoti	2006	Nigeria	Cultivos y ganadería	117	75,5
Adewumi	2013	Nigeria	Maíz	150	65,0
Adhikari	2012	Nepal	Cultivos y ganadería	2.585	73,0
Admassie	1999	Etiopía	Cultivos y ganadería	64	90,9
Agbonlahor	2007	Nigeria	Cultivos y ganadería	242	74,4
Ahmad	1995	EEUU	Lechería	1.072	77,0
Ahmad	1996	EEUU	Lechería	1.072	81,0
Ahmad	2003	Pakistán	Cultivos y ganadería	1.566	57,0
Ajibefun	1999	Nigeria	Cultivos y ganadería	98	67,0
Ajibefun	2002	Nigeria	Cultivos y ganadería	67	82,0
Alam	2012	Pakistán	Cultivos y ganadería	77	84,9
Alam	2012	Pakistán	Trigo	77	76,6
Alam	2014	Bangladesh	Arroz	219	74,7
Alene	2003	Etiopía	Maíz	60	76,0
Ali	1994	Pakistán	Cultivos y ganadería	436	75,6
Alsururi	2014	Yemen	Trigo	308	73,8
Amaza	2002	Nigeria	Cultivos y ganadería	123	69,0
Amaza	2010	Nigeria	Cultivos y ganadería	59	56,5
Amaza	2010	Nigeria	Maíz	123	58,0
Amaza	2010	Nigeria	Arroz	37	59,0
Anang	2016	Gana	Arroz	300	62,4
Angon	2013	Argentina	Lechería	47	35,0
Areal	2012	Reino Unido	Lechería	215	84,5
Areal	2012	Reino Unido	Lechería	215	86,0
Areal	2012	Reino Unido	Lechería	215	85,0
Asadullah	2009	Bangladesh	Arroz	2.357	72,3
Athipanyakul	2014	Tailandia	Arroz	181	70,0
Athukorala	2012	Sri Lanka	Cultivos y ganadería	413	55,4
Audibert	1997	Mali	Arroz	662	66,8
Ayanwale	2007	Nigeria	Cultivos y ganadería	120	75,0
Aye	2011	Nigeria	Maíz	240	86,7
Aye	2013	Nigeria	Maíz	240	86,7
Bahta	2014	Boswana	Otros animales	NA	58,0

Primer Autor	Año	País	Producto(s)	No. Obser.	MET
Bahta	2015	Boswana	Otros animales	278	54,3
Bailey	1989	Ecuador	Lechería	68	78,1
Bakhshoodeh	2001	Irán	Trigo	164	92,0
Bakucs	2010	Hungria	Predio completo	3.210	73,0
Bakucs	2014	Unión Europea	Predio completo	NA	82,0
Balcombe	2006	Australia	Lechería	241	81,8
Balcombe	2007	Bangladesh	Arroz	164	94,0
Baráth	2015	Hungría	Cultivos y ganadería	830	78,8
Bardhan	2013	India	Lechería	60	90,0
Bardhan	2012	India	Lechería	150	94,9
Barnes	2008	Reino Unido	Lechería	NA	72,0
Barnes	2008	Reino Unido	Mezcla de granos	NA	71,0
Barnes	2008	Reino Unido	Otros animales	NA	79,5
Bashir	1995	Etiopía	Trigo	150	77,0
Basu	2014	India	Predio completo	6.625	74,1
Baten	2014	Bangladesh	Predio completo	NA	49,2
Battese	1988	Australia	Lechería	56	70,7
Battese	1989	India	Cultivos y ganadería	289	83,7
Battese	1992	India	Arroz	129	86,7
Battese	1993	India	Cultivos y ganadería	NA	83,9
Battese	1993	Pakistán	Trigo	273	77,2
Battese	1993	Pakistán	Trigo	330	83,9
Battese	1996	Pakistán	Trigo	314	68,0
Belloumi	2006	Tunisia	Cultivos y ganadería	272	72,4
Bhende	2007	India	Cultivos y ganadería	450	83,0
Binam	2004	Camerún	Cultivos y ganadería	150	71,0
Binam	2004	Camerún	Maíz	150	75,0
Binam	2004	Camerún	Mezcla de granos	150	73,0
Bogale	2005	Etiopía	Cultivos y ganadería	80	87,0
Bojnec	2009	Eslovenia	Predio completo	130	54,0
Bokusheva	2006	Rusia	Cultivos y ganadería	443	90,3
Boshrabadi	2008	Irán	Trigo	225	67,0
Bozoglu	2007	Turquía	Cultivos y ganadería	75	82,0
Bravo-Ureta	1991	EEUU	Lechería	511	83,0
Bravo-Ureta	1994	Paraguay	Cultivos y ganadería	94	58,5
Bravo-Ureta	1997	Dominican Republic	Cultivos y ganadería	60	70,0
Bravo-Ureta	2008	Argentina	Lechería	82	87,0
Bravo-Ureta	2008	Chile	Lechería	92	84,9
Bravo-Ureta	2008	Uruguay	Lechería	147	81,1
Bravo-Ureta	2012	Honduras	Cultivos y ganadería	177	58,7
Brümmer	2000	Alemania	Lechería	5.093	96,0
Brümmer	2001	Eslovenia	Cultivos y ganadería	185	74,4
Brümmer	2002	Alemania	Cultivos y ganadería	128	95,5
Brümmer	2002	Polonia	Cultivos y ganadería	200	75,7
Brümmer	2002	Países bajos	Cultivos y ganadería	564	89,6
Brümmer	2006	China	Predio completo	154	58,0
Butso	2010	Tailandia	Arroz	590	69,4
Byma	2010	EEUU	Lechería	2.855	91,5

Primer Autor	Año	País	Producto(s)	No. Obser.	MET
Cabrera	2010	EEUU	Lechería	273	88,0
Cagdas	2015	Canadá	Cultivos y ganadería	640	77,7
Cechura	2016	Unión Europea	Lechería	NA	88,0
Chakravorty	2002	EEUU	Cultivos y ganadería	39	75,5
Chang	2011	China	Arroz	1.326	81,8
Chen	2009	China	Cultivos y ganadería	591	76,0
Cobanoglu	2013	Turquía	Cultivos y ganadería	198	91,0
Coelli	1996	India	Cultivos y ganadería	340	73,2
Coelli	2004	Papua New Guinea	Cultivos y ganadería	36	78,0
Coelli	2013	Australia	Cultivos y ganadería	214	79,0
Cuesta	2000	España	Lechería	410	82,7
Cukur	2013	Turquía	Cultivos y ganadería	66	63,1
Dawson	1987	Reino Unido	Lechería	434	85,3
Dawson	1988	Reino Unido	Lechería	406	81,0
Dawson	1990	Reino Unido	Lechería	306	86,9
Dawson	1990	Reino Unido	Lechería	306	85,7
Dawson	1991	Filipinas	Arroz	101	69,7
Dawson	1991	Filipinas	Arroz	110	89,3
Dawson	1991	Reino Unido	Lechería	NA	86,0
del Corral	2011	España	Lechería	1.130	91,4
Dey	2010	Malawi	Predio completo	315	77,0
Dhehibi	2007	Tunisia	Cultivos y ganadería	432	67,7
Diagne	2012	Senegal	Arroz	485	57,2
Ekanayake	1987	Sri Lanka	Arroz	62	57,0
Ekunwe	2007	Nigeria	Predio completo	144	62,0
Elias	2014	Etiopía	Cultivos y ganadería	300	72,0
Erhabor	2007		Cultivos y ganadería	52	82,0
Feng	2008	China	Arroz	215	82,0
Ferenji	2007	Etiopía	Maíz	175	82,0
Fraser	2003	Australia	Otros animales	26	72,0
Fuwa	2007	India	Arroz	919	74,9
Gebregziabher	2012	Etiopía	Cultivos y ganadería	494	63,5
Gerada	2012	Sri Lanka	Arroz	460	72,0
Ghee-Thean	2016	Malasia	Cultivos y ganadería	100	81,2
Ghosh	1994	EEUU	Lechería	145	91,9
Giannakas	2000	Grecia	Cultivos y ganadería	125	69,7
Giannakas	2001	Canadá	Trigo	100	76,9
Giannakas	2003	Grecia	Cultivos y ganadería	125	76,6
Gonzalez	2007	Colombia	Predio completo	822	87,0
González-Flores	2014	Ecuador	Cultivos y ganadería	236	54,6
Goyal	2006	India	Arroz	231	76,6
Guesmi	2015	EEUU	Lechería	1.258	80,4
Hadley	2006	Reino Unido	Cultivos y ganadería	6.948	76,5
Hadley	2006	Reino Unido	Lechería	10.597	89,7
Hadley	2006	Reino Unido	Mezcla de granos	4.772	75,4
Hadley	2006	Reino Unido	Otros animales	2.412	84,6
Hadri	2003	Reino Unido	Mezcla de granos	101	86,3
Hadri	2003	Reino Unido	Mezcla de granos	612	85,4

Primer Autor	Año	País	Producto(s)	No. Obser.	MET
Haghiri	2004	Canadá	Lechería	751	64,0
Haghiri	2004	EEUU	Lechería	6.085	67,5
Hasnah	2004	Indonesia	Cultivos y ganadería	NA	66,0
Henderson	2016	Kenia,Tanzanía,Uganda,Etiopía,Senegal,Burkina Faso	Cultivos y ganadería	1.019	58,1
Heshmati	1994	Suecia	Lechería	559	82,2
Heshmati	1995	Suecia	Otros animales	1.506	90,8
Heshmati	1996	Uganda	Cultivos y ganadería	288	65,0
Heshmati	1997	Suecia	Cultivos y ganadería	929	76,0
Heshmati	1998	Suecia	Otros animales	1.425	94,5
Hoang	2013	Sri Lanka	Arroz	40	82,6
Huang	1984	India	Cultivos y ganadería	151	89,0
Huang	2012	India	Cultivos y ganadería	289	72,9
Hung	1993	Vietnam	Cultivos y ganadería	165	59,0
Hussain	2012	Pakistán	Trigo	280	69,3
Hussain	2012	Pakistán	Trigo	70	47,1
Illukpitiya	2010	Sri Lanka	Predio completo	82	70,0
Iraizoz	2003	España	Cultivos y ganadería	46	84,5
Iraizoz	2005	España	Otros animales	2.594	84,3
Islam	2012	Bangladesh	Arroz	243	90,3
Ivaldi	1994	Francia	Mezcla de granos	405	61,2
Jabbar	2006	Vietnam	Otros animales	1.118	73,1
Jabbar	2008	Vietnam	Otros animales	1.962	75,5
Jaime	2012	Chile	Trigo	5.580	61,0
Johnson	1994	Ucrania	Cultivos y ganadería	16.508	69,2
Johnson	1994	Ucrania	Maíz	12.615	74,6
Johnson	1994	Ucrania	Mezcla de granos	27.993	78,7
Kalaitzandonakes	1992	EEUU	Cultivos y ganadería	50	85,0
Kalaitzandonakes	1995	Guatemala	Maíz	82	74,0
Kalirajan	1983	Filipinas	Arroz	79	50,0
Kalirajan	1984	Filipinas	Arroz	81	63,0
Kalirajan	1986	Malasia	Arroz	191	67,0
Kalirajan	1986	Filipinas	Arroz	73	64,7
Kalirajan	1989	India	Arroz	34	70,2
Kalirajan	1990	Filipinas	Arroz	103	78,9
Kalirajan	1991	India	Arroz	180	69,3
Kalirajan	2001	India	Arroz	500	67,4
Karagiannis	2001	Grecia	Cultivos y ganadería	770	78,6
Karagiannis	2002	Reino Unido	Lechería	2.147	70,4
Karagiannis	2003	Grecia	Cultivos y ganadería	50	70,2
Karagiannis	2005	Grecia	Cultivos y ganadería	1.481	69,0
Karagiannis	2005	Grecia	Otros animales	178	67,9
Karagiannis	2009	Grecia	Cultivos y ganadería	190	88,6
Karagiannis	2012	Grecia	Cultivos y ganadería	300	74,8
Kellerman	2014	Alemania	Lechería	9.482	94,7
Key	2014	EEUU	Otros animales		83,3

Primer Autor	Año	País	Producto(s)	No. Obser.	MET
Khan	2010	Bangladesh	Arroz	150	93,1
Khan	2013	Pakistán	Cultivos y ganadería	300	66,0
Kilic	2009	Albania	Cultivos y ganadería	1.542	60,0
Koirala	2016	Filipinas	Arroz	NA	79,0
Kompas	2006	Australia	Lechería	415	87,4
Krasnozhon	2011	Ucrania	Cultivos y ganadería	535	72,0
Külekci	2010	Turquía	Cultivos y ganadería	170	64,0
Kumbhakar	1989	EEUU	Lechería	116	75,2
Kumbhakar	1994	India	Arroz	227	75,4
Kumbhakar	1995	Suecia	Lechería	4.890	87,6
Kumbhakar	2009	Finlandia	Lechería	1.921	82,2
Kumbhakar	2009	Rusia	Predio completo	73	87,0
Kumbhakar	2014	Noruega	Mezcla de granos	687	76,5
Kurkalova	2003	Ucrania	Mezcla de granos	164	94,2
Kwon	2004	Corea	Arroz	5.130	75,0
Lachaal	2005	Tunisia	Cultivos y ganadería	178	82,0
Lambarraa	2009	España	Predio completo	9.852	81,0
Larochelle	2013	Bolivia	Cultivos y ganadería	124	56,0
Larson	2006	Ecuador	Cultivos y ganadería	107.269	43,3
Latruffe	2004	Polonia	Cultivos y ganadería	222	73,0
Latruffe	2004	Polonia	Otros animales	250	88,0
Lawson	2004	Dinamarca	Lechería	574	94,6
Lee	2006	Indonesia	Arroz	171	42,3
Li	2011	China	Arroz	126	80,0
Li	2013	China	Cultivos y ganadería	8.955	73,8
Li	2013	China	Cultivos y ganadería	2.155	78,6
Lindara	2006	Sri Lanka	Cultivos y ganadería	127	84,3
Liu	2000	China	Cultivos y ganadería	3.964	86,8
Lohr	2006	EEUU	Cultivos y ganadería	774	73,7
Lohr	2007	EEUU	Cultivos y ganadería	774	78,8
Lohr	2010	EEUU	Cultivos y ganadería	787	58,7
Lubis	2015	Indonesia	Cultivos y ganadería	142	58,6
Ma	2007	China	Lechería	230	66,0
Ma	2012	China	Lechería	331	85,0
Ma	2014	China	Arroz	320	84,2
Ma	2017	China	Cultivos y ganadería	312	82,0
Madau	2011	Italia	Cultivos y ganadería	321	71,0
Mahadevan	2009	Fiji	Cultivos y ganadería	677	74,7
Mahadevan	2013	Fiji	Cultivos y ganadería	244	61,3
Maietta	2000	Italia	Lechería	533	55,0
Makombe	2017	Etiopía	Cultivos y ganadería	222	54,0
Malá	2011	República Checa	Cultivos y ganadería	266	55,1
Mamardashvili	2013	Suiza	Lechería	3.000	94,0
Mamardashvili	2014	Suiza	Lechería	927	95,0
Mamardashvili	2016	Suiza	Lechería	507	95,1
Manevska-Tasevska	2013	Macedonia	Cultivos y ganadería	900	69,0
Manjunatha	2013	India	Cultivos y ganadería	90	79,3
Marchand	2012	Brazil	Cultivos y ganadería	14.724	61,0

Primer Autor	Año	País	Producto(s)	No. Obser.	MET
Marchand	2014	China	China	1.012	72,4
Mariano	2010	Filipinas	Arroz	5.539	75,7
Mariano	2011	Filipinas	Arroz	2.769	74,6
Marioni	2013	Australia	Trigo	188	63,0
Mayen	2010	EEUU	Lechería	1.482	82,7
Mbaga	2003	Canadá	Lechería	1.143	95,2
McGuckin	1992	EEUU	Maíz	172	81,0
Mehrabi	2007	Irán	Cultivos y ganadería	233	64,5
Melfou	2009	Grecia	Otros animales	432	76,8
Melmed-Sanjak	1991	Perú	Arroz	NA	65,0
Miluka	2010	Albania	Cultivos y ganadería	1.559	29,0
Mishra	2015	Bangladesh	Arroz	6.060	57,0
Mitsuyasu	2013	Myanmar	Cultivos y ganadería	151	71,0
Mochebelele	2000	África del Sur	Mezcla de granos	150	70,0
Moreira	2006	Chile	Lechería	92	72,2
Moreira	2010	Argentina	Lechería	202	84,8
Moreira	2010	Chile	Lechería	92	84,9
Moreira	2010	Uruguay	Lechería	147	81,1
Moreira	2011	Chile	Cultivos y ganadería	263	77,8
Morrison	2000	Nueva Zelanda	Otros animales	704	98,4
Morrison	2004	EEUU	Cultivos y ganadería	780	93,5
Morrison	2004	EEUU	Cultivos y ganadería	28.719	85,8
Mosheim	2009	EEUU	Lechería	619	75,0
Mukherjee	2012	EEUU	Lechería	419	82,6
Mutoko	2014	Kenia	Mezcla de granos	236	40,0
Nauges	2011	Finlandia	Cultivos y ganadería	1.020	58,7
Ndlovu	2014	Zimbabwe	Maíz	NA	68,0
Nehring	2005	EEUU	Cultivos y ganadería	650	95,1
Nehring	2006	EEUU	Cultivos y ganadería	1.128.3	60,8
Nehring	2009	EEUU	Lechería	150.000	78,9
Newman	2006	Irlanda	Lechería	8.103	74,4
Ofori-Bah	2011	Gana	Cultivos y ganadería	340	86,0
Ogundari	2010	Nigeria	Arroz	96	66,9
Ogundari	2011	Nigeria	Cultivos y ganadería	846	72,1
Ogundari	2013	Nigeria	Cultivos y ganadería	846	80,7
Ogunniyi	2013	Nigeria	Cultivos y ganadería	253	64,3
Okeyale	2012	Nigeria	Cultivos y ganadería	99	74,4
Okoye	2016	Madagascar	Cultivos y ganadería	180	79,0
Omonona	2007	Nigeria	Cultivos y ganadería	85	68,0
Oren	2006	Turquía	Cultivos y ganadería	149	54,0
Osborne	2006	Rusia	Cultivos y ganadería	70	76,0
OudeLansink	2000	Países bajos	Cultivos y ganadería	985	66,9
Parikh	1995	Pakistán	Cultivos y ganadería	436	88,5
Pascual	2005	México	Maíz	74	75,0
Pechrová	2013	República Checa	Cultivos y ganadería	293	72,5
Phillips	1986	Guatemala	Maíz	1.384	75,6
Pierani	2003	Italia	Lechería	533	66,2
Rahman	2008	Bangladesh	Arroz	298	91,6
Rahman	2008	Bangladesh	Trigo	293	88,1

Primer Autor	Año	País	Producto(s)	No. Obser.	MET
Rahman	2009	Bangladesh	Arroz	406	84,0
Rahman	2009	Tailandia	Arroz	141	64,5
Rahman	2010	Bangladesh	Cultivos y ganadería	1.839	90,0
Rahman	2011	Bangladesh	Arroz	622	80,5
Rahman	2014	Bangladesh	Trigo	293	88,0
Rahman	2015	Bangladesh	Arroz	400	82,0
Rao	2012	Kenia	Cultivos y ganadería	302	50,5
Rasmussen	2010	Dinamarca	Cultivos y ganadería	1.779	82,0
Rasmussen	2010	Dinamarca	Lechería	3.053	88,0
Rasmussen	2010	Dinamarca	Otros animales	2.319	90,0
Rawlins	1985	Jamaica	Cultivos y ganadería	101	71,2
Reddy	2004	India	Arroz	270	25,5
Reinhard	1999	Países bajos	Lechería	1.545	89,4
Reinhard	2000	Países bajos	Lechería	2.589	83,8
Reinhard	2000	Países bajos	Lechería	1.535	89,4
Rezitis	2002	Grecia	Cultivos y ganadería	3.643	71,0
Rezitis	2003	Grecia	Cultivos y ganadería	482	71,8
Rungsuriyawib	2015	Polonia	Cultivos y ganadería	1.380	57,6
Salvioni	2015	Italia	Maíz	1.892	86,1
Samarajeeva	2012	Canadá	Otros animales	333	83,0
Sardaro	2017	Italia	Lechería	222	74,2
Sauer	2008	Romania	Maíz	64	91,3
Sauer	2009	Dinamarca	Lechería	168	93,0
Sauer	2015	Kosovo	Cultivos y ganadería	2.163	61,1
Schmid	2014	Suiza	Lechería	927	95,0
Serra	2008	EEUU	Cultivos y ganadería	540	70,0
Serra	2010	Países bajos	Lechería	2.624	89,6
Seyoum	1998	Etiopía	Maíz	20	86,6
Shah	1994	Pakistán	Cultivos y ganadería	380	76,8
Shah	1994	Pakistán	Maíz	378	76,1
Shah	1994	Pakistán	Trigo	382	87,1
Sharma	1997	EEUU	Otros animales	60	74,9
Sharma	1999	EEUU	Otros animales	52	78,8
Sharma	2001	Nepal	Arroz	282	77,8
Sherlund	2002	Côted'Ivoire	Arroz	464	77,0
Silva	2016	Filipinas	Arroz	107	76,2
Silva	2017	Filipinas	Arroz	783	74,7
Singbo	2016	Canadá	Lechería	3.994	87,6
Solís	2007	El Salvador, Honduras	Predio completo	639	78,0
Solís	2009	El Salvador, Honduras	Predio completo	639	78,0
Squires	1991	Indonesia	Cultivos y ganadería	136	60,5
Squires	1991	Indonesia	Arroz	406	70,1
Tadesse	1997	India	Arroz	60	83,3
Tamini	2012	Canadá	Predio completo	210	43,7
Tan	2010	China	Arroz	244	86,7
Taylor	1986	Brazil	Cultivos y ganadería	217	41,6
Taylor	1986	Brazil	Cultivos y ganadería	217	17,5

Primer Autor	Año	País	Producto(s)	No. Obser.	MET
Theriault	2014	Benin,Burkina Faso,Mali	Cultivos y ganadería	263	80,3
Tiedemann	2013	Alemania	Predio complete	37	92,8
Tijani	2006	Nigeria	Arroz	NA	86,6
Tonini	2006	Unión Europea	Cultivos y ganadería	100	61,3
Toro-Mujica	2011	España	Otros animales	31	66,0
Trewin	1995	Indonesia	Arroz	1.026	90,4
Tzouvelekas	2001	Grecia	Cultivos y ganadería	29	76,0
Tzouvelekas	2001	Grecia	Cultivos y ganadería	67	63,8
Udoh	2007	Nigeria	Cultivos y ganadería	160	65,0
van der Voort	2014	Belgium	Lechería	410	84,5
Veloso-Contreras	2015	Chile	Cultivos y ganadería	83	79,8
Villano	2006	Filipinas	Arroz	368	79,0
Von Crammon	2014	Chile	Predio completo	226	83,5
Wadud	2000	Bangladesh	Arroz	150	79,0
Wang	1996	China	Cultivos y ganadería	1.786	62,1
Wang	1996	China	Cultivos y ganadería	1.889	61,1
Wang	2012	China	Cultivos y ganadería	1.280	84,4
Wang	2012	China	Cultivos y ganadería	1.720	84,2
Wang	2012	China	Cultivos y ganadería	1.064	75,7
Wang	2013	EEUU	Otros animales	76	95,1
Watto	2014	Pakistán	Cultivos y ganadería	172	76,9
Wilson	1998	Reino Unido	Cultivos y ganadería	140	89,5
Wilson	2001	Reino Unido	Trigo	362	87,0
Xu	1998	China	Arroz	95	85,0
Yang	2016	China	Arroz	231	81,5
Yélou	2010	Canadá	Lechería	3.322	96,7
Yigezu	2013	Siria	Trigo	385	78,2
Yu	2012	China	Lechería	550	73,0
Yu	2012	China	Arroz	69	46,7
Zaibet	1999	Oman	Cultivos y ganadería	35	42,2
Zhang	2011	China	Predio completo	8.743	91,2
Zhang	2016	China	Predio completo	207	74,8
Zhu	2010	Alemania	Cultivos y ganadería	7.730	64,0
Zhu	2010	Suecia	Cultivos y ganadería	7.730	71,0
Zhu	2010	Países bajos	Cultivos y ganadería	7.730	76,0
Zhu	2011	Grecia	Cultivos y ganadería	2492	69,0
Zhu	2012	Alemania	Lechería	NA	61,4
Zhu	2012	Suecia	Lechería	NA	78,8
Zhu	2012	Países bajos	Lechería	NA	55,3
PROMEDIO ESTUDIOS FRONTERA ESTOCÁSTICA					***74,3***
PROMEDIO GENERAL 509 ESTUDIOS					***73,9***