



ASOCIACION ARGENTINA
DE ECONOMIA POLITICA

ANALES | ASOCIACION ARGENTINA DE ECONOMIA POLITICA

XLVII Reunión Anual

Noviembre de 2012

ISSN 1852-0022

ISBN 978-987-28590-0-8

EFICIENCIA TÉCNICA Y BRECHAS
TECNOLÓGICAS EN LA GANADERÍA
ARGENTINA: ESTIMACIÓN POR
METAFRONTERA DE PRODUCCIÓN

Lema Daniel
Gatti Nicolás
Brescia Víctor

EFICIENCIA TÉCNICA Y BRECHAS TECNOLÓGICAS EN LA GANADERÍA ARGENTINA: ESTIMACIÓN POR METAFRONTERA DE PRODUCCIÓN*

Daniel Lema¹, Nicolás Gatti² y Víctor Brescia³

Resumen

Este trabajo presenta una contribución para la medición relativa de brechas tecnológicas en ganadería bovina aplicando un enfoque multifactorial basado en el concepto de metafrontera de producción. Esta aproximación mejora las comparaciones de productividad media (por ej. kg/ha) que no tienen en cuenta el uso de otros factores productivos, ni tampoco la eficiencia relativa con que la tecnología disponible está siendo utilizada. Nuestros resultados muestran que empresas de la región pampeana con productividad media de 99 kg/ha tienen una eficiencia técnica (ET) promedio del 53%, mientras que en provincias con menor productividad media como Corrientes, San Luis y Formosa (36 kg/ha) la ET es de 99%. Para aproximar la brecha tecnológica se estimó un Ratio Metatecnológico (RMT) que mide la distancia entre las fronteras de producción a nivel regional y la frontera tecnológica global o metafrontera. El Ratio Metatecnológico promedio de la región pampeana es 99%, mientras que otros grupos de provincias tienen un RMT promedio entre 59% y 25%. Estos resultados son relevantes para comprender cuáles pueden ser las fuentes potenciales de mejoras en la productividad. En la región pampeana la brecha tecnológica es baja (1%) e importantes mejoras de productividad podrían lograrse con aumentos de eficiencia (47%). En otras regiones la eficiencia es superior, pero la brecha tecnológica es importante (41% - 75%), en estos casos las ganancias de productividad deberían originarse en nuevas tecnologías que desplacen la frontera local acercándola a la metafrontera teórica.

Código JEL: D24, Q16

Palabras clave: ganadería bovina, brecha tecnológica, eficiencia técnica, productividad, metafrontera

Abstract

This paper presents a contribution to relative technology gap measurements in bovine cattle production based in the meta-production frontier concept. This approach improves the comparisons of average productivity that ignores the use of other inputs and relative efficiency of the available technology. Our results show that firms from Pampa's region have an average productivity of 99 kg/ha and an average technical efficiency (TE) of 53%, meanwhile for provinces with low average productivity like Corrientes, San Luis and Formosa (36 kg/ha), the TE is 99%. To obtain a better measurement of the technology gap, a Meta-Technology Ratio (MTR) was estimated. This ratio represents the distance between the regional production frontier and the aggregate technology frontier or Meta-frontier (MF). The average MTR for Pampa's region is 99%, in contrast, the others group of provinces have an average MTR between 59% and 25%. These results are important to recognize potential sources of productivity improvements. At the Pampa's region, the technology gap is low (1%) and the productivity improvements should come from an efficiency increase (47%). In other regions, the efficiency is higher but the technology gap is important (41%-75%). To these cases, productivity gains should come from new technologies adoption and this would make the regional production function could get closer to the theoretical frontier.

JEL Codes: D24, Q16

Key words: cattle production, technology gap, technical efficiency, productivity, meta frontier analysis

1 Instituto de Economía y Sociología – INTA y Universidad del CEMA (danilema@correo.inta.gov.ar)

2 Instituto de Economía y Sociología – INTA y Universidad del CEMA (ngatti@correo.inta.gov.ar)

3 Instituto de Economía y Sociología – INTA (vbrescia@correo.inta.gov.ar)

*Agradecemos a los administradores de la Red de Información Agropecuaria Nacional (RIAN) del INTA en particular a Martín Darío Fernández y Diego Gauna. También a Marcelo Rabaglio del Instituto de Economía y Sociología del INTA por su colaboración para el procesamiento de la base de datos.

Eficiencia Técnica y Brechas Tecnológicas en la Ganadería Argentina: Estimación por Metafrontera de Producción

I. Introducción

Los conceptos de eficiencia y productividad refieren a la relación que existe entre la obtención de productos y el uso de insumos. Estos conceptos se diferencian claramente en la teoría económica, aunque muchas veces son utilizados como sinónimos fuera de este ámbito disciplinario. En la producción ganadera, un indicador usual de productividad es la producción de carne en kilogramos por hectárea, el cual se asocia muchas veces con eficiencia productiva y también con el nivel de tecnología utilizado. De esta forma suelen estimarse brechas entre niveles observados de productividad media y niveles potenciales que podrían ser alcanzados con uso de tecnologías potenciales. Sin embargo, este tipo de medida de productividad parcial (en este caso de la tierra) no tiene en cuenta el uso de otros factores productivos (trabajo, capital, alimentación, etc.) ni tampoco la eficiencia con que la tecnología disponible está siendo utilizada. El tema es relevante tanto desde el punto de vista conceptual como empírico dado que la correcta interpretación de los conceptos de productividad y eficiencia podría facilitar la comprensión de los impactos de políticas públicas así como los factores que determinan, por ejemplo, la adopción de tecnologías en cada región. En el análisis sobre producción y productividad de la ganadería vacuna argentina muchos estudios se enfocan en la descripción de la heterogeneidad observada en indicadores técnicos (tasa de destete, porcentaje de preñez, producción por hectárea, relación novillo/ternero, relación ternero/vaca, peso de faena) aunque con poca fundamentación conceptual en términos de teoría de la producción en un contexto económico. Sin embargo, estos estudios presentan un conjunto de cuestiones muy importantes vinculadas al comportamiento de las empresas ganaderas en términos de productividad, eficiencia y uso de tecnologías. Por ejemplo ¿Por qué es tan heterogénea la productividad aún dentro de una misma región? ¿Cómo se puede aumentar la productividad por hectárea? ¿Es posible aumentar las existencias a nivel nacional? ¿Es posible aumentar el peso por animal faenado? Todos estos interrogantes cobran mayor relevancia si se tiene en cuenta que en los últimos años ha sido creciente el desplazamiento de la ganadería hacia zonas marginales como consecuencia de la mayor rentabilidad relativa de la agricultura extensiva, principalmente del cultivo de soja. En síntesis, la pregunta central que está detrás de muchos análisis es cómo producir más carne con un uso eficiente de los recursos disponibles.

Desde el punto de vista empírico pocos estudios han analizado estos temas con un enfoque microeconómico para la ganadería argentina. Manchado (1988) realiza una estimación de funciones de producción y eficiencia determinística para empresas agrícolas mixtas en el Sudeste de Buenos Aires. Este trabajo estimó un nivel de eficiencia promedio entre un 70% y 80% asociando estos resultados a variables relacionadas con el management y el capital humano empresario. También en un estudio de eficiencia con una aproximación de funciones de producción y datos de empresas mixtas en el oeste de la región pampeana, Alvarez (1999) encuentra una menor eficiencia en la actividad ganadera respecto de la agrícola y también muestra la ausencia de relación entre los resultados físicos (kg/ha) y la eficiencia económica. En este sentido, este estudio cuestiona la utilidad de las estrategias productivas de la ganadería basadas en productividad física (kg/ha) y los métodos de evaluación de los resultados (físicos y económicos). Otro resultado de interés es que las distintas funciones de producción estimadas no mostraron evidencias de economías de escala medidas a través de las elasticidades de producción. En Gallacher (1994) y Gallacher et al. (1994) se presentan estimaciones que asocian diferenciales de eficiencia con la forma de administración de empresas ganaderas, sugiriendo evidencia parcial de una mayor eficiencia relativa en empresas manejadas por administradores profesionales respecto a las manejadas por propietarios.

Por otra parte, Galetto et al. (2010) en un estudio de eficiencia para empresas ganaderas de la zona centro norte de Santa Fe muestra que la producción potencial y el nivel de eficiencia técnica varían dependiendo de la especificación econométrica. Este trabajo encuentra que en la variación residual entre la frontera de producción y el valor observado, la ineficiencia sistemática explica una proporción muy baja del total. Los autores resaltan que esta baja participación de la ineficiencia seguramente está influida por las

características climáticas particulares del período bajo estudio, año 2008/9, que registró una importante sequía en la zona bajo estudio.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un análisis teórico y aplicado acerca de la medición de productividad y eficiencia a nivel de empresas en la producción ganadera de distintas regiones de la Argentina. Este enfoque es una contribución para la medición relativa de brechas tecnológicas en ganadería bovina aplicando un enfoque multifactorial basado en el concepto de metafrontera de producción. También se propone mejorar las comparaciones basadas en productividad media (por ej. kg/ha) y proporcionar una medición fundamentada en la teoría de la producción para la medición de eficiencia relativa y distancia a la tecnología potencial.

Para el análisis empírico y la evaluación de eficiencia a nivel de empresa se utilizaron los micro datos de una encuesta tecnológica ganadera realizada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Encuesta Tecnológica RIAN 2009/10). La base de datos cuenta con una detallada descripción de la tecnología utilizada en sistemas productivos ganaderos de Argentina, con datos de aproximadamente 1300 empresas ganaderas en ocho provincias durante el período comprendido entre el 1° de julio de 2009 y el 30 de junio de 2010.

El trabajo se encuentra organizado de la siguiente manera. En la sección II, se discuten aspectos conceptuales sobre productividad y eficiencia y se presenta el modelo teórico de metafronteras de producción (Battese et al. 2004). En la sección III, se describen los datos utilizados y la metodología aplicada. En la sección IV, se presentan los resultados de las estimaciones econométricas. Finalmente, en la sección V se realizan una síntesis y se discuten las principales conclusiones del trabajo.

II. Marco Conceptual

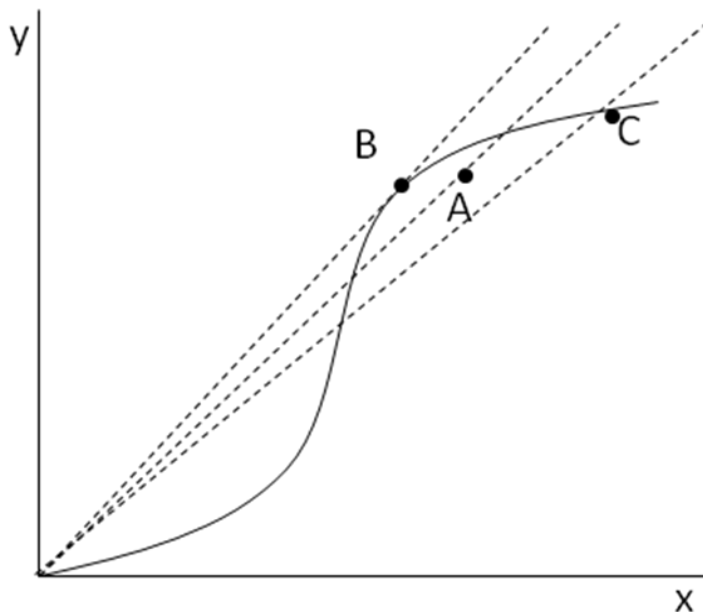
Los conceptos de eficiencia técnica y productividad media, en general, son utilizados en el sentido de que es bueno para las empresas una mejora en cualquiera de ellos. Sin embargo, esto puede no ser así para el caso de la productividad media. Los dos conceptos hacen referencia a aspectos diferentes de la producción y es importante tener en cuenta que no siempre puede ser evaluado como económicamente positivo un aumento de la productividad media.

La relación mencionada puede observarse, por ejemplo, en el Gráfico 1 que presenta una función de producción para el caso simple de un producto (Y) y un insumo (X). Cada punto sobre el plano representa una observación de uso de insumos y producto obtenido por distintas empresas. La función de producción representa la tecnología disponible y un punto sobre la curva implica que se está haciendo un uso eficiente de los insumos de forma tal que se obtiene el máximo nivel de producto posible considerando que se utiliza adecuadamente la tecnología.

Una empresa que produce en el punto A no es técnicamente eficiente, mientras que en los puntos B y C sí lo es. Un pasaje de A a B significa que aumenta la eficiencia técnica (se pasa de un punto debajo de la curva a uno sobre la curva) y la productividad del factor X también aumenta (medida por la pendiente del radio vector que sale del origen). Por otra parte, pasar de A a C implica un aumento de la eficiencia pero una disminución de la productividad promedio del factor X. Por lo tanto, no siempre una mejora en la eficiencia implica una mejora en la productividad media, y viceversa. Es importante tener en cuenta que cuando el producto y el insumo aumentan a lo largo de la función de producción, la productividad se ve afectada necesariamente por la ley de rendimientos decrecientes. Esto implica que mayores producciones sólo pueden alcanzarse a costa de una menor productividad marginal y promedio, al menos en la zona de rendimientos decrecientes que es la económicamente relevante. Es decir, aun en un contexto de un solo factor de producción, no es unívoca la respuesta a la pregunta de si es bueno que aumente la productividad media, considerando la existencia potencial de ineficiencias en el proceso productivo. Al mismo tiempo, debe tenerse en cuenta que si se considera una función de producción con múltiples insumos, la

productividad parcial no permite comparar entre empresas ya que no sabemos nada acerca de que es lo que ocurre con el resto de los factores productivos. Por otra parte, un aumento de la productividad media es indudablemente positivo si la empresa es eficiente y se produce un cambio tecnológico que desplaza la función de producción permitiendo incrementar el nivel de producto con la misma cantidad de factores por unidad de tiempo. Es decir si hay al mismo tiempo un incremento de la productividad total de los factores (PTF), definida como el cociente entre la producción y un vector de insumos.

Gráfico 1. Función de producción para un producto y un insumo



El crecimiento de la productividad se puede separar en los siguientes componentes: cambio en la eficiencia técnica (ET), cambio técnico (CT) y cambio en la eficiencia de escala (EE). Esta descomposición es relevante para comprender y aislar las fuentes del cambio en productividad. La ET puede ser interpretada como una medida relativa de la habilidad gerencial para una tecnología dada. En este sentido, una empresa es técnicamente eficiente cuando consigue el máximo producto posible, dada su dotación de insumos. El CT es el cambio resultante de la adopción de nuevas prácticas o tecnologías que permiten incrementar la producción por unidad de insumo. La EE se relaciona con cambios del tamaño de la firma que permiten reducir los costos unitarios (Battese y Coelli, 1995). Ganancias en la ET se generan a partir de la mejora en el manejo empresarial, que se relaciona con un conjunto de atributos de los productores tales como la educación, la experiencia y la capacitación y también con factores de entorno institucional o del ambiente en el que se desarrolla el proceso de producción e intercambio para las empresas. En este sentido, por ejemplo, los costos de transacción pueden resultar factores relevantes para determinar los niveles de eficiencia individuales y agregados. Las fuerzas que mueven al CT son la inversión en investigación y tecnología así como las inversiones y esfuerzos para aplicar las tecnologías disponibles a nivel de empresas. Finalmente, la EE está determinada por la habilidad de la empresa para invertir nuevos recursos en la expansión de su tamaño hacia la escala óptima de uso de recursos.

El análisis de la eficiencia suponiendo funciones de producción que incluyen varios insumos se inicia con el trabajo de Farrell (1957), quien originalmente propuso distinguir entre la eficiencia técnica, que refleja la habilidad de una empresa para obtener la mayor cantidad posible de producto con una determinada cantidad de insumos, y eficiencia asignativa, que refleja la habilidad para utilizar los insumos en una proporción óptima dados los precios relativos y la tecnología. Según Farrell, estas dos medidas

combinadas son una aproximación a la eficiencia económica. La eficiencia económica de la empresa o también llamada en este caso eficiencia de costos (EC), es igual a la combinación de la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa la que puede calcularse como: $EC = ET \times EA$ (Coelli et al. 2005). Esta representación de la eficiencia supone que la tecnología, representada por la función de producción, es conocida y tiene retornos constantes a la escala. Sin embargo, en la práctica se desconoce la forma de la función de producción, y ello implica que deben realizarse aproximaciones para realizar el análisis empírico. En el enfoque de Farrell el concepto de la eficiencia técnica responde a la pregunta: ¿En qué proporción pueden reducirse los insumos sin alterar la cantidad de producto?, y por ello se la denomina “orientada a los insumos”. Alternativamente, podríamos plantear la siguiente pregunta: “¿En qué proporción puede aumentar el producto manteniendo constante la cantidad de insumos?”, lo que nos permitiría definir una medida orientada al producto. Es importante tener en cuenta que si los retornos a escala son constantes las respuestas a ambas preguntas son equivalentes en términos de porcentaje de reducción de insumos o incremento de producto. También, para el caso de retornos constantes a escala el concepto de eficiencia de escala no es aplicable y sólo puede separarse la eficiencia técnica pura. El Cuadro 1 sintetiza las distintas definiciones o aproximaciones a la eficiencia discutidas previamente.

Cuadro 1. Descomposición de la Eficiencia Económica

EFICIENCIA ECONOMICA		
EFICIENCIA TECNICA		EFICIENCIA ASIGNATIVA
Eficiencia de Escala	Eficiencia Técnica Pura	

En la medición empírica de la eficiencia técnica de producción los trabajos de Aigner, Lovell y Schmidt (1977), Meussen y Van Den Broek (1977), Battese y Coelli (1992, 1995) desarrollaron el concepto y las metodologías para la estimación de fronteras estocásticas de producción. Los métodos de fronteras tienen diversas variantes. Algunos trabajan con la función de producción primal, estimando la eficiencia técnica, y otros incorporan precios y pueden estimar alguna variante de la eficiencia económica, eficiencia de costos o de beneficios, a través del enfoque dual. En la estimación empírica las aproximaciones al concepto de eficiencia se diferencian por la forma en que tratan el error estadístico. La diferencia entre la producción observada y estimada (residuo) puede atribuirse a ineficiencia (métodos determinísticos) o alternativamente sólo parte de la diferencia se considera debida a la ineficiencia y otra parte originada en un “ruido” estadístico (variables omitidas, shocks, etc.) y éstos se denominan métodos estocásticos.

La frontera estocástica de producción implica considerar que el término de error está compuesto por dos partes de la siguiente forma:

$$\ln y_i = x_i' \beta + v_i - u_i,$$

donde y es la cantidad de producto, x es un vector de insumos, β es un vector de parámetros a estimar, v es un error aleatorio y u es el componente de ineficiencia técnica que sólo asume valores positivos. El error aleatorio v_i capta los errores de medida y otros factores aleatorios que pueden afectar la producción, tales como el clima, enfermedades, etc., mientras que el término u_i representa el efecto sistemático de ineficiencia. Este modelo se denomina “frontera estocástica” porque los valores del producto tienen un límite superior que viene dado por la variable aleatoria (estocástica) $\exp(x_i' \beta + v_i)$.

En la Argentina existen antecedentes de estudios que estiman eficiencia de producción mediante fronteras de producción estocásticas para el caso de empresas ganaderas de leche. Por ejemplo, se pueden

mencionar los trabajos de Schilder y Bravo-Ureta (1993), Moreira y Bravo-Ureta (2006) y Gastaldi et al. (2008). Por otra parte, el caso de la ganadería de carne, existen algunos antecedentes de la utilización de fronteras determinísticas (Alvarez 1999, Gallacher 1999 y Saldungaray 2000) y en menor medida fronteras estocásticas (Galetto 2010).

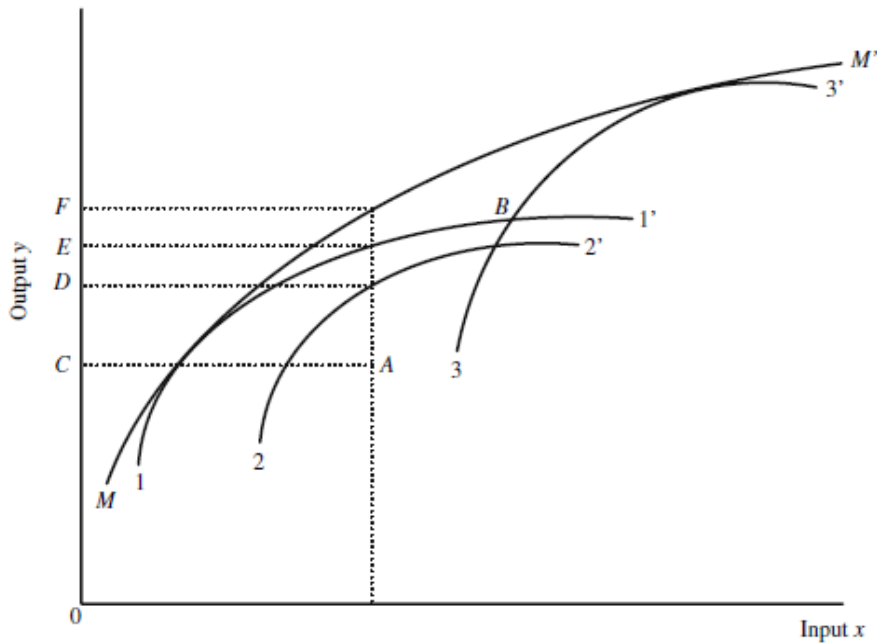
En la literatura internacional existen numerosas aplicaciones empíricas que utilizan este método para estimar eficiencia técnica por grupos de empresas, regiones o países suponiendo que comparten una tecnología o función de producción común y por lo tanto la brecha entre la producción estimada y la observada debida a ineficiencia puede cerrarse aproximándose a esta única frontera teórica.

Los trabajos clásicos de Hayami (1969) y de Hayami y Ruttan (1970, 1971) introdujeron el concepto de *metafunción de producción*, definida como una envolvente de las funciones de producción tradicionales, suponiendo que todos los productores de diferentes grupos (países, regiones, etc.) tienen potencialmente acceso a la misma tecnología. Siguiendo este enfoque los trabajos de Mundlak y Hellinghausen (1982) y Lau y Yotopoulos (1989) utilizaron el concepto de metafrontera de producción para comparar productividad agropecuaria agregada entre países. En este sentido, Mundlak (2000) resalta el hecho de que en el proceso productivo coexisten tecnologías modernas o de alta productividad con tecnologías de menor impacto productivo simultáneamente. Esta heterogeneidad tecnológica que se observa empíricamente puede resultar contradictoria ya que, en teoría, no habría razones económicas para seguir usando tecnologías de baja productividad si nuevas técnicas más productivas están disponibles. Es decir, la técnica más productiva debería ser la única observada. Sin embargo, desde un punto de vista práctico el reemplazo de la técnica obsoleta por la nueva (cambio de función de producción) requiere tiempo. Es decir, se alcanza una función de producción superior luego de algún tiempo que permite acumular el capital (físico o humano) para que la nueva tecnología pueda ser implementada de manera adecuada. Esta observación es importante para entender el proceso de cambio tecnológico, el crecimiento económico y comprender los distintos niveles de productividad de las firmas. Si las dos técnicas en cuestión requieren diferentes niveles y tipos de capital, entonces alcanzar la nueva frontera de producción será función del nivel y de la composición del stock de capital. Entonces, la transición de la vieja a la nueva tecnología estará determinada por la tasa de inversión (bruta y neta) que a su vez será función de la tasa de interés y de aspectos institucionales tales como los costos de transacción y el entorno económico general. La heterogeneidad tecnológica puede ser entonces entendida como una consecuencia de este proceso de inversión y acumulación de capital que puede ser más o menos prolongado, dependiendo de las condiciones vigentes.

Un avance importante para considerar esta heterogeneidad y para estimar con mayor precisión las diferentes dimensiones de la eficiencia a nivel microeconómico es el desarrollo del método de metafronteras estocásticas de producción (MF) introducido por Battese y Rao (2002), y luego ampliado por Battese, Rao y O'Donnell (2004, 2008). Esta metodología implica estimar una metafrontera de producción, que representa la envolvente de todas las fronteras estocásticas de producción de las tecnologías disponibles por grupos o regiones. Esta separación de funciones resulta de considerar diferencias en la geografía de un país, en las condiciones naturales de producción o, lo más importante, en el nivel de desarrollo económico de cada zona.

Tradicionalmente la metafrontera de producción se define como la envolvente de las fronteras de producción, asumiendo que todos los productores en diferentes países o regiones, tienen potencial acceso a la misma tecnología. En el Gráfico 2 se puede observar el caso más simple en la que un producto (y) se obtiene a partir de un insumo (x). Se ilustran tres fronteras las cuales generan la envolvente MM' . Si los tres grupos fueran exhaustivos (es decir, si las tecnologías representadas por los grupos agotan las posibilidades tecnológicas disponibles) entonces las fronteras específicas de cada grupo envuelven todas las combinaciones de insumos y productos que pueden ser producidas por una firma individual. Esto implicaría que la metafrontera es la frontera no convexa $1-B-3'$. No obstante, si los tres grupos son no exhaustivos entonces otras combinaciones de insumos y productos son factibles y la metafrontera puede ser representada por la función convexa MM' .

Gráfico 2. Ilustración de la metafrontera y las fronteras individuales



Fuente: *Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios*, O'Donnell, Rao y Battese (2008).

La metafrontera estocástica es una extensión del concepto, y se define como una envolvente convexa de las fronteras estocásticas de producción de los diferentes grupos y está definida por las observaciones de todos los grupos de una manera consistente con el modelo clásico de fronteras estocásticas.

Metodología de Estimación de la MF

Si se determina la forma que adoptan las funciones de producción estocásticas en cada grupo, el modelo planteado implica primero estimar las fronteras estocásticas por grupo de la forma siguiente:

$$(1) y_i = f(x_i, \beta) + \varepsilon_i ,$$

donde y_i es el *output* de la empresa i , x_i es el vector de *inputs*, β es un vector de parámetros y ε_i una perturbación aleatoria compuesta por dos elementos, $\varepsilon_i = v_i + u_i$.

El componente v_i es una perturbación simétrica que recoge las variaciones aleatorias en la producción debidas a factores tales como errores aleatorios, errores en la observación y medida de los datos, la suerte, entre otros, y se supone que se distribuye idéntica e independientemente como una Normal con media 0 y varianza σ^2 . El componente u_i es un término asimétrico que recoge la ineficiencia (u otros factores no observables) y se asume que se distribuye independientemente de v_i y que satisface la condición $u_i \leq 0$.

Los modelos más utilizados en los estudios de eficiencia y productividad son los propuestos por Battese y Coelli (1995). La frontera estocástica de producción generalizada (suponiendo datos de panel) se define como:

$$(2) Y_{it} = e^{x'_{it} \beta^j + v_{it}^j - u_{it}^j},$$

donde Y_{it} representa el producto de la i -ésima empresa en el período t ; x_{it} es un vector $(1 \times k)$ cuyos valores son funciones de los insumos y de otras variables explicativas para la empresa i -ésima en el momento t y β es un vector $(k \times 1)$ de parámetros a estimar. Los v_{it} son errores aleatorios independientes e idénticamente distribuidos como una normal con media cero y variancia constante, σ_v^2 , en tanto los u_{it} son variables aleatorias no negativas e inobservables asociadas con la ineficiencia técnica de la producción. Es decir que para el nivel tecnológico vigente, y dados los usos de insumos, el producto observado (ante la presencia de los u_{it}) puede estar por debajo del potencial de producción.

Luego de estimar las fronteras de la ecuación 2, puede contrastarse la hipótesis nula que los diferentes grupos comparten la misma tecnología versus la alternativa de que cada grupo tiene una tecnología diferente. A partir de las estimaciones de cada grupo se puede realizar un test de ratio de verosimilitud (LR test)¹, donde la hipótesis nula es la igualdad entre la frontera global y las individuales mientras que la hipótesis alternativa es que difieren entre sí. Si se rechaza la hipótesis nula, entonces los datos no se deben agrupar y la estimación por MF es el método adecuado para estimar y comparar ET entre grupos (Battese, Rao y O'Donnell, 2004).

El modelo de MF definido por Battese, Rao y O'Donnell (2004) es una frontera paramétrica determinística con una forma funcional específica (usualmente Cobb-Douglas o Translogarítmica). Entonces, el modelo de MF determinístico para todas las empresas en todos los grupos en cada período de tiempo puede expresarse de la siguiente manera:

$$(3) Y_{it}^* = f(x_{1it}, x_{2it}, \dots, x_{Kit}; \beta^*) \equiv e^{x'_{it} \beta^*},$$

donde Y_{it}^* y β^* representan el producto de la MF y el vector de parámetros para el modelo de la MF, respectivamente, dada la siguiente condición para todos los grupos ($j=1, 2, \dots, J$):

$$(4) x'_{it} \beta^* \geq x'_{it} \beta^j.$$

Según Battese, Rao y O'Donnell (2004) los parámetros del modelo de MF pueden obtenerse utilizando dos criterios alternativos: (i) minimizando las sumas de los desvíos absolutos de la distancia entre la MF y la frontera evaluada en una empresa del j -ésimo grupo; y/o (ii) minimizando la suma de los desvíos cuadrados de los valores en la MF de aquellos específicos de la MF de cada grupo al nivel observado de insumos. En el presente trabajo adoptamos el primer método siguiendo la recomendación de los autores que argumentan su conveniencia dado que cumple el principio de parsimonia.

Para estimar la MF, la función objetivo a ser minimizada es la suma de las desviaciones absolutas sujeta a la ecuación 4. El problema de programación lineal se puede expresar de la siguiente manera:

$$(5) \min_{\beta^*} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T [\ln f(x_{1it}, x_{2it}, \dots, x_{Kit}; \beta^*) - \ln f(x_{1it}, x_{2it}, \dots, x_{Kit}; \hat{\beta}^j)]$$

$$s. a.: \ln f(x_{1it}, x_{2it}, \dots, x_{Kit}; \beta^*) \geq \ln f(x_{1it}, x_{2it}, \dots, x_{Kit}; \hat{\beta}^j).$$

¹ El estadístico LR está dado por $\lambda = 2\{\ln[L(H_A)] - \ln[L(H_0)]\}$, donde $L(H_A)$ y $L(H_0)$ son los valores de la función de MV bajo la hipótesis alternativa y la hipótesis nula, respectivamente. El valor de λ se distribuye asintóticamente como una Chi-cuadrado con grados de libertad igual al número de restricciones impuestas.

Este problema se resuelve utilizando conjuntamente todas las observaciones para todos los grupos. Como β^j , el vector de coeficientes estimados para la frontera estocástica para cada grupo, y el vector de insumos se asumen fijos, el problema puede ser especificado de manera más simple si la función $f(x_{1it}, x_{2it}, \dots, x_{Kit}; \beta^*)$ se asume log-lineal en los parámetros (tal como suponemos en la aplicación empírica de este trabajo). En particular, el problema de programación lineal bajo estos supuestos es:

$$(6) \quad \min_{\beta^*} \bar{x}' \beta^* \\ \text{s. a.: } x_i' \beta^* \geq x_i' \beta^j,$$

donde \bar{x} es la media aritmética de los vectores x_i para todas las firmas en los t períodos del j-ésimo grupo. Una vez que se resuelve el problema en (6), la ET respecto de la MF (ET*) puede ser estimada para cada empresa de la muestra. La diferencia entre ET* y ET^j para una firma dada está atada a la brecha entre las fronteras de cada grupo y la metafrontera. Esta brecha, llamada *Ratio Metatecnológico* (RMT) (O'Donnell, Rao y Battese (2008) o *Ratio de Brecha Tecnológica* (Battese et al. 2004), se define como la diferencia entre la tecnología disponible para el j-ésimo grupo relativo a la tecnología disponible para todos los grupos considerados conjuntamente. La expresión matemática de ET_i*, que se computa de la MF, se puede expresar como:

$$(7) \quad \widehat{ET}_{it}^* = \widehat{ET}_{it}^j \times \widehat{RMT}_{it}^j,$$

donde \widehat{ET}_{it}^j es la eficiencia técnica de la firma i en el t-ésimo período respecto de la frontera grupal. La estimación de la ET del j-ésimo grupo puede calcularse, de acuerdo con Battese y Coelli (1992), como:

$$(8) \quad ET_{it}^j = \frac{y_{it}}{e^{x_{it}'\beta^j + v_{it}^j}} = e^{-u_{it}^j}.$$

A su vez, la expresión para \widehat{RMT}_{it}^j propuesta por Battese, Rao y O'Donnell (2004, 2008) es:

$$(9) \quad \widehat{RMT}_{it}^j = \frac{e^{x_{it}'\beta^j}}{e^{x_{it}'\beta^*}} = \frac{\widehat{ET}_{it}^*}{\widehat{ET}_{it}^j},$$

donde $e^{x_{it}'\beta^j}$ es el componente determinístico de la ecuación 2 y $e^{x_{it}'\beta^*}$ se define en la ecuación 3.

En términos del Gráfico 2 consideremos, por ejemplo, una empresa del grupo 2 que produce en la combinación insumo-producto A. Si la metafrontera es MM', entonces la medición de eficiencia técnica (TE) con respecto a la metafrontera será:

$$ET^*(A) = OC/OF = 0.6$$

Este valor (supuesto) de 0.6 indicaría que el producto es el 60% del máximo que podría obtenerse con el vector de insumos observado si se utilizara la tecnología disponible representada por la metafrontera.

La medición de eficiencia con respecto a la frontera del grupo 2 (ET²) sería:

$$ET^2(A) = OC/OD = 0.74$$

El valor de 0.74 implicaría que el producto observado es el 74% del máximo producto que podría ser generado por una empresa que utilizara el vector de insumos $x(A)$ y la tecnología del grupo 2.

Finalmente el Ratio Metatecnológico (RMT) en este caso sería:

$$RMT^2(A) = ET^*(A) / ET^2(A) = (OC/OF) / (OC/OD) = OD/OF = 0.60/0.74 = 0.81$$

Esto significa que, dado el vector de insumos, el máximo producto que puede ser alcanzado por una firma del grupo 2 es el 81% del producto que es alcanzable utilizando la metatecnología. Y en consecuencia, la brecha tecnológica estimada sería del 19% (1-RMT) para este ejemplo.

III. Datos y Modelos a Estimar

Los datos utilizados para el trabajo corresponden a la encuesta tecnológica ganadera realizada por la Red de Información Agropecuaria Nacional del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (RIAN-INTA) que comprende todas las actividades de los establecimientos entre el 1 julio 2009 al 30 de junio 2010. La misma fue realizada en las provincias de Buenos Aires, Chaco, Corrientes, Formosa, La Pampa, Misiones, San Luis y Santiago del Estero, con un total de 1.697 observaciones de las cuales, luego de eliminar inconsistencias y datos extremos, han sido utilizados 1.316². Dado que la encuesta se realizó sólo en un año, la metodología será aplicada para datos de corte transversal. Si bien esto no impide alcanzar resultados representativos, la ausencia de datos longitudinales (panel) limita el análisis de la evolución temporal de la eficiencia o del cambio tecnológico.

La aplicación del método consta de dos etapas. Primero, se estiman fronteras estocásticas de producción por grupos de provincias agrupadas por productividad media de la tierra (kg. vendidos/ha) y luego se estima una frontera estocástica global. Los grupos son los siguientes: Buenos Aires y La Pampa (productividad alta: 99 kg/ha); Santiago del Estero, Misiones y Chaco (productividad media: 59 kg/ha); y Corrientes, San Luis y Formosa (productividad baja: 36 kg/ha). El agrupamiento basado en productividad media tiene como objetivo analizar en qué medida la producción de kilogramos por hectárea se relaciona con los niveles de eficiencia promedio y con los niveles de tecnología potencial.

En las funciones de producción la variable dependiente es la venta total de carne en kilogramos (kilo vivo), como aproximación al nivel de producción del establecimiento ganadero. Como variables explicativas se incluyen aproximaciones cuantitativas a tres factores de producción: tierra, trabajo y capital biológico. Se adicionan variables dummy para controlar por diferentes niveles de uso de tecnologías o prácticas productivas. Por ejemplo, la existencia en el establecimiento de alambrado eléctrico y de balanza, el uso de prácticas de inseminación artificial, el asesoramiento técnico y la suplementación de la alimentación se incluyen como indicadores tecnológicos de la actividad ganadera. El Cuadro 2 presenta los estadísticos descriptivos de la variable ventas en kg/ha para cada una de las

²Se eliminaron establecimientos con existencias nulas y sin ubicación geográfica. Los datos utilizados son establecimientos con rendimientos superiores a 3 kg/ha/año e inferiores a 300 kg/ha/año para sistemas de cría, recría, invernada y ciclo completo con base en alimentación natural. Esta última selección se hizo a partir de la observación de los resultados de Perfil Tecnológico del Sector Primario, INTA, 2008.

provincias consideradas, el Cuadro 3 presenta los descriptivos de la misma variable para las provincias agrupadas de acuerdo a su productividad media.

Cuadro 2. Ventas en kg/ha por provincia

Provincia	N	Media	Mediana	Desvío Estándar	Mínimo	Máximo
Buenos Aires	448	99.81	86.80	67.61	4.42	299.10
La Pampa	200	96.29	75.26	78.43	3.00	298.80
Santiago del Estero	66	69.21	43.79	67.69	3.47	280.50
Misiones	42	65.01	58.50	44.81	6.00	192.65
Chaco	255	54.71	40.85	44.68	3.84	268.39
Corrientes	87	50.36	37.14	44.94	4.37	275.00
San Luis	71	41.84	29.35	47.66	3.31	262.50
Formosa	147	25.60	14.96	30.96	3.17	193.60
Total	1316	73.20	53.02	65.20	3.00	299.10

Cuadro 3. Ventas en kg/ha por grupo

Grupos	N	Media	Mediana	Desvío Estándar	Mínimo	Máximo
Buenos Aires y La Pampa	648	98.72	84.84	71.08	3.00	299.10
Santiago del Estero, Misiones y Chaco	363	58.54	44.30	49.87	3.47	280.50
Corrientes, San Luis y Formosa	305	36.44	24.30	40.92	3.17	275.00

Para la estimación econométrica de las fronteras de producción estocásticas, la variable dependiente es el logaritmo natural de las ventas en kilogramos de carne. El nivel de producción real de las empresas debería ser calculado considerando las diferencias de inventario para no sub o sobreestimar la producción. Sin embargo, estos datos no se encuentran disponibles en la encuesta. En consecuencia se asume que las ventas en kilogramos de carne son una aproximación a la producción total del establecimiento, cuyo potencial sesgo o error de medida podría compensarse por el amplio número de observaciones disponibles. La especificación Cobb-Douglas (CD) de las fronteras de producción es la siguiente:

$$(10) \quad Y_i = \beta_0^j + \beta_T^j T_i + \beta_L^j L_i + \beta_K^j K_i + \sum_{d=1}^5 \beta_d^j Z_d + v_i^j - u_i^j$$

donde los subíndices i y j corresponden al establecimiento y al grupo de provincias, respectivamente. Las variables explicativas, consideradas en logaritmos naturales son las siguientes: T_i es la superficie ganadera en hectáreas; L_i es mano de obra, medida en número de personas empleadas y K_i son las existencias totales en cabezas de ganado como aproximación al capital biológico. Z es un vector de variables *dummies*; Z_1 si suplementa o no; Z_2 si posee alambrado eléctrico y balanza o no; Z_3 si realiza inseminación o no; Z_4 si recibe asesoramiento permanente o no; y Z_5 si el sistema de producción es de cría o no.

La especificación translog (TL) utiliza la misma variable dependiente y explicativas descriptas para la especificación CD pero incluye los términos de segundo orden.

$$(11) \quad Y_i = \alpha_0 + \sum_{k=1}^3 \beta_k^j x_{ki} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^3 \beta_{kl}^j x_{ki} \times x_{li} + \sum_{d=1}^5 \beta_d^j Z_d + v_i^j - u_i^j$$

Donde el subíndice k representa la k -ésima variable explicativa.

En el caso de la función translogarítmica para su estimación econométrica todos los datos para las variables cuantitativas están expresados como desvíos respecto de la media geométrica. Esto es útil para poder interpretar los parámetros de primer orden directamente como elasticidades parciales de producción y que puedan compararse con los obtenidos a partir de la estimación de la especificación CD (Coelli et al. 2003).

Finalmente, los resultados seleccionados de los modelos de fronteras estocásticas son utilizados para estimar los parámetros de la metafrontera, que se obtiene de resolver el problema de programación lineal de la ecuación 6. El Cuadro 4 presenta las estadísticas descriptivas de las variables independientes y dependientes utilizadas en las estimaciones econométricas de las fronteras estocásticas de producción.

Cuadro 4. Estadísticas Descriptivas de Variables por grupo

Buenos Aires y La Pampa	N	Media	Mediana	Desvío Estándar	Mínimo	Máximo
Ventas	648	125801.1	62225	177012.8	1200	1546000
Existencias	648	1086.64	632.00	1451.8	32.00	14891.00
Superficie	648	1849.39	899.50	3386.7	47.00	43062.00
Trabajo	648	5.25	4.00	6.4	1.00	115.00
Balanza	648	0.57	0	0.77	0	1
Eléctrico	648	0.89	1	0.32	0	1
Suplementación	648	0.61	1	0.49	0	1
Inseminación Artificial	648	0.23	0	0.42	0	1
Asesoramiento Permanente	648	0.40	0	0.49	0	1

Cuadro 4. Estadísticas Descriptivas de Variables por grupo (cont.)

Santiago del Estero, Misiones y Chaco	N	Media	Mediana	Desvío Estándar	Mínimo	Máximo
Ventas	363	63513.98	31020	98900.0	1410	984000
Existencias	363	904.39	455.00	1457.9	17.00	14851.00
Superficie	363	1448.65	811.00	2053.9	21.00	16501.00
Trabajo	363	5.52	4.00	6.5	1.00	94.00
Balanza	363	0.49	0	0.64	0	1
Eléctrico	363	0.62	100	0.49	0	1
Suplementación	363	0.53	100	0.50	0	1
Inseminación Artificial	363	0.30	0	0.46	0	1
Asesoramiento Permanente	363	0.18	0	0.38	0	1

Corrientes, San Luis y Formosa	N	Media	Mediana	Desvío Estándar	Mínimo	Máximo
Ventas	305	71650.36	28800	134145.3	850	1050000
Existencias	305	1227.26	477.00	2597.8	11.00	27139
Superficie	305	2954.64	1371.00	5361.4	47.00	50001
Trabajo	305	5	4	4.3	1	44
Balanza	305	0.53	0	0.68	0	1
Eléctrico	305	0.53	1	0.50	0	1
Suplementación	305	0.47	0	0.50	0	1
Inseminación Artificial	305	0.30	0	0.46	0	1
Asesoramiento Permanente	305	0.22	0	0.41	0	1

IV. Resultados

Esta sección describe los resultados para las estimaciones econométricas de las fronteras individuales y las medidas de ET asociadas. Primero, se analizan los resultados obtenidos y los tests de especificación para las estimaciones por grupos de provincias y luego para la estimación con el conjunto completo de datos sin discriminar por grupos. Segundo, se discuten las mediciones de ET para los tres grupos considerados y luego se analizan las medidas de ET y RMT respecto de la metafrontera.

A. Estimaciones de fronteras estocásticas de producción y pruebas de especificación.

En el Cuadro 5 se presentan los coeficientes estimados para las fronteras estocásticas de producción por grupos de provincias, mientras que la frontera estocástica global utilizando toda la muestra sin discriminar por grupos se encuentra en el cuadro 6.

Las especificaciones alternativas Cobb-Douglas (CD) y translogarítmica (TL) permiten comparar diferentes medidas de ET y elegir la mejor para los datos bajo análisis. Para ello, se realizó un test de ratio de verosimilitud (LR) entre la especificación CD y la TL para cada una de las fronteras estocásticas por

grupo y en general. Este test tiene como hipótesis nula que las restricciones impuestas por la especificación CD son adecuadas (la función CD es una versión restringida de la TL). Sólo para el grupo de productividad media (Santiago del Estero, Misiones y Chaco) no se rechaza la hipótesis nula, aceptando la especificación CD. Esto sugiere que en general, la especificación TL es la mejor forma funcional y por lo tanto es en la que se basará todo el análisis posterior.

En las fronteras por grupo de provincias, los coeficientes de primer orden presentan el signo esperado. Tanto la superficie como las existencias resultan significativas en todas las estimaciones, mientras que el trabajo sólo es significativo en Buenos Aires y La Pampa. Esto refleja la importancia del capital en la actividad agropecuaria en general y también el hecho de que el factor trabajo tiene relativamente poca variabilidad limitando el poder explicativo de la variable.

Respecto de medidas cualitativas de capital tecnológico como la inseminación artificial, se observan diferencias en la significancia estadística entre regiones. Esto, sumado a las diferencias encontradas en la importancia por ejemplo del asesoramiento permanente, sugiere la presencia de cierta heterogeneidad en los niveles tecnológicos.

Respecto del coeficiente asociado a la variable binaria que controla a los establecimientos puros de cría, los coeficientes son negativos y significativos para todas las regiones tal como es esperable. El signo está captando la menor producción total de los establecimientos de cría y además el hecho de que, por lo general, se encuentran en zonas de menor potencial productivo.

La suma de coeficientes estimados para cada uno de los factores productivos aproxima el parámetro de escala de la función de producción. En principio, es esperable que el valor sea cercano a uno ya que en general la evidencia empírica disponible sugiere que los retornos a escala en la actividad agropecuaria, y ganadera en particular, son constantes o levemente decrecientes. A partir de un test de restricciones (Test de Wald), se probó la hipótesis nula de igualdad a la unidad del parámetro de escala, resultando en economías constantes a escala en el grupo de productividad alta, mientras que en los dos grupos de productividad media y baja, los retornos son decrecientes. Esto sugiere que los retornos son constantes o decrecientes en el conjunto de nuestras estimaciones, resultado consistente con los usualmente reportados en la literatura empírica de funciones de producción en el sector agropecuario³.

³ Ver por ejemplo Manchado (1988), Gallacher (1994), Gallacher et al. (1994), Alvarez (1999), Gallacher (1999) y Saldungaray (2000) para estimaciones con datos de explotaciones en la región pampeana.

Cuadro 5. Coeficientes estimados para las fronteras de producción Cobb-Douglas (CD) y translog (TL) por grupos de provincias.

	Buenos Aires y La Pampa				Santiago del Estero, Misiones y Chaco				Corrientes, San Luis y Formosa			
	CD-I		TL-I		CD-II		TL-II		CD-III		TL-III	
Constante	6.085***	(0.194)	0.675***	(0.0664)	5.592***	(0.255)	0.627***	(0.113)	4.428***	(0.515)	-0.273	(0.385)
Superficie	0.222***	(0.0366)	0.207***	(0.0497)	0.206***	(0.0531)	0.226***	(0.0542)	0.257***	(0.0505)	0.173***	(0.0536)
Trabajo	0.113**	(0.0528)	0.110*	(0.0570)	0.0380	(0.0634)	0.0428	(0.0709)	0.0259	(0.0775)	-0.0226	(0.0929)
Existencias	0.615***	(0.0402)	0.670***	(0.0539)	0.630***	(0.0595)	0.594***	(0.0642)	0.605***	(0.0627)	0.722***	(0.0670)
sup2			-0.0189	(0.0236)			-0.108**	(0.0519)			0.207***	(0.0485)
trab2			-0.114**	(0.0463)			0.0143	(0.0681)			-0.0413	(0.0897)
exist2			0.0910***	(0.0334)			-0.0382	(0.0632)			0.179***	(0.0468)
sup_trab			0.124**	(0.0623)			0.169*	(0.0946)			-0.0358	(0.109)
sup_exist			-0.0742	(0.0502)			0.122	(0.0958)			-0.401***	(0.0865)
trab_exist			-0.0962	(0.0711)			-0.133	(0.112)			0.0905	(0.112)
Suplementación	0.145***	(0.0523)	0.139***	(0.0522)	0.145**	(0.0729)	0.137*	(0.0722)	0.317***	(0.0853)	0.283***	(0.0831)
Balanza y eléctrico	0.0490	(0.0524)	0.0325	(0.0525)	0.138	(0.0875)	0.131	(0.0876)	0.0225	(0.0956)	0.0130	(0.0941)
Ases. permanente	0.127**	(0.0511)	0.120**	(0.0511)	0.131	(0.0979)	0.119	(0.0982)	0.00879	(0.111)	0.0274	(0.109)
Inseminación artif.	0.0693	(0.0599)	0.0783	(0.0605)	0.0954	(0.0832)	0.104	(0.0826)	0.237**	(0.103)	0.261***	(0.100)
Cría	-0.271***	(0.0706)	-0.237***	(0.0719)	-0.278***	(0.0743)	-0.279***	(0.0738)	-0.161*	(0.0878)	-0.179**	(0.0877)
Parámetro de Escala ($\beta_1+\beta_2+\beta_3$)	0.95		0.99		0.87		0.86		0.89		0.87	
Test de Wald χ^2 ($\beta_1+\beta_2+\beta_3=1$)	1.34		0.07		5.31**		4.72**		2.81*		2.63	
Economía de escala	Constante		Constante		Decreciente		Decreciente		Decreciente		Constante	
LLF	-657.73		-647.86		-369.30		-365.77		-318.63		-306.75	

Notas: Buenos Aires y La Pampa cuentan con 648 establecimientos; Santiago del Estero, Misiones y Chaco, 363 establecimientos; y Corrientes, San Luis y Formosa, 305 establecimientos. Errores estándar entre paréntesis.

*** Significativo al 1%; ** Significativo al 5%; * Significativo al 10%.

Respecto del modelo que agrupa todas las observaciones de la muestra presentado en la columna TL-General del Cuadro 6, los resultados son consistentes con lo encontrado en las fronteras por grupos de provincias. Asimismo, se probó la misma especificación aunque incluyendo variables dummy provinciales que presentan los signos esperados⁴. La estimación agregada aumenta la participación del factor capital (existencias) y la significación de otras aproximaciones de capital tecnológico como balanza y alambrado eléctrico y la práctica de la inseminación artificial. Adicionalmente, la prueba de economías de escala respalda la hipótesis de retornos decrecientes.

Cuadro 6. Coeficientes estimados para la frontera estocástica general y la metafrontera (MF) para el total de la muestra.

	TL-General		Metafrontera (MF)
Constante	0.566***	(0.0657)	5.589
Superficie	0.0933***	(0.0323)	0.769
Trabajo	0.0217	(0.0419)	0.200
Existencias	0.780***	(0.0382)	0.136
sup2	0.0214	(0.0214)	-0.019
trab2	-0.0859**	(0.0363)	-0.112
exist2	0.126***	(0.0255)	0.091
sup_trab	0.139***	(0.0501)	0.123
sup_exist	-0.169***	(0.0410)	-0.074
trab_exist	-0.0646	(0.0575)	-0.095
Suplementación	0.192***	(0.0416)	0.139
Balanza y eléctrico	0.0820*	(0.0452)	0.033
Ases. Permanente	0.242***	(0.0452)	0.120
Inseminación artificial	0.0202	(0.0477)	0.078
Cría	-0.329***	(0.0476)	-0.237
Parámetro de Escala ($\beta_1+\beta_2+\beta_3$)	0.90		1.105
Test de Wald χ^2 ($\beta_1+\beta_2+\beta_3=1$)	8.08***		
Economía de escala	Decreciente		
LLF	-1441.181		

Notas: 1.316 observaciones. Errores estándar entre paréntesis. *** Significativo al 1%; ** Significativo al 5%; * Significativo al 10%.

En el Cuadro 7 se comparan las estimaciones obtenidas mediante distintas especificaciones por grupo y para el modelo general. Se observa que la forma funcional translogarítmica es la elección en tres de los cuatro casos estudiados. En consecuencia, esta es la forma funcional elegida para la comparación y para la estimación de la metafrontera de producción. Con respecto a los modelos por grupo y su comparación con el modelo de función para datos agrupados, se realizó un test LR en el que la hipótesis nula es que los tres grupos de provincias comparten los mismos coeficientes. El resultado del test rechaza la hipótesis nula de igualdad entre fronteras individuales, lo que implica que la estimación de una frontera estocástica para los datos agrupados no resulta adecuada. Es decir, los coeficientes de las fronteras individuales son diferentes, lo cual refuerza la hipótesis de diferentes tecnologías por grupos de provincias e implica que una aproximación más adecuada para medir las brechas tecnológicas sería el método de metafrontera.

⁴ En Anexo 4 se presenta el resultado de la estimación incluyendo dummies por provincia

Cuadro 7. Resultados de los test de especificación.

Hipótesis Nula: CD y TL anidados (gl=6)	Chi2	p-valor	Decisión	Elección
Frontera general	37.16	0.0000	Rechazo H0	TL-G
Buenos Aires y La Pampa	19.74	0.0031	Rechazo H0	TL-I
Santiago del Estero, Misiones y Chaco	7.06	0.3153	No Rechazo H0	CD-II
Corrientes, San Luis y Formosa	23.76	0.0006	Rechazo H0	TL-III
Modelo general vs. Fronteras individuales (gl=30)	241.6	0.0000	Rechazo H0	Metafrontera

B. Estimación de la Metafrontera de producción (MF), Ratio Metatecnológico (RMT) y Eficiencia Técnica (ET):

Para la estimación de la MF se utilizaron los datos agregados y los coeficientes estimados de las fronteras estocásticas por grupos y se implementó la programación lineal propuesta en la ecuación 6⁵. Los resultados de la estimación de la MF se presentan en la columna Metafrontera (MF) del Cuadro 6. Puede remarcarse que los coeficientes estimados en términos de contribución marginal son similares a los obtenidos en los modelos agregados e individuales.

En el Cuadro 8 se encuentran las estimaciones de RMT y TE para los grupos de provincias seleccionados. En general, un valor de RMT alto (bajo) implica una menor (mayor) brecha tecnológica entre la frontera individual y la MF. Un valor de 100% corresponde a un establecimiento que coincide con la MF. EL RMT promedio del grupo de productividad alta es 99% con un desvío estándar de 0.20% mientras que los otros dos grupos de menor productividad presentan una variabilidad mayor con un RMT promedio del 59.5% y 24.6%, respectivamente. El grupo de Corrientes, San Luis y Formosa alcanza un máximo de 66,8% lo que indica que los establecimientos de esas provincias se encuentran distanciados de la MF.

Respecto de la ET, se estima un promedio de 53% para Buenos Aires y La Pampa. Este resultado se aproxima al antecedente de Alvarez (1999) en el que estimaciones de ET para el oeste de la provincia de Buenos Aires se acercan al 60%. Los establecimientos de estas provincias son los más productivos y, a la vez, las menos eficientes. Por otro lado, mientras que Santiago del Estero, Chaco y Misiones se encuentran alrededor del 60%, en el grupo de provincias de menor productividad, se obtuvo una ET cercana al 100%. Los establecimientos de estos dos grupos de provincias son menos productivos que los de la zona pampeana y, sin embargo, son los más eficientes.

⁵ La implementación de la rutina de programación lineal se realizó utilizando el software SHAZAM 7 por medio de una versión modificada del código sugerido por O'Donnell, Rao y Battese (2008). El código de programación utilizado en este trabajo se presenta en el Anexo 2.

Cuadro 8. Ratio Metatecnológico (RMT) y Eficiencia Técnica (ET) para los modelos de fronteras de producción seleccionados.

	Media	Desvío estándar	Min	Max
Ratio Metatecnológico (RMT)				
Buenos Aires y La Pampa	99.90%	0.20%	97.19%	100.00%
Santiago del Estero, Misiones y Chaco	59.53%	8.21%	32.01%	100.00%
Corrientes, San Luis y Formosa	24.66%	6.70%	14.07%	66.84%
Eficiencia Técnica (ET)				
Buenos Aires y La Pampa				
TL	53.44%	20.40%	3.50%	92.48%
MF*	53.39%	20.38%	3.50%	92.34%
Santiago del Estero, Misiones y Chaco				
TL	58.56%	15.97%	9.56%	86.88%
MF*	34.85%	10.67%	4.65%	71.78%
Corrientes, San Luis y Formosa				
TL	99.23%	0.01%	99.22%	99.25%
MF*	24.47%	6.64%	13.96%	66.33%
Estimación Agregada (pooled)				
MTR	71.33%	31.22%	14.07%	100.00%
TL	65.47%	24.97%	3.50%	99.25%
MF*	41.57%	19.88%	3.50%	92.34%

MF*: Eficiencia Técnica medida con respecto de la metafrontera (MF).

TL: Eficiencia Técnica medida con respecto a la frontera estocástica translogarítmica por grupo.

RMT: Promedio del Ratio Metatecnológico calculado de acuerdo a la ecuación (8).

Las estimaciones de ET a partir de la MF distan de las obtenidas por el método de fronteras estocásticas para los grupos de provincias menos productivas. Este resultado es importante porque señala que existe oportunidad de disminuir la brecha tecnológica pero sólo si se puede desplazar la frontera de producción. Es decir, si la frontera de producción para las empresas de estos grupos de provincias está lejos de la metafrontera se deberían adoptar nuevas tecnologías para alcanzar el nivel potencial. Por supuesto, sería requisito que la tecnología disponible sea aplicable a las condiciones locales para una expansión de la frontera de producción del grupo. Si esto no fuera así, primero debería generarse nueva tecnología lo cual requiere de inversión en investigación y desarrollo para ampliar la frontera tecnológica. Al mismo tiempo sería condición necesaria la existencia de condiciones económicas que hagan rentable la inversión requerida para el desarrollo y la adopción de las nuevas técnicas.

Por otra parte, en provincias con mayor productividad media, tales como Buenos Aires y La Pampa el caso resulta distinto. La eficiencia técnica con respecto a la frontera del grupo es relativamente baja (53%), mientras que la distancia a la MF es muy pequeña. Esto implica que si bien las firmas que operan en estas zonas son las que en promedio se encuentran más cercanas a la metafrontera, la eficiencia es baja y las posibilidades de mejora están asociadas a un mejor *management* de las tecnologías actuales. Es decir

buena parte de la mejora potencial parece estar vinculada con la mejor utilización de las dotaciones factoriales existentes y de la aplicación de la tecnología ya disponible⁶.

C. Productividad marginal de la tierra

A partir de las funciones Cobb-Douglas estimadas en el apartado A, es posible calcular la productividad marginal de la tierra para los niveles promedio de producción de cada región⁷. Se utiliza para el cálculo el coeficiente β_1 que representa la elasticidad factorial de la tierra. En el cuadro 9 se presenta el cálculo de la misma para cada uno de los grupos seleccionados.

Cuadro 9. Valores promedio, coeficientes β_i y PMg estimados con la función de producción Cobb-Douglas y precios de mercado del factor tierra.

	Bs As- La P	Sant del E-Mi-Ch	Co-SL-F
Superficie promedio (ha)	1849	1449	2955
Elasticidad	0.22	0.21	0.26
PMg tierra (kg/ha)	15.10	9.03	6.23
Precio del factor (kg/ha)*	33	20	12

*El costo de arrendamiento se calcula como un tercio del producto medio (kg/ha).

El precio del factor se puede aproximar por el costo de arrendamiento de tierra ganadera, el cual de acuerdo con información de publicaciones especializadas⁸ se estima en un tercio del producto medio (kg/ha) obtenido. Para los datos medios de la muestra, se observa que la productividad marginal se encuentra por debajo del precio de renta del factor tierra, lo que indicaría que debería realizarse un uso más intensivo de este recurso si se supone maximización de beneficios por parte de los productores. En principio, para evaluar si el origen de la diferencia está en la estimación del coeficiente de elasticidad, se realizaron tests de hipótesis para las probar la igualdad entre las elasticidades derivadas del estudio y aquellas necesarias para igualar la productividad marginal con el precio del recurso son significativas. Los resultados se pueden observar en el cuadro 10.

Los valores del estadístico " t " indican que se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto el diferencial entre la productividad marginal calculada y el valor de renta del recurso no se originaría en diferencias en la estimación del coeficiente.

En consecuencia, una hipótesis alternativa razonable es que el recurso tierra está siendo utilizado en niveles mayores al óptimo económico. La productividad marginal es relativamente baja con respecto al costo de oportunidad de la tierra, por lo que resultaría conveniente una reducción del uso de este factor. Al estimar un intervalo de confianza para el coeficiente β_1 , puede obtenerse una medida aproximada de esta reducción potencial. Para los tres grupos considerados, existe una potencial intensificación del uso de la tierra de entre un 28% y 54%. Los resultados hallados para este factor se encuentran en línea a los hallados por Saldungaray y Gallacher (2000).

⁶ En Anexo 3 se presentan mapas con ET y RMT estimada a nivel empresa agrupada por partidos/departamentos en cada una de las provincias.

⁷ $PMg = \beta_1 \cdot (Y/X)$

⁸ Modelo de Producción de El Caldenal – Asociación Agrícola Ganadera de La Pampa. Sección trabajos Institucionales. Marzo 2012. Disponible en <http://www.aaglp.org.ar/novedades/modelo-produccion-caldenal-marzo2012-version-breve.pdf>

Cuadro 10. Test “t” para evaluar diferencias de elasticidades

	Bs As- La P	Sant del E-Mi-Ch	Co-SL-F
β_1	0.222	0.21	0.26
β_1 requerido para que PMg=Precio de renta de la tierra	0.483	0.45	0.50
Estadístico "t"	142.95*	103.88*	88.52*
Reducción estimada uso del factor	39%-54%	29%-53%	28%-48%

*Significativo al 1%.

V. Conclusiones

Este trabajo muestra que la aplicación del concepto de metafrontera de producción puede representar una contribución interesante para analizar la eficiencia y medir brechas tecnológicas en la ganadería vacuna. La principal ventaja es una mejor precisión de las comparaciones de productividad en relación al uso de medidas de productividad parcial (por ej. kg/ha) que no tienen en cuenta el uso de otros factores productivos, ni tampoco la eficiencia relativa con que la tecnología disponible está siendo utilizada.

En el estudio se aplica el enfoque para una amplia base de datos de empresas ganaderas en ocho provincias de Argentina. Nuestros resultados muestran que empresas de la región pampeana con productividad media de 99 kg/ha tienen una eficiencia técnica (ET) promedio del 53%, mientras que en Santiago del Estero, Chaco y Misiones con una productividad media de 59 kg/ha la ET es del 59% y en provincias con menor productividad media como Corrientes, San Luis y Formosa (36 kg/ha) la ET es de 99%.

El Ratio Meta Tecnológico estimado mide la distancia entre las fronteras de producción a nivel regional y la frontera tecnológica global o metafrontera. El valor de (1-RMT) puede ser interpretado como una aproximación a la brecha tecnológica, considerando la eficiencia potencial de la mejor tecnología disponible en relación a la tecnología aplicada en la región. El RMT promedio de la región pampeana es 99%, mientras que en Santiago del Estero, Misiones y Chaco es un 59% y en Corrientes, San Luis y Formosa es de un 25%.

El Gráfico 3 resume y compara los hallazgos en términos de ET y RMT. Estos resultados son relevantes para comprender cuales podrían ser las fuentes de mejoras potenciales en la productividad. En la región pampeana la brecha tecnológica, (1-RMT), es baja (1%) e importantes mejoras de productividad podrían lograrse con aumentos de eficiencia que indican que un incremento potencial del producto de un 47% sería posible con la misma cantidad de factores y la tecnología actual. En otras regiones la eficiencia es superior, pero la brecha tecnológica es importante (41% - 75%). En estos casos las ganancias de productividad deberían originarse en nuevas tecnologías que desplacen la frontera local acercándola a la frontera teórica ya que la ganancia potencial con la tecnología vigente es relativamente menor.

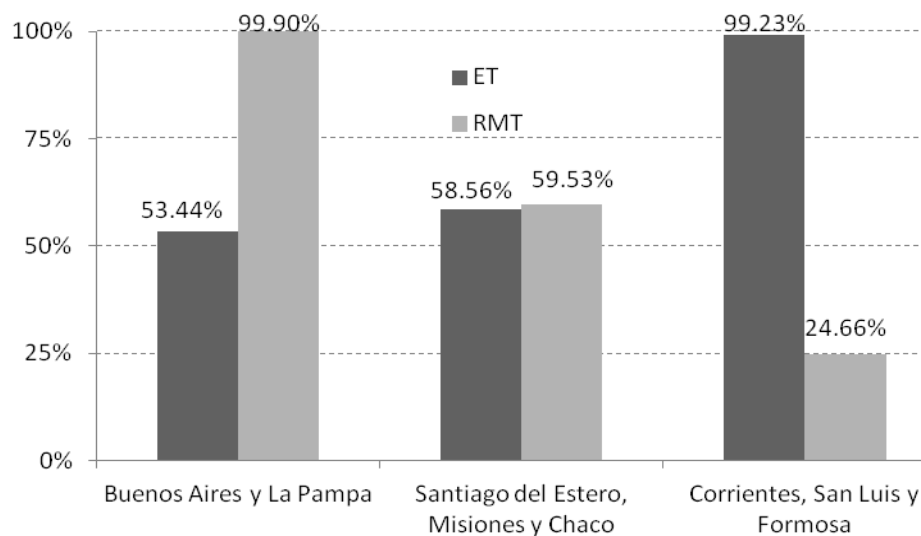
En términos generales, los resultados muestran que los establecimientos de las provincias con mayor productividad media son, en promedio, los menos eficientes y los establecimientos en provincias de menor productividad media son más eficientes relativamente. Es decir las medidas de productividad parcial y eficiencia pueden ir en sentidos contrarios, resultado que coincide con el ya encontrado por Alvarez (1999). Asimismo, la evidencia en términos de productividad marginal de la tierra sugiere que habría potenciales ganancias económicas derivadas de un uso más intensivo del recurso.

Un resultado interesante es que las empresas de la región pampeana, relativamente más ineficientes, podrían mejorar el manejo de la tecnología disponible para alcanzar un mayor producto dada su dotación factorial. Por otra parte, las empresas en la región no pampeana parecen ser más eficientes y necesitan

expandir la frontera de producción (incorporación de nuevas tecnologías). En este caso debe tenerse en cuenta que, si como sugiere Mundlak (2000), las nuevas tecnologías son más intensivas en capital y existen restricciones o limitaciones para su acumulación, esto puede determinar que distintas funciones de producción sean operativas simultáneamente, dado que la adopción de nuevas técnicas ocurre a lo largo del tiempo y requiere inversión y recursos financieros. En este sentido, la heterogeneidad en la producción también puede ser consecuencia de restricciones de capital y de distintas oportunidades para la incorporación de tecnologías e innovaciones.

Cabe destacar la importancia de contar con datos a nivel de firma para comparar productividad y eficiencia entre establecimientos de las principales provincias ganaderas dentro del país. Con estos datos el método utilizado permitió comparar eficiencia técnica entre establecimientos, identificando diferentes fronteras de producción. Las implicancias de política de esta información son diversas. Según O'Donnell, Rao y Battese (2008), la estimación de la brecha tecnológica entre las fronteras individuales y la metafrontera puede ser útil para diseñar políticas y programas públicos que incentiven la innovación, la inversión y el cambio tecnológico. Estos cambios requieren muchas veces condiciones adecuadas en el contexto económico y productivo, inversiones en infraestructura y modificaciones del marco institucional. En consecuencia, la identificación de los factores que afectan las brechas de productividad puede resultar importante en la definición de los instrumentos y objetivos adecuados para los programas públicos.

Gráfico 3. Estimación de Eficiencia Técnica (ET) y Brechas Tecnológicas (1-RMT)



Referencias

- Aigner, D., C. K. Lovell y P. Schmidt (1977), Formulation and estimation of stochastic frontier production function models, *Journal of Econometrics* 6(1): 21–37.
- Alvarez, A, y Del Corral, J. (2010), Identifying different technologies using a latent class model: extensive versus intensive dairy farms, *European Review of Agricultural Economics* 37(2): 231-250.
- Alvarez, R. M. (1999), Análisis de la productividad y la eficiencia en sistemas mixtos pampeanos, Maestría en Economía Agraria, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Battese G. E. y Coelli, T. J. (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., Malik, S. J. y Broca, S. (1993), Production functions for wheat farmers in selected districts of Pakistan: an application of a stochastic frontier production function with time-varying inefficiency effects, *Pak Dev Rev* 32: 233–268.
- Battese, G. E. y Coelli, T. J. (1995), A Model of Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data, *Empirical Economics* 20: 325-332.
- Battese G. E. y D. S. Prasada Rao (2002), Technology gap, efficiency, and a stochastic metafrontier function, *International Journal of Business Economics* 1:87–93.
- Battese G. E., D. S. Prasada Rao y O'Donnell, C. J. (2004), A metafrontier production function for estimation of technical efficiencies and technology gaps for firms operating under different technologies, *Journal of Productivity Analysis* 21:91–103.
- Bravo-Ureta B., Schilder E. (1993), Análisis de la Eficiencia Técnica Mediante Funciones Estocásticas de Fronteras: El Caso de la Cuenca Lechera Central Argentina. Annual Meeting of Argentine Agricultural Economist Society. Cordoba, Argentina, 1993.
- Chen Z, Song S (2008), Efficiency and technology gap in China's agriculture: a regional meta-frontier analysis. *China Economics Review* 19:287–296.
- Coelli, T. J., A. Estache, S. Perelman y L. Trujillo (2003), A Primer on Efficiency Measurement for Utilities and Transport Regulators, The World Bank, Washington DC, Estados Unidos.
- Farell M. J. (1957), The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society. Series A General*, Part III:253-290.
- Gallacher, M. (1994), The management factor in developing-country agriculture: Argentina, *Agricultural Systems*, Volume 47, Issue 1, 1995, Pages 25-38.
- Gallacher M., Goetz, S. J. y Debertin, D. L. (1994), Managerial form, ownership and efficiency: a case of study of Argentina agriculture, *Agricultural Economics* 11:289-299.
- Gallacher, M (1999), Human Capital and Production Efficiency: Argentine Agriculture, CEMA Working Papers: Serie Documentos de Trabajo. 158, Universidad del CEMA.
- Galletto, A (2010), Análisis de la eficiencia técnico-económica y modelos de organización en sistemas de producción de carne del centro-norte de la provincia de Santa Fe, no publicado, Universidad Tecnológica Nacional (UTN) – Facultad regional Rafaela.
- Gastaldi, L. B., Galletto, A. y Lema, D. (2007). Lechería en áreas con restricciones edáficas y climáticas. Eficiencia técnica y potencial productivo. Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. Mendoza, Argentina.
- Hayami Y. (1969), Sources of agricultural productivity gap among selected countries, *American Journal of Agricultural Economics* 51:564–575.

- Hayami Y. y V.W. Ruttan (1970), Agricultural productivity differences among countries, *American Economic Review* 60:895–911
- Hayami Y. y V. W. Ruttan (1971), *Agricultural development: an international perspective*. John Hopkins University Press, Baltimore.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2008), Perfil Tecnológico del Sector Primario. <http://www.inta.gov.ar/ies/info/cuales.htm>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2010), Encuesta ganadera, bovinos para carne RIAN 2009/10. <http://rian.inta.gov.ar/encuestas/>
- Lau L y Yotopoulos P. (1989). The Meta-Production Function Approach to Technological Change in World Agriculture. *Journal of Development Economics* 31:241-269.
- Manchado, Juan Carlos (1988). Economies of size and technical efficiency on farms of the zona mixta cerealera in Argentina. Unpublished MSc Thesis Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Meeusen, W. y van den Broeck, J. (1977), Efficiency estimation from Cobb–Douglas production functions with composed error, *International Economic Review* 18(2): 435–444.
- Moreira V. H. y Bravo-Ureta B. E. (2010), Technical efficiency and metatechnology ratios for dairy farms in three southern cone countries: a stochastic meta-frontier model, *Journal of Productivity Analysis* 33:33-45.
- Mundlak, Y. y Hellinghausen, R. (1982), The Intercountry Agricultural Production Function: Another View. *American Journal of Agricultural Economics*, 64(4): 664-672.
- Mundlak, Y. (2000), *Agriculture and Economic Growth*, Cambridge, MA, Harvard University Press.
- O’Donnell C J., D. S. Prasada Rao y G. E. Battese (2008), Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios, *Empirical Economics* 34:231–255.
- Saldungaray, M. C. (2000), “Adopción de Tecnologías en Empresas Rurales del Partido de Bahía Blanca”, Tesis Magister en Economía Agraria y Administración Rural, Universidad Nacional del Sur.
- Shazam (1993) *The Econometrics Computer Program. User’s Reference Manual Version 7.0*. Kenneth J. White. Mc Graw Hill.

Anexo 1. Código SHAZAM para la estimación de la Meta-Frontera

* Esta secuencia de programación sigue la presentada por O'Donnell et al. (2008) con las modificaciones para el caso específico bajo estudio. Las filas que comienzan con un asterisco (*) indican comentarios y aclaraciones sobre los comandos utilizados o los procesamientos realizados.

par 5000

* SECCIÓN 1: Definición del número de parámetros (el mismo modelo para cada grupo), del número de grupos y del N° de observaciones por grupo.

*Forma funcional: Translog. 3 inputs. 5 dummies.

GEN1 NPARMS=15

GEN1 NGROUPS=3

GEN1 N1=648

GEN1 N2=363

GEN1 N3=305

* SECCIÓN 2: Leer desde PARM1.txt las estimaciones de los parámetros que caracterizan a las fronteras de cada grupo (by column). Dichas estimaciones proceden de STATA / Frontier4.1

SAMPLE 1 NPARMS

READ (D:\META_ANALISIS\PARM1.TXT) PARM /ROWS=NPARMS COLS=NGROUPS

* Se generan 3 vectores B1, B2 y B3 con las estimaciones de los parámetros de c/grupo.

DO#=1,NGROUPS

 DIM B# NPARMS

 COPY PARM B#/FCOLS=#;# TCOLS=1;1

 PRINT B#

ENDO

* SECCIÓN 3: Leer desde BA.txt los datos del grupo 1 para la vble dep (ly) y para las vbles.indep medidas en log de los niveles. Se incluyen 5 dummies (idem para los archivos SE.txt y CO.txt)

* Leer desde EFICIENCIA_BA.txt las eficiencias técnicas del grupo 1 medidas con respecto a su propia frontera. (idem para los archivos EFICIENCIA_SE.txt y EFICIENCIA_CO.txt)

GEN1 J2=N1+1

GEN1 J3=N1+N2+1

GEN1 J4=N1+N2+N3+1

GEN1 K2=N1+N2

GEN1 K3=N1+N2+N3

GEN1 N=N1+N2+N3

SAMPLE 1 N

READ (D:\META_ANALISIS\BA.TXT) LY LX1-LX3 LX11-LX13 LX22 LX23 LX33 D1-D5

SAMPLE J2 K2

READ (D:\META_ANALISIS\SE.TXT) LY LX1-LX3 LX11-LX13 LX22 LX23 LX33 D1-D5

SAMPLE J3 N

READ (D:\META_ANALISIS\CO.TXT) LY LX1-LX3 LX11-LX13 LX22 LX23 LX33 D1-D5

SAMPLE 1 N

READ (D:\META_ANALISIS\EFICIENCIA_BA.TXT) ET_F

SAMPLE J2 K2

READ (D:\META_ANALISIS\EFICIENCIA_SE.TXT) ET_F

SAMPLE J3 N

READ (D:\META_ANALISIS\EFICIENCIA_CO.TXT) ET_F

SAMPLE 1 N

GENR ONE=1

* La matriz X es de dimensión (N x NPARMS)

MATRIX X=ONE|LX1|LX2|LX3|LX11|LX12|LX13|LX22|LX23|LX33|D1|D2|D3|D4|D5

* Se crean tantas matrices como grupos a partir de la matriz X

DIM X1 N1 NPARMS X2 N2 NPARMS X3 N3 NPARMS

```

COPY X X1/FROWS=1;N1 TROWS=1;N1
COPY X X2/FROWS=J2;K2 TROWS=1;N2
COPY X X3/FROWS=J3;N TROWS=1;N3
* Se crean tantos vectores como grupos a partir de la variable ET_F
DIM ET1_F N1 ET2_F N2 ET3_F N3
COPY ET_F ET1_F/FROWS=1;N1 TROWS=1;N1
COPY ET_F ET2_F/FROWS=J2;K2 TROWS=1;N2
COPY ET_F ET3_F/FROWS=J3;N TROWS=1;N3
* Se calcula, para c/grupo, el valor ajustado de la respectiva frontera
DO#=1,NGROUPS
    MATRIX YHAT#=-X#*B#
ENDO
* Se construye el lado derecho de las restricciones para LP. El signo menos que precede garantiza
la condición >=
MATRIX B=-(YHAT1|YHAT2|YHAT3)'
* B es un vector Nx1
* SECCIÓN 4: Estimación por linear programming de los parámetros de la metafrontera
STAT X / MEANS=XBAR
* Se construye el vector de coeficientes de la función objetivo para LP
MATRIX C=(-XBAR|XBAR)'
* C es un vector (2*NPARMS x 1)
* Se construye la matriz de restricciones para LP
MATRIX A=(-X)|X
*A es una matriz Nx(2*NPARMS)
SAMPLE 1 N
?LP C A B /ITER=5000 PRIMAL=BSTAR
* MAX C' s.t. A ? <= B ==> solución para ?: vector (2*NPARMS x 1) saved in BSTAR
DIM BETA1 NPARMS BETA2 NPARMS
GEN1 P1=NPARMS+1
GEN1 P2=NPARMS*2
* vector BETA1 (NPARMS x1): 1ra mitad del vector solución
COPY BSTAR BETA1/FROWS=1;NPARMS TROWS=1;NPARMS
* vector BETA2 (NPARMS x1): 2da mitad del vector solución
COPY BSTAR BETA2/FROWS=P1;P2 TROWS=1;NPARMS
PRINT BETA1-BETA2
* vector BETA (NPARMS x1): estimación de los parámetros de la metafrontera
MATRIX BETA=BETA1-BETA2
PRINT BETA
* SECCIÓN 5: Cálculo de los Metatechnology Ratios (MTR's) para cada grupo
DO#=1,NGROUPS
    * Valor de metafrontera (en logs) para c/grupo
    MATRIX XBETA#=-X#*BETA
    * Ratio entre niveles (Kgs año) de frontera vs metafrontera para c/grupo
    MATRIX MTR#=EXP(YHAT#)/EXP(XBETA#)
    * Estadísticos descriptivos de los MTR's para cada grupo
    STAT MTR#
ENDO
* SECCIÓN 6: Eficiencia técnica respecto a la MF
* Valor de metafrontera (en logs) para todos los grupos (full sample)
MATRIX XBETA=X*BETA
* Valor de frontera (en logs) para todos los grupos (full sample)

```

```

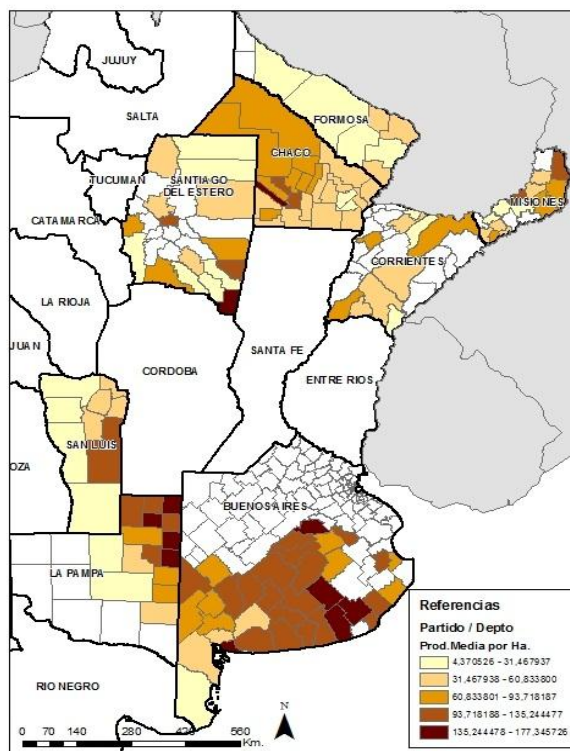
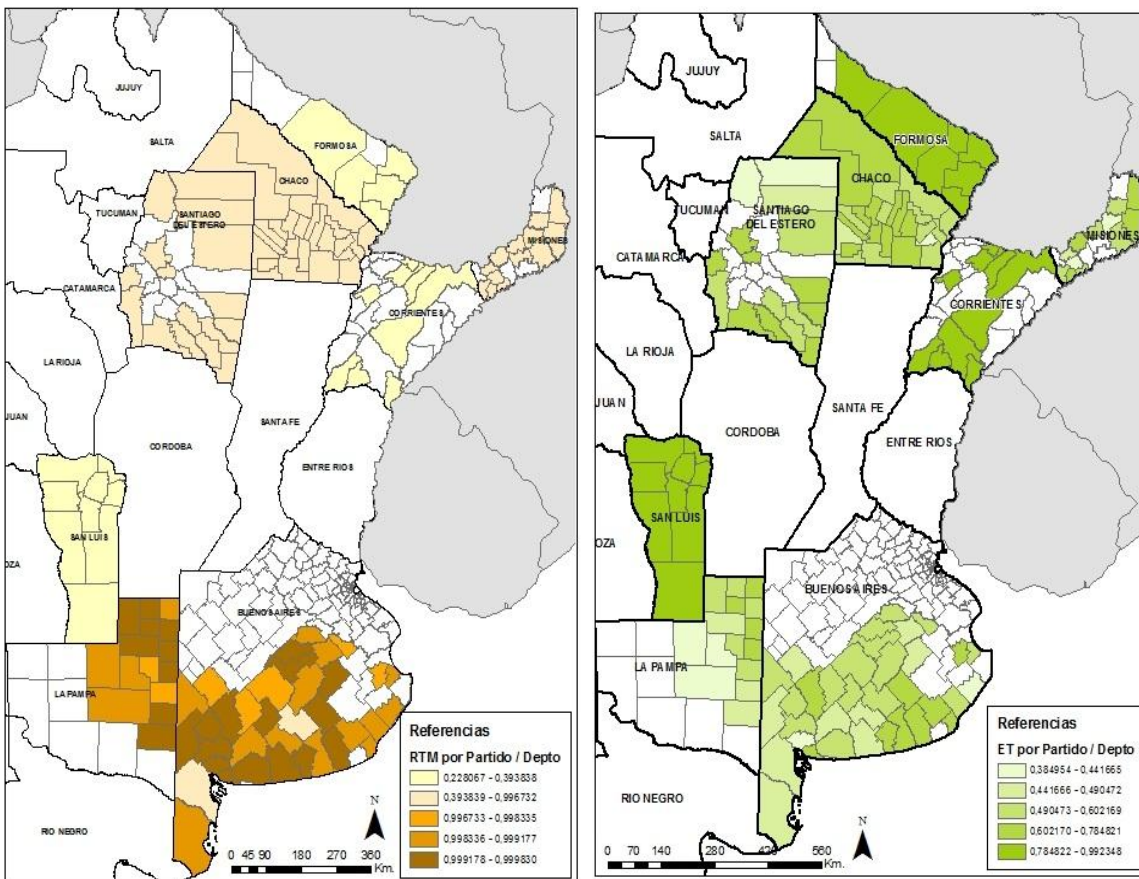
MATRIX YHAT=-B
* Ratio entre niveles (Kgs año) de frontera vs metafrontera para todos los grupos (full sample)
MATRIX MTR=EXP(YHAT)/EXP(XBETA)
*Eficiencia técnica respecto a la MF (ET_MF) para todos los grupos (full sample): producto entre
*(EFICIENCIA TECNICA RESPECTO A LA F) y (METATECHNOLOGY RATIO)
GENR ET_MF=ET_F*MTR
* Estadísticos descriptivos de la eficiencia técnica respecto a la MF y a la F p/todos los grupos
STAT ET_MF ET_F MTR
* Análisis por grupo:
DIM ET_MF_BA N1 ET_MF_SE N2 ET_MF_CO N3
COPY ET_MF ET_MF_BA/FROWS=1;N1 TROWS=1;N1
COPY ET_MF ET_MF_SE/FROWS=J2;K2 TROWS=1;N2
COPY ET_MF ET_MF_CO/FROWS=J3;N TROWS=1;N3
* Estadísticos descriptivos de la eficiencia técnica respecto a la MF y a la F para c/grupo
STAT ET_MF_BA ET1_F MTR1
STAT ET_MF_SE ET2_F MTR2
STAT ET_MF_CO ET3_F MTR3
STOP

```

Anexo 2. Indicadores promedio de la base de datos de la RIAN

Categorías	Peso Promedio (en kg.)	Distribución de existencias		
		Bs As- La P	Sant del E-Mi-Ch	Co-SL-F
Terneros	289	21%	20%	22%
Vaquillonas	339	17%	19%	19%
Novillitos	365	8%	8%	6%
Vacas	422	44%	43%	45%
Novillos	483	7%	7%	5%
Toros	592	3%	3%	3%
Peso promedio ponderado	453	385	385	382
Ventas/Existencias		44%	31%	31%

Anexo 3. Mapas de eficiencia técnica, ratio metatecnológico y productividad media



Anexo 4. Coeficientes estimados para la frontera estocástica general controlando por provincia

	CD-G		TL-G	
Constante	5.971***	(0.139)	5.737***	(0.585)
Superficie	0.198***	(0.0262)	0.628***	(0.162)
Trabajo	0.0737**	(0.0359)	-0.0472	(0.220)
Existencias	0.639***	(0.0303)	0.260	(0.187)
sup2			0.00763	(0.0202)
trab2			-0.0452	(0.0352)
exist2			0.102***	(0.0236)
sup_trab			0.0961**	(0.0462)
sup_exist			-0.111***	(0.0382)
trab_exist			-0.0682	(0.0535)
Suplementación	0.146***	(0.0390)	0.142***	(0.0385)
Balanza y eléctrico	0.0800*	(0.0417)	0.0730*	(0.0417)
Ases. permanente	0.0973**	(0.0434)	0.0971**	(0.0429)
Inseminación artif.	0.113**	(0.0448)	0.119***	(0.0445)
Cría	-0.249***	(0.0450)	-0.236***	(0.0449)
San Luis	-0.352***	(0.0858)	-0.319***	(0.0859)
Chaco	-0.414***	(0.0518)	-0.395***	(0.0516)
Corrientes	-0.540***	(0.0779)	-0.544***	(0.0773)
Formosa	-0.939***	(0.0641)	-0.911***	(0.0637)
Misiones	-0.717***	(0.107)	-0.672***	(0.108)
Sant. Del Estero	-0.283***	(0.0866)	-0.265***	(0.0857)
Parámetro de Escala				
$(\beta_1+\beta_2+\beta_3)$	0.91		0.84	
Test de Wald $\chi^2(3)$				
$(\beta_1+\beta_2+\beta_3=1)$	8.67***		6.89***	
Economía de escala	Decreciente		Decreciente	
LLF	-1349.89		-1330.51	