

Asociación Argentina de Economía Agraria

Eficiencia técnica en predios ganaderos participantes del programa de monitoreo del Instituto Plan Agropecuario

Noviembre/2015

Trabajo de investigación

Federico García Suárez^a
fgarcia@fagro.edu.uy

Carlos Molina^{a,b}
cmolina@planagropecuario.org.uy

Eficiencia técnica en predios ganaderos participantes del programa de monitoreo del Instituto Plan Agropecuario

Resumen

A partir de la información productiva de predios ganaderos, registrada por el Instituto Plan Agropecuario, se plantea determinar la frontera de producción de predios ganaderos y a partir de los indicadores de eficiencia determinar cuales son los factores determinantes que explican la misma. La función de producción se define como la relación que expresa la máxima producción de uno o varios bienes a partir de los factores disponibles. La eficiencia técnica es definida como la capacidad de la firma para usar la menor cantidad de insumos posible para alcanzar un determinado nivel de producto (Farrell 1957). La metodología análisis envolvente de datos (DEA, data envelopment analysis) permite estimar cuales son las unidades de producción que se encuentran en la frontera y como se comportan aquellas que no lo están. La base de datos recoge información de 96 productores, 29 de los cuales cuentan con 3 años de información, 30 con dos años y 37 para los que solo hay un registro disponible. El total de observaciones es por lo tanto de 184 registros independiente de año o productor. Hay predios de tipo criador (95 observaciones) y de ciclo completo (realizan cría, recría e invernada dentro de la misma unidad productiva, 89 observaciones). Tomando a un predio como la Unidad Tomadora de Decisión (UTD) se busca identificar cuales son los predios que definen la frontera de producción utilizando DEA y cual es la eficiencia técnica y de escala de los mismos. La existencia dos sistemas de producción diferentes, criador y ciclo completo, permite hacer un análisis de meta-frontera para determinar niveles de eficiencia a la interna de cada sistema. La repetición de predios a lo largo de tres ejercicios permite analizar la evolución de la productividad a través del indicador de productividad total de los factores (PTF) usando un índice de Malmquist. Los resultados indican que hay 13 predios definiendo la frontera (eficientes) cuando consideramos rendimientos constantes a escala, en tanto cuando los rendimientos variables a escala el número de eficientes aumenta a 29. Los resultados de la meta-frontera y meta-ratios indican que son los predios de ciclo completo los que definen la frontera de producción en la ganadería. La evolución de la PTF muestra un incremento promedio de 1,7% entre 2011/12 y 2012/13 y de 7,5% entre 2012/13 y 2013/14.

Palabras clave: ganadería, eficiencia técnica, meta-frontera, productividad total de los factores.

Participants technical efficiency in beef-cattle farms of the monitoring program of the Instituto Plan Agropecuario

Summary

Starting from production information of beef-cattle farms collected by Instituto Plan Agropecuario we propose a production frontier estimation and efficiency measures, and based on efficiency measures explain the main factors that drives efficiency. A production function is defined as the relation that results in the highest production given the inputs available. Technical efficiency is defined as the ability of the firm to use the minimum quantity inputs to achieve a certain level of production (Farrell, 1957). Data envelopment analysis allows identifying which are the decision making-units (DMU) that define the production frontier and how they behave. The database collects information of 96 beef-cattle farms, 29 of which has three years of information, 30 has two years of data, and 37 for which there is only one year of information. The total number of observations is therefore 184 independent of year or farmer. There are breeding farms (95 observations), and breed-feeding farms (those that breed and feed the animals to sell the cattle to packers directly; 89 observations). Taking the farm as the DMU we identify which are the ones that defines the frontier using DEA and which are the scores for technical, and scale efficiency. Having two different production systems, breeders and breed-feeding systems, allows performing a meta-frontier analysis to define efficiency of each system. The repeated occurrence of farm data over time allows for a Total Factor Productivity (TFP) analysis using a Malmquist index. Result shows that there are 13 DMU defining the frontier (efficient) when we consider constant returns to scale. When variable returns to scale are considered the number of efficient farms increases to 29. Meta-frontier results and meta-ratios indicate that the breed-feeding systems are the ones defining the frontier of beef-cattle production. TFP evolution shows an average increase of 1.7% between 2011/12 and 2012/13, and 7.5% between 2012/13 and 2013/14.

Key words: beef cattle; technical efficiency; meta-frontier; total factor productivity.

Introducción

El Instituto Plan Agropecuario (IPA) ha desarrollado un plan de seguimiento de la actividad productiva y económica de un conjunto de predios ganaderos a lo largo del tiempo, a través del uso de una herramienta de registración denominada Carpeta Verde. La información provista por productores a los profesionales del IPA es sistematizada, analizada y presentada cada año como un aporte a la discusión sobre evaluación y desempeño del sector ganadero en el Uruguay. En esta instancia nos proponemos avanzar en el análisis de la información contenida en las Carpetas Verdes para los ejercicios 2011/12 al 2013/14, realizando un análisis de eficiencia técnica de la producción. Para ello se utilizará la metodología de análisis envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés).

La producción ganadera en Uruguay ha aumentado la producción por hectárea, pasando de 75 Kg Ha⁻¹ a 99 Kg Ha⁻¹ en carne equivalente¹ entre 2001 y 2012, sin embargo no hay trabajos que indiquen como ha sido la evolución de la eficiencia de los predios comparando entre ellos. La metodología DEA, permite estimar cuales son las unidades de producción que se encuentran en la frontera y como comparar con aquellas que no lo están. La metodología DEA es un enfoque no paramétrico que utiliza programación lineal para determinar eficiencia entre Unidades Tomadoras de Decisión (UTD). La ventaja que presenta respecto a métodos estocásticos es que se puede utilizar aún cuando el número de observaciones es pequeño. La mayor limitante es que al ser un método determinístico no permite hacer inferencia a partir de los resultados obtenidos.

La base de datos contiene predios criadores y de ciclo completo para los cuales se pueden estimar fronteras distintas y como resultados indicadores de eficiencia diferentes. A partir de ellos se puede comparar la eficiencia de cada sistema de producción respecto de la frontera conjunta o meta-frontera. La meta-frontera es conceptualmente la frontera de posibilidades de producción si el conjunto de tecnologías no está restringido y se consideran todas UTD en su conjunto (O'Donnell et al., 2008).

A nivel de Uruguay el antecedente que existe en el uso de esta metodología para ganadería es el trabajo de Lanfranco y Buffa (2011). Dicho trabajo se centra en la eficiencia de predios considerando el uso de algunos insumos utilizando los costos asociados. El análisis propuesto en nuestro trabajo se centra en el análisis de los predios considerando variables de manejo técnico.

El objetivo del artículo es determinar la frontera de producción de predios ganaderos y a partir de los indicadores de eficiencia determinar cuales son los factores determinantes que explican la misma. Además se propone descomponer el efecto año y analizar los resultados por sistema de producción. El trabajo continúa con una explicación de la metodología utilizada, la descripción de la base de datos, una sección resultados y por último comentarios finales.

¹ La carne equivalente es definida como la suma de la producción de carne vacuna, ovina y lana convertida por un factor de conversión de acuerdo a la energía necesaria para producir lana en relación a la carne.

Metodología

En general, la comparación entre predios se realiza llevando los valores de producción a la misma escala, por ejemplo, por hectárea. Así podemos comparar los Kg de carne producidos o los Kg de fertilizantes aplicados por hectárea para comparar el desempeño de una empresa. Sin embargo esta comparación resulta parcial en tanto consideramos únicamente un factor o un insumo a la vez. Una alternativa es definir la frontera de posibilidades de producción (FPP) como la máxima producción posible, dados los recursos con los que se cuenta y a partir de ella calcular la distancia a la que se encuentra cada unidad productiva. Dicha distancia, medida como un ratio con valores entre 0 y 1 indica el grado de eficiencia, siendo 1 el valor correspondiente a una unidad eficiente.

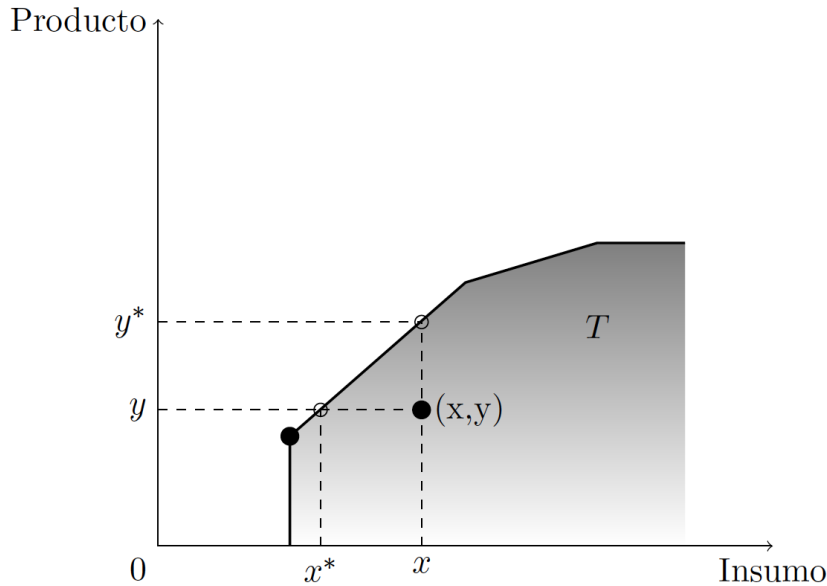
La FPP se define a través de la metodología análisis envolvente de datos (DEA por sus siglas en inglés) que consiste en determinar cuales son las Unidades Tomadoras de Decisión (UTD) que definen la frontera en forma lineal no paramétrica (Coelli et al., 2005). A partir de la construcción de la frontera podemos comparar las UTD respecto de la distancia que las separa de la frontera y encontrar así, ineficiencias en el sistema productivo elegido. Es, por lo tanto, un método que permite comparar a las empresas y su manejo con empresas similares.

La eficiencia técnica (ET), se define como la capacidad de la firma para usar la menor cantidad de insumos posible para alcanzar un determinado nivel de producto (Farrell, 1957). Es una medida que nos permite comparar la productividad observada con la óptima (Lovell, 1993). Si bien la tierra es el principal insumo en la producción ganadera, no es el único y muchas veces los resultados obtenidos se distinguen entre empresas por otras variables de manejo que definen o caracterizan las habilidades del productor. No significa esto que una empresa que es ineficiente en comparación con la FPP sea una mala empresa. Simplemente se trata de una empresa que para las variables seleccionadas no logra el mismo nivel de productividad que otras. Es posible por lo tanto afirmar que existe espacio para la mejora en los niveles de productividad alcanzados.

Gráficamente en la Figura 1 se muestra un conjunto de posibilidades de producción T (el área gris) definido por una frontera de producción, similar a la que buscamos calcular en este trabajo. Si un predio produce en el punto definido como (x,y) se aprecia que puede mejorar su eficiencia por dos caminos diferentes. Uno aumentando el nivel de producto y a y^* manteniendo el nivel de insumos x constante. En otras palabras, hay otros predios que para ese nivel de insumos x logran un nivel de producto y^* potencialmente alcanzable por parte del productor definido en (x,y) . Otra alternativa es reducir el uso del insumo x a x^* manteniendo el nivel de producto y .

La distancia entre (x,y) y (x^*,y) medida como relación x^*/x nos indica cuanto podría una UTD reducir de insumos manteniendo el nivel de producto. Por otro lado, la relación y^*/y indica cuanto podría ser incrementado el nivel de producto dado el nivel de insumos utilizados. En el caso de una UTD eficiente las relaciones son igual a 1 en ambos casos.

Figura 1 – Representación gráfica de la frontera de producción para un insumo y un producto. Adaptado de Bogetoft y Otto (2011).



Para la definición de la frontera hay un aspecto que cobra importancia y es la definición de los retornos a escala. Si todas las firmas operan a escala de producción óptima, el uso de retornos constantes a escala (RCE) es adecuado. Sin embargo, la existencia de situaciones que signifiquen operar en condiciones sub-óptimas justifica el uso de retornos variables a escala (RVE). Ignorar condiciones que apartan a la UTD de la escala de producción óptima lleva a confusión respecto de las eficiencias de escala. Si una firma tiene diferencias en la ET según sea medida bajo el supuesto de RCE o RVE, presenta ineficiencias de escala (Coelli *et al.*, 2005). Comparando la eficiencia técnica con retornos constante a escala con la ET con RVE, nos permite identificar la eficiencia técnica “pura” y la eficiencia de escala (ES).

Determinación de la eficiencia

La eficiencia técnica, siguiendo a Coelli *et al.* (2005), se determina a través del siguiente problema de minimización utilizando programación lineal:

$$ET_n = \min_{\theta_n, \lambda_i} \theta_n \tag{1}$$

sujeto a

$$-q_n + \sum_{i=1}^I \lambda_i q_i \geq 0$$

$$\theta_n x_{nj} - \sum_{i=1}^I \lambda_i x_{ij} \geq 0$$

$$\sum_{i=1}^I \lambda_i = 1$$

$$\lambda_i \geq 0$$

donde ET_n representa la eficiencia técnica para la chacra n , $i=1, \dots, I$ es el número de chacras, $j=1, \dots, J$ es el número de insumos, q_i es la producción obtenida en la chacra i , q_n es la producción obtenida en la chacra n , x_{ij} es la cantidad de insumo j aplicado en la chacra i , x_{nj} es la cantidad de insumo j aplicado en la chacra n , λ_i son ponderadores por chacra y θ_n es un escalar menor a uno que define la eficiencia técnica en la chacra n .

La restricción $\sum_{i=1}^I \lambda_i = 1$ asegura que la eficiencia técnica es estimada bajo el supuesto de rendimientos variables a escala (Coelli *et al.*, 1995), si se omite en la estimación el supuesto es de rendimientos constantes a escala. La estimación es orientada desde los factores de producción, es decir que la eficiencia técnica indica la reducción radial que se puede hacer de insumos sin que ello afecte el nivel de producto (Farrell, 1957).

La eficiencia de escala se estima como el cociente entre ET_{RCE} y ET_{RVE} . La formula para cada UTD es

$$ES = \frac{ET_{CRS}}{ET_{VRS}}$$

Un aspecto a considerar respecto de la ineficiencia de escala es la naturaleza de ésta. Es decir, la ineficiencia de escala surge por rendimientos decrecientes a escala o por rendimientos crecientes a escala. La programación lineal presentada en (1) puede ser modificada para estimar la eficiencia técnica con rendimientos no crecientes a escala (RNCE) cambiando la restricción $\sum_{i=1}^I \lambda_i = 1$ por $\sum_{i=1}^I \lambda_i \leq 1$. Los scores de ET_{RNCE} se comparan con los scores de ET_{RVE} . Si estos scores son iguales estamos en presencia de rendimientos decrecientes, si son diferentes los rendimientos son crecientes a escala (Coelli *et al.*, 1995).

Meta frontera

La meta-frontera de posibilidades de producción refleja la relación entre insumos y productos subyacente a todas las firmas (Hayami y Ruttan, 1970). Puede ser pensada como la frontera que envuelve las fronteras de grupos con diferentes características. O'Donnell *et al.* (2008) define la meta-frontera como la frontera de posibilidades de producción si el conjunto de tecnologías no está restringido y se consideran todas UTD en su conjunto.

En la producción ganadera uruguaya se identifican tres sistemas de producción característicos, la cría, ciclo completo e invernada. Los datos disponibles tienen registro de empresas con carácter criador y de ciclo completo, la diferencia es que el producto de venta principal son terneros y en el segundo caso el producto principal es la venta de novillos para faena. Sin embargo, el uso de factores de producción es similar en ambos casos, ya que la base de alimentación es pastoril y lo que cambia es el momento de venta de los animales. Es por ello que se puede asumir una frontera común o meta-frontera y luego estimar una frontera para cada sistema j . De la comparación de la eficiencia respecto de la frontera del sistema con la eficiencia obtenida en la estimación de la meta-frontera se estiman los meta-ratios (MR). Los MR indican cual es el porcentaje máximo que se puede obtener en una firma del sistema j respecto del potencial de producto definido por la meta-frontera (O'Donnell, *et al.* 2008).

Productividad total de los factores

La productividad total de los factores (PTF) es la relación entre el producto o productos utilizados y la suma o agregación de insumos. La variación de la productividad o progreso tecnológico se puede medir como la derivada de la función de producción respecto del tiempo. Cuando no tenemos una función explícita sino una serie valores puntuales la alternativa es recurrir a números índice que muestran como evoluciona la productividad entre dos períodos de tiempo. La forma elegida para medir la PTF siguiendo a Färe et al. (1992), es a través de la media geométrica del índice de Malmquist con orientación a los insumos formulado originalmente por Caves et al. (1982), de acuerdo a

$$M_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) = \left[\frac{D_i^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^t(y^t, x^t)} \frac{D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^{t+1}(y^t, x^t)} \right]^{1/2} \quad (2)$$

La función de distancia $D_i^t(y^t, x^t)$ mide la máxima contracción posible del insumo x^t manteniendo y^t factible, es decir que el producto y se encuentra dentro del conjunto de posibilidades de producción. Las funciones de distancia $D_i^t(y^{t+1}, x^{t+1})$ y $D_i^{t+1}(y^t, x^t)$ no necesariamente son factibles, puede ocurrir que con la combinación de insumos del periodo t bajo el conjunto de posibilidades de producción de $t+1$ no sea posible producir y viceversa.

Färe et al. 1992 modificaron el índice de Malmquist presentado en (2) descomponiéndolo en dos partes,

$$M_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) = \frac{D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^t(y^t, x^t)} \left[\frac{D_i^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \frac{D_i^t(y^t, x^t)}{D_i^{t+1}(y^t, x^t)} \right]^{1/2} \quad (3)$$

donde el término fuera del paréntesis mide la ineficiencia técnica y el término dentro del paréntesis indica como se desplaza la frontera entre t y $t+1$. Por lo tanto el índice de Malmquist de (2) nos indica como evoluciona la productividad como resultado del cambio en la eficiencia de uso de los insumos y por el desplazamiento de la frontera de un año a otro. Un valor de M_i^{t+1} mayor a 1 indica que hay progreso tecnológico, en tanto un valor menor a 1 indica que la UTD ha retrocedido tecnológicamente de un año a otro.

Base de datos y elección de variables

La determinación de la frontera se realizó a partir de la información suministrada por 96 productores ganaderos al Plan Agropecuario a través de la herramienta de registración denominada Carpeta Verde. Del total de 96 productores, hay 29 que cuentan con 3 años de información, 30 con dos años y 37 para los que solo hay un registro disponible. La distribución de observaciones por sistema y ejercicio se presenta en el cuadro 1. Hay tres predios que durante el período cambiaron su sistema de producción, uno de cría a ciclo-completo (CC) y los otros dos de CC a cría. En estos predios hay quienes tienen sistema mixto de producción con vacunos y lanares, pero también hay predios que únicamente poseen vacunos. Para poder comparar el producto y definir la frontera de producción se utilizó la carne equivalente por hectárea (CEq/Ha) como indicador de producción.

Cuadro 1 – Distribución por sistemas y ejercicios.

	2011-2012	2012-2013	2013-2014	Total
Ciclo Completo	35	21	33	89
Cría	26	32	37	95
Total	61	53	70	184

Los factores determinantes para definir la frontera y calcular las eficiencias de cada UTD fueron, mejoramientos forrajeros totales como porcentaje del área total de pastoreo ganadero, unidades ganaderas totales (UGT) por hectárea, la relación lanar/vacuno del predio y la mano de obra ocupada. En el caso de la mano de obra ajustó el número de equivalentes hombre por cada 1000 hectáreas explotadas. En el cuadro 2 se presentan las estadísticas descriptivas por ejercicio para las variables utilizadas en el análisis y la superficie total de los predios analizados.

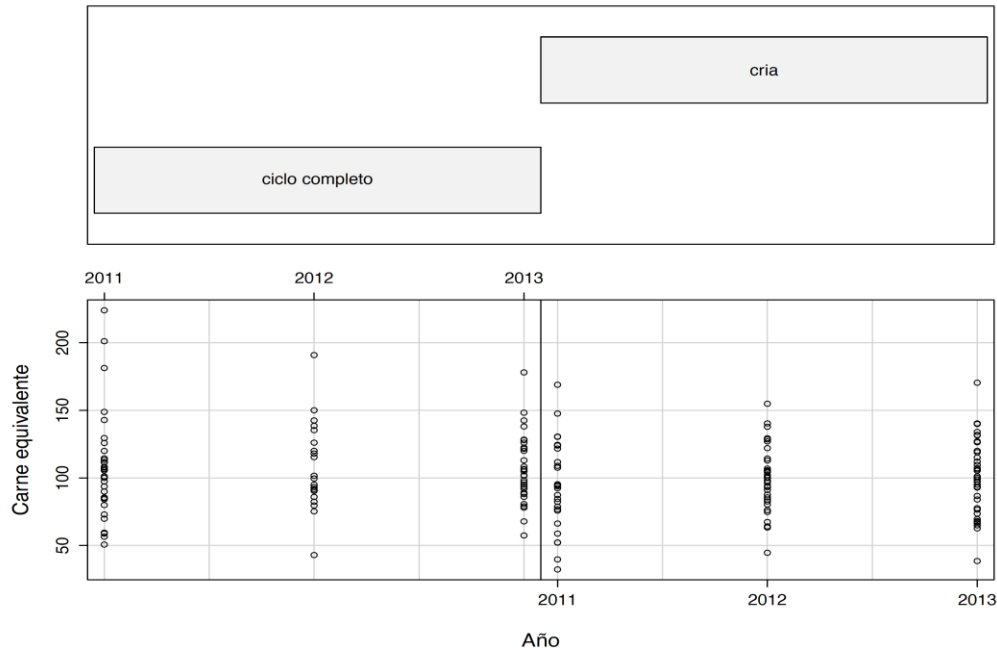
Cuadro 2 – Estadísticas descriptivas de los 96 predios analizados.

Valores	CEq (Kg/Ha)	SPT (Ha)	Mejoram. forrajeros (% SPG)	UGT	Rel. L/V	M de O (EH/1000 Ha)
Ejercicio 2011-2012						
N° predios	61	61	61	61	61	61
Min	32.3	105	0	0.46	0	0.66
Max	224.0	10349	98.5	1.39	11.61	12.35
Media	101.4	1135	19.4	0.81	1.64	3.83
Des. Std.	36.3	1661	22.4	0.17	2.31	2.25
Ejercicio 2012-2013						
N° predios	53	53	53	53	53	53
Min	42.9	79	0	0.56	0.00	1.03
Max	190.8	10492	82.2	1.14	10.05	12.66
Media	102.6	1150	13.9	0.81	1.77	4.34
Des. Std.	27.9	1785	19.1	0.14	2.07	2.74
Ejercicio 2013-2014						
N° predios	70	70	70	70	70	70
Min	38.5	79	0	0.56	0.00	1.20
Max	178.0	10497	99.2	1.31	10.05	28.81
Media	103.6	1066	16.3	0.84	1.60	4.71
Des. Std.	26.4	1372	17.8	0.15	1.95	4.31

La variación entre ejercicios de cada una de las variables es relativamente estable, indicando que en promedio los predios representados en la base de datos no sufren grandes variaciones. Si bien hay variación en los extremos para algunas variables, por ejemplo la producción de carne equivalente mínima y máxima no cambia mayormente

entre ejercicios. En la figura 2 se aprecia que la distribución de la producción de carne equivalente por tipo de sistema y ejercicio se mantiene relativamente constante. Lo mismo ocurre para el resto de las variables.

Figura 2 – Producción de Carne Equivalente por tipo de sistema y ejercicio.



La elección de las variables a incluir como determinantes de la producción de carne equivalente procura abarcar los factores principales asociados a la producción. La función de producción clásica considera como factores productivos a la tierra, el capital y la mano de obra. En el caso de la tierra, el factor es considerado al incluir todas las variables en función de la superficie. Esta forma de incorporación de la tierra lleva implícito el supuesto de retornos constantes a escala para el factor. La mano de obra se normalizó en equivalente hombre cada 1000 hectáreas considerando la heterogeneidad de los predios. El uso de capital es habitualmente complejo y se suele considerar el uso de insumos de la producción. En el caso de la ganadería el insumo principal de la producción es el forraje, de difícil cuantificación. La elección del porcentaje del área con mejoramientos refleja en buena medida el esfuerzo de los productores por incrementar la producción. La relación lanar/vacuno busca considerar la heterogeneidad de los sistemas bajo análisis.

Si bien se pueden incluir otras variables que determinan la producción de carne equivalente, al aumentar el número de variables y debido a la metodología elegida (programación lineal) el número de UTD que definen la frontera y por lo tanto surgen como eficientes se incrementa. Esto complejiza el análisis por mayor número de variables y genera una falsa sensación de que hay pocos predios que puedan mejorar sus resultados.

Resultados y discusión

Resultados de Eficiencia Técnica y de Escala para la meta frontera

En esta etapa se utiliza la base de datos completa con sus 184 UTDs. Se asume que las observaciones de un mismo predio en años distintos son diferentes entre si y por lo tanto pueden arrojar resultados de eficiencia diferentes. La estimación de eficiencia técnica considerando retornos constantes a escala, muestra 13 UTD que definen la frontera, es decir que son eficientes. Cuando la estimación se realiza considerando retornos variables a escala el número de empresas eficientes aumenta a 29. Esto significa que hay 16 empresas que no son técnicamente ineficientes sino que están produciendo a una escala sub-óptima.

En el cuadro 3 se presenta un resumen de estadísticas para las diferentes mediciones de eficiencia técnica y de escala. El promedio de eficiencia técnica es mayor para el caso de la estimación con retornos variables a escala. La UTD menos eficiente considerando retornos variables a escala presenta un menor nivel de ineficiencia que la UTD menos eficiente con retornos constantes (0,41 vs. 0,31). La interpretación es que la UTD menos eficiente en el caso ET_{RVE} podría reducir 59% el uso de los factores considerados manteniendo el nivel de producción. En el caso de la UTD con menor nivel de eficiencia en el caso ET_{RCE} la reducción podría ser de 69%.

Cuadro 3 – Estadísticas descriptivas de los resultados de eficiencia.

	Min	Mediana	Promedio	Max	Nº Eficientes
ET_{RCE}	0,31	0,63	0,66	1	13
ET_{RVE}	0,41	0,84	0,82	1	29
ES	0,34	0,83	0,81	1	13

En el cuadro 4 se presentan las características de las UTD por rango de eficiencia técnica. Los 29 predios eficientes son los que logran mayor producto por hectárea y a su vez, presentan un promedio del área de mejoramientos, la dotación (UGT), la relación lanar/vacuno y la mano de obra utilizada que es menor o igual al promedio general de las 184 UTD.

Cuadro 4 – Superficie de pastoreo y variables consideradas en la estimación de ET con RVE por rango de eficiencia.²

Rango de eficiencias	Predios por rango	CEq (Kg/Ha)	SPT	UGT	Rel. L/V	Mej. Tot. (%)	Tot. MO
1	29	122	730	0.79	1.15	15.32	4.3
0.90 - 0.99	29	99	1088	0.70	1.39	18.69	4.0
0.80 - 0.89	50	95	1961	0.76	1.84	10.77	3.5
0.70 - 0.79	36	99	734	0.84	1.68	22.03	5.1
< 0.70	40	104	690	1.00	2.00	18.59	4.8
Total	184	103	1113	0.82	1.66	16.64	4.3

En un segundo rango de eficiencia (0,90 - 0,99) se encuentra un grupo de predios con menor producción por hectárea que el promedio, con la menor dotación total por rango de eficiencia, pero con mejoramientos por arriba del promedio total. En el tercer rango de eficiencia vemos que la producción de carne es similar al segundo grupo pero en predios más grandes, con menor dotación que el grupo de UTD eficientes, mayor cantidad relativa de lanares y un menor uso de mano de obra.

El cuarto grupo de eficiencia, aquellas UTD que podrían reducir el uso de las 4 factores considerados entre un 21 y 30% manteniendo la producción constante, tiene un nivel de producción de carne por debajo del promedio total. Son el grupo que hace mayor porcentaje del área de mejoramientos y mayor uso de mano de obra. El grupo de menor eficiencia ($ET_{RVE} < 0.70$) tiene una producción de carne equivalente levemente mayor al promedio, son los predios mas pequeños, con mayor dotación y con mayor relación lanar-vacuno.

Para ilustrar la frontera de producción estimada se presentan dos figuras que muestran la frontera entre uno de los factores de producción considerados y la producción de carne equivalente. En la figura 3 se presenta la frontera definida por la mano de obra (en equivalente hombre por cada 1000 hectáreas) y la producción de CEq/Ha. Cada círculo representa una UTD, siendo aquellos que se encuentran sobre las rectas del gráfico los que definen la frontera. En la figura 4 se aprecia la frontera de posibilidades de producción definida por la carga animal utilizada y la producción de carne equivalente.

² Aclaración, la comparación de medias utilizando un test-t no fue realizada producto de que el número de observaciones por rango no es suficiente en todos ellos y los resultados pueden arrojar diferencias que no son tales.

Figura 3 – Frontera de producción para mano de obra (EH/1000 Ha) y carne equivalente (Kg/Ha).

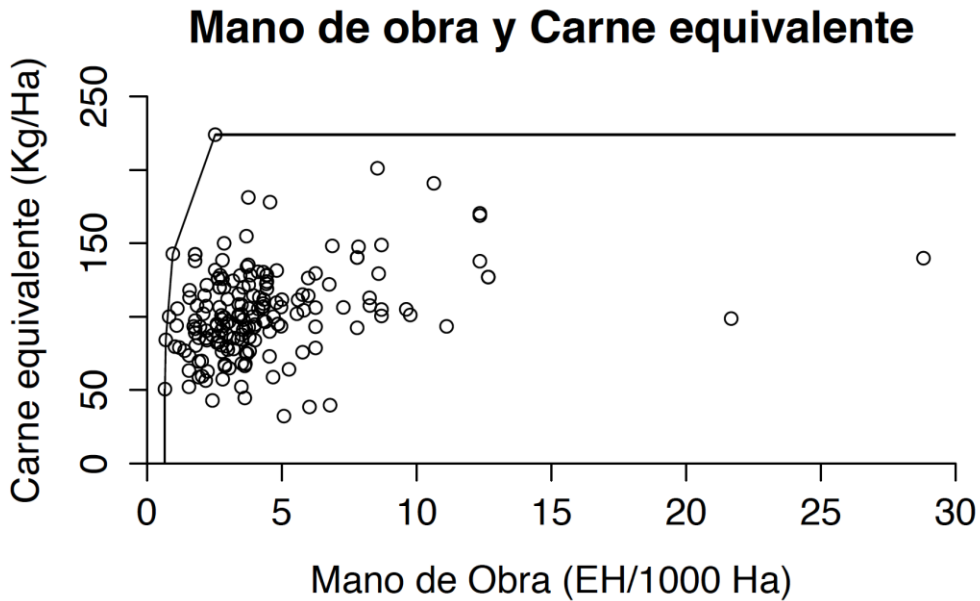
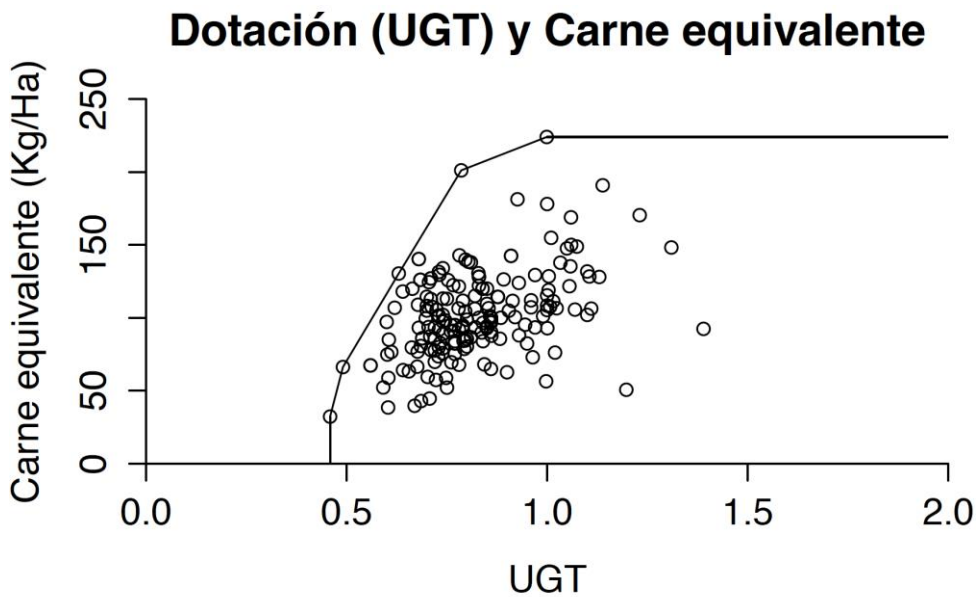


Figura 4 – Frontera de producción entre dotación (unidades ganaderas totales) y carne equivalente en Kg/Ha.



Las características de las UTD por rango de eficiencia de escala se presentan en el cuadro 5. Las UTD eficientes tienen un nivel de producción de carne equivalente por arriba del

resto, son las de menor área promedio, con una dotación un poco menor al promedio, baja presencia de ovinos y un uso de mejoramientos forrajeros un poco mayor al promedio.

Cuadro 5 – Características de las UTD por rango de eficiencia de escala.

Rango de eficiencias	Predios por rango	CEq (Kg/Ha)	SPT	UGT	Rel. L/V	Mej. Tot. (%)	MO
1	13	133	842	0.76	0.21	19.48	4.7
0.90 - 0.99	53	123	1023	0.88	1.45	18.98	4.1
0.80 - 0.89	37	110	1198	0.84	1.75	17.00	5.7
0.70 - 0.79	39	96	1359	0.83	1.74	10.59	3.8
< 0.70	42	68	1007	0.73	2.23	18.10	3.8
Total	184	103	1113	0.82	1.66	16.64	4.3

La ineficiencia de escala explica que parte de lo que surge como ineficiencia técnica es en realidad debido a la escala de la UTD. En el cuadro 6 se presentan los resultados por tipo de rendimiento a escala. La mayoría (87,5%) de las UTD operan en la región de rendimientos crecientes a escala, quiere decir que operan en tamaños menores al óptimo. Cuando nos referimos a la escala hacemos referencia a la combinación de los cuatro factores considerados, no solo a la superficie.

Cuadro 6 – Resumen estadístico de la naturaleza de la eficiencia de escala

Tipo de rendimiento a escala	Número Predios	Porcentaje
Constantes	13	7,1%
Crecientes	161	87,5%
Decrecientes	10	5,4%
Total	184	100%

Eficiencia técnica del sistema criador

Centrando el análisis en los predios con énfasis criador vemos que el total de UTD es de 95, de las cuales hay 26 en el ejercicio ‘2011-2012’, 32 para el ‘2012-2013’ y 37 correspondientes al ‘2013-2014’. El promedio de los scores de eficiencia técnica aumenta respecto a los resultados obtenidos cuando consideramos el conjunto de todas las UTD. Esto es consistente con la metodología, ya que la meta-frontera incluye las fronteras por grupo y por lo tanto en algunos tramos la meta-frontera está más alejada que la frontera global. Los resultados se presentan en el cuadro 7. En promedio y considerando rendimientos variables a escala los criadores tienen la posibilidad de reducir un 14% el uso de factores, manteniendo el nivel de producto.

Cuadro 7 – Estadísticas descriptivas de los resultados de eficiencia en predios criadores.

	Min	Mediana	Promedio	Max	N° Eficientes
ET _{RCE}	0,34	0,73	0,74	1	13
ET _{RVE}	0,43	0,90	0,86	1	31
ES	0,34	0,88	0,85	1	13

Agrupando las UTD con sistema de cría por rango de eficiencia vemos que las eficientes producen en promedio mayor cantidad de carne equivalente pero sin embargo no parecen muy diferentes al promedio del grupo en las otras variables (Cuadro 8). Lo que si se desprende de los resultados es que la combinación de factores es lo que importa. En el segundo rango la producción por hectárea es menor, pero con un menor uso de factores, salvo la mano de obra. Las UTD más ineficientes son en promedio más intensivas en el uso de factores, salvo en superficie donde son el grupo de menor área promedio.

Cuadro 8 – Características de las UTD criadoras por rango de ET.

Rango de eficiencias	Predios por rango	CEq (Kg/Ha)	SPT	UGT	Rel. L/V	Mej. Tot. (%)	MO
1	31	107	608	0.78	1.68	14.60	4.9
0.90 - 0.99	17	85	639	0.70	2.71	9.89	5.6
0.80 - 0.89	12	96	661	0.78	2.03	14.48	3.6
< 0.80	35	97	469	0.91	2.42	20.51	5.6
Total	95	98	569	0.81	2.18	15.92	5.1

Los resultados por tipo de rendimiento de escala muestran que la mayoría (78,9%) de las UTD operan en la región de rendimientos crecientes a escala, quiere decir que operan en tamaños menores al óptimo (Cuadro 9). Este resultado es consistente con el obtenido para el caso de la meta-frontera.

Cuadro 9 – Resumen estadístico de la naturaleza de la eficiencia de escala

Tipo de rendimiento a escala	Número predios	Porcentaje
Constantes	13	13,7%
Crecientes	75	78,9%
Decrecientes	7	7,4%
Total	95	100%

Eficiencia técnica del sistema de ciclo completo

Hay 89 UTD con sistema de ciclo completo que se distribuyen de la siguiente manera, 35 para el ejercicio '2011-2012', 21 en el '2012-2013' y 33 en el ejercicio agrícola '2013-2014'. Los promedios de eficiencia técnica son similares en el caso de los sistemas con ciclo completo a los de los criadores. En el caso de la ET_{RVE} se observa un valor mínimo de eficiencia mayor al observado para criadores y para el caso de la meta-frontera. El

número de sistemas eficientes considerando rendimientos constantes es de 8, menos del 10% del total de las UTD consideradas. Cuando los rendimientos son variables a escala el número de eficientes aumenta a 20. El promedio es de 0,86, por arriba del obtenido con la meta-frontera e igual al de los sistemas criadores (Cuadro 10).

Cuadro 10 – Estadísticas descriptivas de los resultados de eficiencia en predios con ciclo completo.

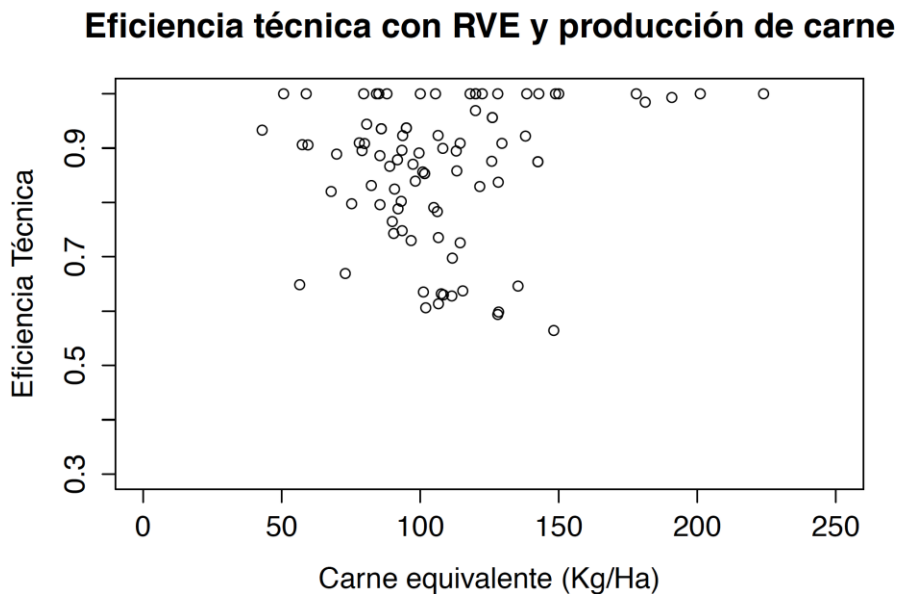
	Min	Mediana	Promedio	Max	N° Eficientes
ET _{RCE}	0,32	0,71	0,72	1	8
ET _{RVE}	0,56	0,89	0,86	1	20
ES	0,34	0,88	0,83	1	8

En la figura 5 se aprecia la falta de relación entre la ET_{RVE} y la producción de carne equivalente por hectárea. Los valores de correlación para ET_{RVE} respecto de los factores incluidos en el cálculo de eficiencia muestran que solo hay correlación significativa con un nivel de confianza de 95% con la dotación y mano de obra (Cuadro 11).

Cuadro 11 – Valores de correlación entre ET_{RVE} y factores considerados. Los valores entre paréntesis indican el nivel de significancia.

	CEq (Kg/Ha)	SPT	UGT	Rel. L/V	Mej. Tot. (%)	MO
ET _{RVE}	0.1368 (0.2010)	0.0468 (0.6634)	-0.5074 (0.0000)	-0.1914 (0.0724)	0.0484 (0.6523)	-0.2134 (0.0446)

Figura 5 – Eficiencia técnica (ET_{RVE}) versus producción de carne (Kg/Ha)



Los resultados por rango de eficiencia para los sistemas de ciclo completo se presentan en el cuadro 12. Los resultados muestran que las UTD eficientes (ET=1) producen en promedio mas carne equivalente que el resto en un área promedio menor, con una dotación similar al promedio, un muy bajo uso de ovinos, mayor uso de mejoramiento que el promedio general del sistema y menor uso de mano de obra.

Cuadro 12 – Características de las UTD ciclo completo por rango de ET.

Rango de eficiencias	Predios por rango	CEq (Kg/Ha)	SPT	UGT	Rel. L/V	Mej. Tot. (%)	MO
1	20	122	898	0.84	0.24	21.24	3.1
0.90 - 0.99	20	104	1501	0.75	0.64	21.28	3.6
0.80 - 0.89	24	102	3149	0.76	2.26	9.25	2.7
< 0.80	25	104	1087	0.95	1.09	19.06	4.3
Total	89	107	1694	0.83	1.11	17.41	3.44

De la comparación de resultados de las UTD de ciclo completo con las criadoras se aprecia una mayor producción por hectárea, con mayor uso del factor tierra, mayor dotación, mayor uso de mejoramientos y menor uso de mano de obra promedio. El menor uso de mano de obra ajustada por superficie (EH/1000 Ha) podría ser un indicador de que el manejo de la fase de cría requiere más trabajadores respecto del manejo del ganado en engorde. También las UTD de ciclo completo tienen una menor relación lanar/vacuno, demandando así menor cantidad de mano de obra.

Meta-ratios

La estimación de los meta-ratios para los sistemas criadores y de ciclo completo muestran que en promedio los sistemas criadores están mas lejos de la meta-frontera. O en otras palabras que las UTD de ciclo completo están mas cerca de la meta-frontera. Al ser solo dos grupos o sistemas lo que nos muestran los resultados de MR es que las UTD de ciclo completo son mas eficientes que las criadoras y por ello definen la meta-frontera. En el cuadro 13 se presentan estadísticas descriptivas de los MR por tipo de sistema.

Cuadro 13 – Estadísticas descriptivas de los resultados de meta-ratios (MR) para los sistemas criadores y de ciclo completo.

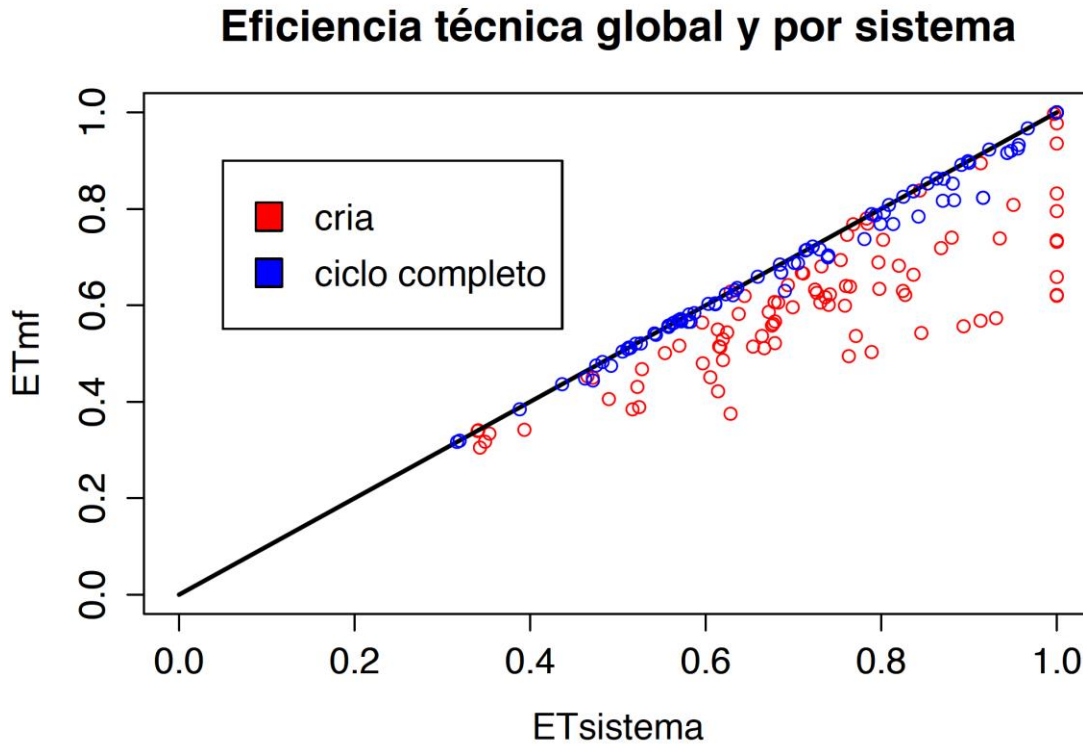
	Min	Mediana	Promedio	Max
Criadores	0,597	0,850	0,849	1
Ciclo completo	0,898	0,997	0,984	1

Hay 8 UTD criadoras que tienen meta-ratios igual a 1 y 37 UTD de ciclo completo con MR=1. Esto quiere decir que hay 45 UTD que no pueden mejorar respecto de lo que producen puesto que el producto de la meta-frontera es igual al producto potencial que presentan dentro de su sistema.

En la figura 6 se observa la distribución de cada UTD según el score de ET en la meta-frontera (ETmf) y el obtenido en el grupo correspondiente al sistema (ETsistema). Las UTD que presentan un valor de ETmf igual al de ETsistema son aquellas que presentan

meta-ratios iguales a 1. Es claro que la meta-frontera está definida mayormente por las UTD de ciclo completo. Se aprecia en la imagen que hay varias empresas criadoras que son eficientes dentro de su subgrupo pero que en la meta-frontera están lejos de la eficiencia técnica.

Figura 6 – Eficiencia técnica (CRS) para la meta-frontera y por sistema productivo.



Evolución de la PTF

La base de datos no tiene una estructura de panel perfecta por lo que la estimación de PTF se realizó para las UTD que presentan al menos dos ejercicios de información. Como resultado de esto se encontraron 31 UTD que presentan información para los ejercicios 2011-12 y 2012-13 (M_1) y 48 UTD que presentan información para los ejercicios 2012-13 y 2013-14 (M_2). Los estadísticas descriptivas de PTF estimada para las 31 y 48 UTD respectivamente se presentan en el cuadro 14.

Cuadro 14 – Estadísticas descriptivas de la PTF

	Min.	Mediana	Media	Max.	Freq
M_1	0.335	1.055	1.017	1.540	31
Eficiencia ₁	0.322	1.045	1.026	1.452	
Cambio Técnico ₁	0.676	0.986	1.002	1.329	
M_2	0.644	1.000	1.075	1.958	48
Eficiencia ₂	0.622	0.949	0.998	1.642	
Cambio Técnico ₂	0.846	1.074	1.079	1.522	

En promedio el progreso tecnológico registrado entre los dos primeros períodos fue de 1,7%. Entre los dos últimos ejercicios la PTF aumentó en promedio un 7,5% con una UTD que prácticamente duplicó su productividad. La mayor parte de la mejora en la PTF en el período 1 se debe a la ganancia en eficiencia y no a cambio técnico. En el período 2 lo que se registra en promedio es una mejora por cambio técnico, de hecho en términos de eficiencia hay un retroceso.

El número de años disponibles es una limitante para extraer conclusiones sólidas sobre la evolución de la productividad total de los factores. De todos modos se aprecia una evolución desigual entre UTD, donde hay algunas que muestran una reducción de la PTF en tanto hay otras que muestran un progreso importante para un año. De estos resultados vemos que solo tres ejercicios dan poco margen para conocer la evolución real de la PTF en la ganadería. Otro aspecto importante para analizar los resultados es que hay varias UTD que solo tienen registro para dos de los ejercicios. Los datos extremos son por lo tanto indicadores de situaciones que pueden reflejar efectos de un año anómalo mas que la trayectoria tecnológica real de los predios.

Comentarios finales

El trabajo presentado, es una primera aproximación al tema utilizando la base de datos que el IPA junto a productores y técnicos ha venido construyendo. Se utilizaron datos de tres ejercicios para conocer la evolución de la productividad además de la eficiencia técnica de los predios.

Los resultados presentados toman en cuenta que la ganadería esencialmente combina recursos naturales (suelo y el forraje que naturalmente se produce –natural o implantado), capital en forma de ganado y mano de obra. La especialización en distintos productos finales, terneros o ganado para faena, el pastoreo vacuno o mixto con lanares, refleja sistemas diferentes pero en la esencia el rubro es característico por la forma en que combina recursos.

Los resultados para el conjunto de las UTD e independiente del ejercicio de análisis muestra que la eficiencia técnica se alcanza en predios que logran alta producción por hectárea pero no necesariamente con una mayor área o porcentaje de mejoramientos. A medida que baja el número de lanares aumenta la eficiencia técnica. En el resto de los factores considerados no aparece un patrón claro de comportamiento.

Considerando los predios por especialización productiva (criadores vs ciclo completo) se aprecia que los de ciclo completo son los que definen la frontera. Este resultado es claro cuando observamos los meta-ratios de cada sistema. En ambos sistemas vuelve a quedar claro que una menor relación lanar/vacuno favorece la eficiencia. Los predios criadores, son mas chicos y cuando hacen un mayor uso de mejoramientos los resultados pueden no ser los esperados. En el caso del ciclo completo los mejoramientos aparecen como mas importantes entre los eficientes.

La evolución de la productividad muestra que entre los tres períodos considerados hubo mejoras en promedio. Entre los dos ejercicios iniciales la mejora se dio por una mejora en la eficiencia del uso de los recursos en tanto luego se produjo una mejora por cambio

técnico. Estos resultados son apenas un indicador mas pero no son un dato a tomar en cuenta como definitivo.

Bibliografía

Bogetoft, P. y Otto, L. 2011. *Benchmarking with DEA, SFA, and R*. International Series in Operations Research and Management Science, Volumen 157. Nueva York, Springer, 351 p.

Caves, D. W., Christensen, L. R. y Diewert, W. E. 1982. The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity. *Econometrica*, Vol 50, 6, pp 1393–1414.

Coelli, T., Prasada Rao, D. S., O'Donnell, C. J. y Battese, G. E. 2005. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Nueva York, Springer, 338 p.

Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B. Y Roos, P. 1992. Productivity changes in Swedish Pharmacies 1980-1989: A Non-Parametric Malmquist Approach. *The Journal of Productivity Analysis*, 3, 85-101.

Farrell, M. J. 1957. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, Vol. 120 (3), 253-290.

Hayami Y. y V. W. Ruttan, 1970. Agricultural Productivity Differences among Countries, *The American Economic Review* 60, no 5, 895-911.

Lanfranco, B. y Buffa, I. 2011. Eficiencia en la gestión productiva y económica en predios ganaderos invernadores. *Revista INIA N°27*, pp 27-31.

Lovell, C.A.K. 1993. "Production Frontiers and Productive Efficiency," En: H.O.Fried, C.A.K. Lovell, and S.S. Schmidt [Eds.]. *The Measurement of Productive Efficiency*. New York, Oxford University Press.

O'Donnell, C. J., Prasada Rao, D. S. y Battese, G. E. 2008. Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios. *Empirical Economics*, 34, 231.