



¿QUÉ OCURRIÓ CON LA EFICIENCIA AGRÍCOLA EN LA REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA ENTRE 1988 Y 2002?

Luccioni, Martín Enrique (INTA/UCEMA); Gatti, Nicolás (INTA/UCEMA)

gatti.nicolas@inta.gob.ar

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo medir diferencias en eficiencia técnica de partidos/departamentos de la región pampeana que producen los cuatro cultivos principales maíz, girasol, trigo y soja. Para ello se estimaron fronteras estocásticas de producción Cobb-Douglas siguiendo la metodología de Battese y Coelli (1992) utilizando micro datos de los censos agropecuarios de 1988 y 2002 agrupado por municipio y datos de producción del MAGyP. Los resultados obtenidos indican que la variabilidad de la eficiencia técnica (ET) entre municipios es significativamente distinta de cero por lo que las diferencias de ET se deben a efectos de habilidad gerencial. Adicionalmente, la eficiencia técnica promedio cae entre 1988 y 2002, en línea con lo que establece la literatura del cambio tecnológico (Mundlak, 2000).

Codificación JEL: D240, Q16



¿QUÉ OCURRIÓ CON LA EFICIENCIA AGRÍCOLA EN LA REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA ENTRE 1988 Y 2002?

I. Introducción

A partir del siglo XX, se han producido cambios muy significativos en la agricultura Argentina. La producción de granos ha crecido tanto en hectáreas sembradas como en rendimiento. Uno de los principales factores que explican este fenómeno, sobre todo a partir de la década del 60 es un intenso proceso de incorporación de tecnologías que trajo cambios en la forma de organización de la producción y un mejor aprovechamiento del capital físico y humano disponible (Reca *et al.*, 2010).

Asimismo, el cambio tecnológico en la agricultura produjo un desplazamiento de la ganadería desde la región pampeana hacia regiones con menor calidad de tierras. Al mismo tiempo, la agricultura también se expandió hacia regiones extra-pampeanas donde hace más de 30 años era impensado que se pudiese llevar a cabo agricultura con destino comercial.

En este sentido, interesa conocer el cambio en la eficiencia de la producción en el contexto del cambio tecnológico de la agricultura, en particular, analizar que ocurrió con la eficiencia dentro de la región pampeana. Desde la teoría económica, los conceptos de eficiencia y productividad hacen referencia a la relación que existe entre la obtención de productos y el uso de insumos. Por un lado la productividad, desde un punto de vista parcial se entiende como el producto obtenido en una actividad respecto de su principal insumo. Desde un punto más general la productividad total de los factores (PTF) mide el ratio entre los outputs generados y el total de inputs utilizados. Mientras que la eficiencia técnica (ET) es una medida relativa de la habilidad gerencial para un dado nivel tecnológico, en este sentido una empresa es técnicamente eficiente cuando consigue el máximo producto posible dado una dotación de insumos.

Los términos eficiencia y productividad fueron muchas veces utilizados indiferentemente, para comprender la diferencia basta con definir una frontera de producción como la máxima cantidad que puede producirse para cada nivel de insumo.



Las firmas que se encuentran cerca de dicha frontera son eficientes, mientras que aquellas que se alejan de la misma son las menos eficientes.

En Argentina existen antecedentes de estudios que estiman eficiencia de la producción agrícola mediante fronteras de producción. Para la agricultura pampeana, se pueden mencionar los trabajos de Gallacher (1994), Gallacher *et al.* (1994). También existen antecedentes en 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) y Gastaldi *et al.* (2007) para la cuenca lechera central de Córdoba y Santa Fe y Moreira y Bravo-Ureta (2010) que compara empresas lecheras de Argentina, Chile y Uruguay. Por otra parte, en 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 (Galletto 2010, Lema *et al.* 2012) para empresas pampeanas.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un análisis empírico de la medición de eficiencia a nivel de partido/departamento en la producción agrícola de distintas provincias de la Argentina, en particular, de aquellas que históricamente fueron parte del núcleo productivo de la región pampeana (Buenos Aires, Entre Ríos, Córdoba, La Pampa, Santa Fe). Este enfoque es una contribución para la medición relativa de eficiencia técnica en la producción agrícola aplicando un enfoque multifactorial basado en el concepto de fronteras de producción.

El trabajo se encuentra organizado de la siguiente manera. En la sección II se explica la metodología de estimación de fronteras estocásticas de producción. En la sección III, se describen los datos utilizados y el modelo para la estimación de fronteras de producción agrícola para los años 1988 y 2002. Finalmente, en la sección IV se presentan los resultados obtenidos y, por último, una síntesis y discusión de las principales conclusiones del trabajo.

II. Metodología



En la medición empírica de la eficiencia técnica de producción los trabajos de Aigner, Lovell y Schmidt (1977), Meeusen y Van Den Broeck (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. Si se determina la forma que adoptan las funciones de producción estocásticas, el modelo planteado implica primero estimar las fronteras estocásticas 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. Los modelos más utilizados en los estudios de eficiencia y productividad son los propuestos por Battese y Coelli (1992, 1995). La frontera estocástica de producción generalizada se define como:

$$(2) y_{it} = e^{x_{it}\beta^j + v_{it}^j - \mu_{it}^j},$$

donde y_{it} representa el producto de la i -ésima empresa; x_i es un vector ($1 \times k$) cuyos valores son funciones de los insumos y de otras variables explicativas para la empresa i -ésima y β es un vector ($k \times 1$) de parámetros a estimar. El componente v_{it} es una perturbación simétrica que recoge las variaciones aleatorias en la producción debida a factores tales como errores aleatorios, errores en la observación y medida de los datos, la suerte, entre otros. Estos se consideran independientes e idénticamente distribuidos como una normal con media cero y variancia constante σ_v^2 . En tanto los μ_{it} son variables



aleatorias no negativas e inobservables asociadas con la ineficiencia técnica de la producción, se asume que se distribuye independientemente de v_{it} y que satisface la condición $\mu_{it} < 0$. Esto último, equivale a suponer que la parte del error que corresponde a la ineficiencia sigue una distribución normal truncada en cero. Es decir que para el nivel tecnológico vigente, y dados los usos de insumos, el producto observado (ante la presencia de los μ_{it}) puede estar por debajo del potencial de producción.

Los parámetros de la frontera estocástica definida en (2) pueden obtenerse utilizando el método de máxima verosimilitud. Para ello, es necesario contar con el supuesto sobre la ineficiencia técnica que, en la mayoría de las aplicaciones empíricas, incluso en esta, se supone que siguen una distribución normal truncada en cero. Aigner, Lovell y Schmidt (1977) expresan la función de verosimilitud en función de dos términos de varianza $\sigma_s^2 \equiv \sigma^2 + \sigma_v^2$ y $\lambda \equiv \sigma/\sigma_v$. Battese y Corra (1977) sugieren que se utilice el parámetro $\gamma \equiv \sigma^2/\sigma_s^2$ porque posee un valor entre cero y uno. Esto es útil ya que $\gamma = 0$ indica que las desviaciones respecto de la frontera corresponden únicamente a factores exógenos mientras que un valor de 1 indica que todas las desviaciones de la frontera corresponden a la ineficiencia.

Por otra parte, Battese y Coelli (1992) propusieron que la ineficiencia técnica varíe de la siguiente manera:

$$(3) \mu_{it} = e^{-\eta(t-T)} \times \mu_i \quad i=1,2,\dots,N; \quad t=1,2,\dots,T$$

Donde los μ_i se distribuyen idéntica e independientemente como una variable con distribución normal truncada en cero, η es un escalar desconocido a ser estimado, t es el período en observación, T es el último período del panel de datos y μ_i es la ineficiencia en ese mismo período. Por ejemplo, cuando $t=T$ la función exponencial toma valor 1. Mientras que si se quiere estimar la ineficiencia para un período previo, esta va a depender de la función exponencial, el número de períodos antes que finalice el panel y del parámetro η a estimar. Si η es positivo, entonces $\eta(t-T)$ es no negativo, en consecuencia, $e^{-\eta(t-T)}$ es no menor a 1 y la ineficiencia es decreciente. En el caso alternativo, si η es negativo, la ineficiencia es decreciente.



A partir de la estimación de la frontera y de los residuos estimados, se puede obtener el indicador de eficiencia técnica para la j -ésima empresa que, de acuerdo con Battese y Coelli (1992), se define como:

$$(4) ET_{it} = \frac{y_{it}}{e^{x_{it}\beta + v_{it}}} = e^{-\mu_{it}} \quad i=1,2,\dots,N; t=1,2,\dots,T$$

La eficiencia técnica (ET) se define como el ratio entre el producto observado y_{it} relativo al producto potencial definido según el vector de insumos propios de la frontera definida previamente. Esta medida de eficiencia está orientada a producto y puede tomar valores entre cero y uno. Esto indica en qué magnitud están siendo utilizados los insumos respecto de una empresa que es completamente eficiente.

Por último, para poder estimar tanto fronteras estocásticas como la eficiencia técnica individual es necesario establecer la forma funcional de las fronteras de producción. En la literatura empírica pueden encontrarse diversas aplicaciones de funciones de tipo Cobb-Douglas (CD) y Translogaritmicas (TL).

III. Datos y modelo a estimar

Los datos utilizados para la estimación corresponden a micro datos obtenidos de los últimos dos censos nacionales agropecuarios (CNA) disponibles para las provincias de la región pampeana Argentina correspondientes a los años 1988 y 2002. Allí se releva información productiva, económica y social de productores agropecuarios en todo el país.

Debido a que en el censo 2002 no hay disponibilidad de información sobre la producción por establecimiento agropecuario (EAP) se decidió utilizar la producción por partido/departamento relevada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP) para dicho año¹. En consecuencia, la unidad de análisis para la estimación de fronteras estocásticas pasa a ser el partido/departamento. La elección de los partidos y departamentos de las provincias de la zona pampeana se basa en la

¹ Se utiliza esta fuente de información por ser de acceso público.



homogeneidad de la tecnología y el uso del suelo agrícola. Las observaciones utilizadas corresponden a 157 departamentos del CNA88 y CNA02.

La forma funcional elegida para la estimación de las fronteras estocásticas de producción es Cobb-Douglas. La especificación es la siguiente:

$$(5) Y_{it} = \alpha_0 + \sum_{k=1}^7 \beta_k^j x_{kit} + \sum_{d=1}^{10} \beta_d^j z_{dit} + \delta t + v_{it}^j - u_{it}^j$$

Expresados en logaritmo natural, la variable dependiente es la producción de granos de los partidos/departamentos de la región pampeana (soja, maíz, trigo y girasol) en valores, expresada en precios constantes del año 2002; las variables explicativas x_{ki} son (también en logaritmo natural) tractores medidos en caballos de fuerza (HP), trabajo temporario en jornales por año y hectáreas sembradas. Adicionalmente, se incorporan las variables de fertilización, insecticida, herbicida y fungicida medidas en hectáreas de aplicación. Si bien estos últimos cuatro pueden entenderse como un insumo más de la producción, hay que interpretarlos como un subconjunto de variables que se aplican como controles de cambios tecnológicos. Un resumen de las variables se presenta en el Cuadro I. También se considera un vector de variables dummies z_{di} para controlar clima y suelo por sub-región (Gráfico I). Por último, se incorpora una tendencia temporal, en este caso, toma valor 1 en el año 2002 y 0 en el año 1988.

Cuadro I. Variables utilizadas para la estimación de las fronteras estocásticas de producción.

| Variable | Definición | Units |
|----------|---|--|
| Y_i | Valor total de la producción de granos (trigo, soja, maíz, girasol) | Pesos constantes del 2002 |
| K_i | Tractor ponderado por intensidad de uso | HP |
| L_i | Trabajo temporario ponderado por intensidad de uso | Jornales por año (Pesos constantes del 2002) |
| S_i | Área Sembrada | hectáreas |
| F_i | Fertilizante | hectáreas |
| I_i | Insecticida | hectáreas |
| H_i | Herbicida | hectáreas |
| Fu_i | Fungicida | hectáreas |



Dado que la producción bajo análisis corresponde a los cuatro cultivos principales, fue necesario ponderar la mano de obra transitoria y la existencia de tractores por la intensidad de uso de dichos insumos en el total de la producción de cada EAP. Por ello se decidió utilizar el área sembrada en dichos cultivos sobre el total de área dedicada a la siembra como ponderador (el área total incluye cereales, oleaginosa, cultivos industriales, legumbres, hortalizas, frutales y forrajes). De este modo, se controla la intensidad de uso de la mano de obra y los tractores. La inclusión de forrajes en el denominador del ponderador busca captar el efecto de las EAPs que diversifican su producción en agricultura y ganadería.

En síntesis, se realiza una estimación de frontera estocástica de producción siguiendo la metodología de datos de panel presentada por Coelli y Battese (1992). La ventaja de este método de estimación es que permite obtener predicciones de eficiencia técnica variable en el tiempo. Los resultados se obtienen mediante el uso del software estadístico R.

IV. Resultados

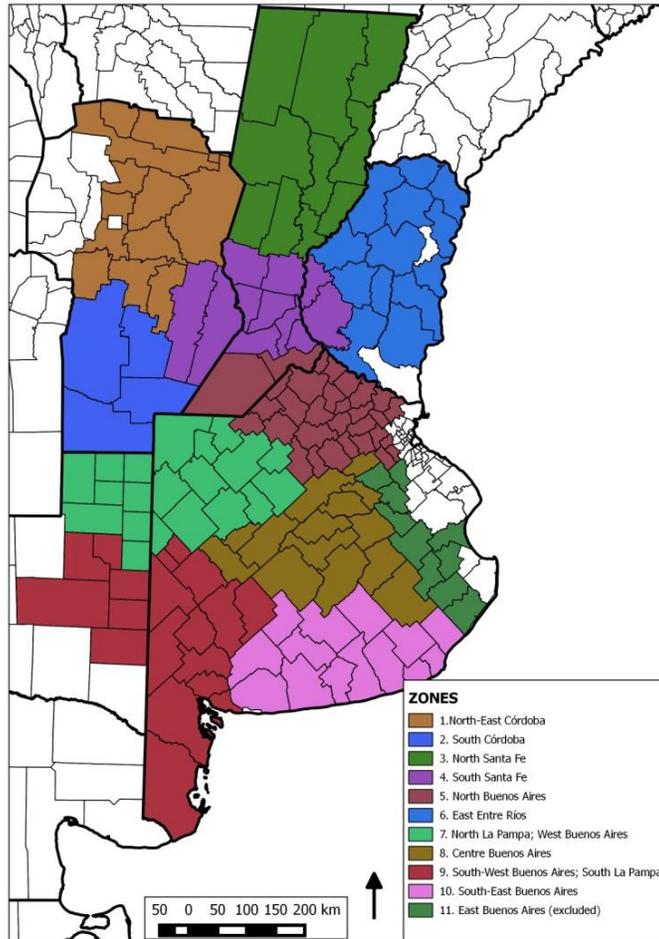
El cuadro II presenta estadísticos básicos sobre el set de datos utilizados. Es importante destacar el cambio en el nivel de uso de insumos y también el incremento en la producción por departamento. Si bien se pueden establecer relaciones parciales entre el uso de insumos y el producto obtenido, es necesaria la estimación de fronteras para hacer una lectura de la eficiencia relativa respecto del vector de insumos completo.

Gráfico I. Descripción de las subregiones consideradas.



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Instituto de Economía



**Cuadro II. Estadísticas descriptivas por CNA**

| Variable | N | 1988 | | 2002 | |
|---|-----|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | | Media | Err. Est. | Media | Err. Est. |
| Producción (\$) | 157 | 21,415,646,05 | 31,049,509,11 | 49.833.743,4 | 69.491.654,0 |
| Tractor (hp) | 157 | 37,429,72 | 55,477,41 | 50.316,8 | 61.597,8 |
| Trabajo temporario (jornales/año) | 157 | 12,078,80 | 28,071,88 | 7.146,1 | 9.036,3 |
| Área sembrada (ha) | 157 | 74,152,16 | 95,920,69 | 122.198,6 | 142.562,2 |
| Fertilizante (ha) | 157 | 6,325,46 | 16,455,62 | 64.033,2 | 75.779,9 |
| Insecticida (ha) | 157 | 19,561,36 | 31,194,17 | 72.103,8 | 104.892,8 |
| Herbicida (ha) | 157 | 44,117,42 | 71,511,20 | 112.553,6 | 137.907,7 |
| Fungicida (ha) | 157 | 15,035,56 | 34,202,81 | 24.996,5 | 36.395,3 |

En el cuadro III, se presenta la estimación de frontera estocástica de producción con eficiencia variable en el tiempo². En cuanto a los principales insumos (capital, trabajo y tierra) cabe mencionar que presentan el signo esperado con diferencias en la significatividad estadística de los coeficientes. En particular, los coeficientes de fertilizante y fungicida son negativos cuando en realidad se esperaba un signo positivo. La explicación puede asociarse a la agregación realizada. El hecho de que la soja aumenta considerablemente su proporción desde 1988 a 2002 hace que el signo se vuelva negativo y significativo, principalmente, porque el cultivo de soja requiere, en términos relativos, menos agroquímicos que el maíz, el trigo y el girasol.

Por el lado de los controles por zona observaron un ajuste deseable. La base de comparación es la región del Este de Buenos Aires. Los signos encontrados son positivos aunque con diferencias de significatividad. Adicionalmente, la tendencia es significativa y el signo positivo es un indicador del aumento de la producción agrícola del año 1988 al 2002.

² También se realizó una estimación de fronteras estocásticas de producción utilizando los datos de los partidos/departamentos de manera agrupada. Los resultados se presentan en el anexo.



El LR-test presentado debajo en el cuadro III, prueba la existencia de variabilidad de la ineficiencia técnica representada por la varianza del término de error de la ineficiencia σ_{μ}^2 . El test rechaza que $\sigma_{\mu}^2 = 0$, por lo tanto, existe efecto de ineficiencia. Este resultado se asocia a que las diferencias en eficiencia podrían deberse a la (in)habilidad gerencial.

Por último, de la estimación puede obtenerse el coeficiente η que permite recuperar el cambio en la eficiencia técnica. El signo de η es negativo y significativo lo cual indica que la eficiencia ha caído, lo que implica que la ineficiencia aumentó desde el año 1988 al 2002.

Cuadro III. Frontera estocástica de producción agrícola

| | Frontera | |
|----------------------|-----------|---------|
| Constante | 6,254*** | (0,245) |
| K _{it} | 0,030 | (0,072) |
| L _{it} | 0,125*** | (0,028) |
| S _{it} | 0,620*** | (0,079) |
| F _{it} | -0,019 | (0,020) |
| I _{it} | 0,052** | (0,020) |
| H _{it} | 0,174*** | (0,029) |
| Fu _{it} | -0,040** | (0,014) |
| Z ₁ | 0,440*** | (0,133) |
| Z ₂ | 0,269 | (0,183) |
| Z ₃ | 0,225 | (0,133) |
| Z ₄ | 0,561*** | (0,143) |
| Z ₅ | 0,318** | (0,110) |
| Z ₆ | 0,207 | (0,127) |
| Z ₇ | 0,219 | (0,120) |
| Z ₈ | 0,091 | (0,117) |
| Z ₉ | 0,192 | (0,126) |
| Z ₁₀ | 0,363** | (0,130) |
| t (tendencia) | 0,841*** | (0,087) |
| $\sigma_{\mu}^2 = 0$ | 0,382*** | (0,073) |
| η | -9,842*** | (0,968) |
| Observaciones | 314 | |
| LLF | -129,88 | |

Nota: errores estándar entre paréntesis; (*), (**) y (***) significatividad al 10%, 5% y 1% respectivamente,



A partir de las fronteras estocásticas de producción, se presentan los estimadores de ET promedio por año para los departamentos considerados, La ET puede tomar valores de 0 hasta 100%, es decir, mientras más cerca de 100% se encuentre el indicador, más eficiente será el partido/departamento, De la lectura de los mismos, se puede extraer que, en promedio, la eficiencia técnica es del 99% para el año 1988, mientras que para el año 2002 la eficiencia técnica es algo inferior y se encuentra en el 68%, resultado que debe ser interpretado en términos relativos y que es congruente con la literatura. Mundlak (2000) sugiere que las nuevas tecnologías son más intensivas en capital y si 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. Si bien la región pampeana es una zona relativamente homogénea en cuanto a características de suelo y clima, los resultados alcanzados muestran diferencias importantes en la eficiencia con que se usa la tecnología disponible. Al utilizar datos agregados por departamentos estas diferencias deben ser consecuencia de características que en promedio afectan a todos los productores de cada localidad.

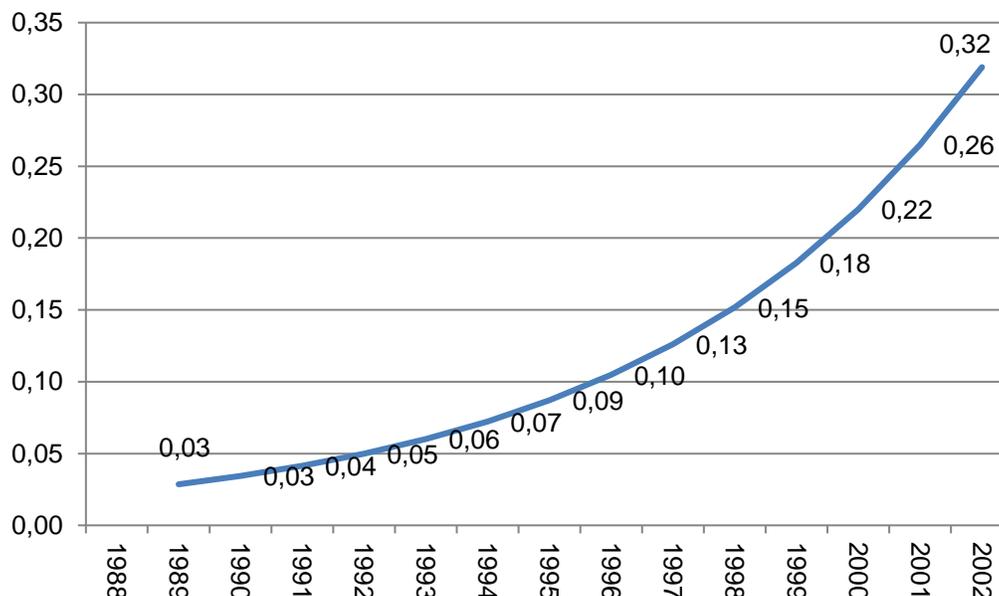
Cuadro IV. Eficiencia técnica promedio por partido/departamento

| | N | Media | Sd | Min | Max |
|------------------|-----|-------|-------|---------|---------|
| TE ₈₈ | 157 | 99% | 0.01 | 99.991% | 99.996% |
| TE ₀₂ | 157 | 68% | 13.07 | 19.5% | 96.6% |

Por último, a partir del coeficiente η se estima la evolución de la ineficiencia técnica. Para una interpretación sencilla, el valor obtenido en la estimación está indicando que la ineficiencia técnica se ha incrementado en un 984% promedio en los 14 años que transcurrieron entre 1988 y 2002. Esto es porque se parte de valores cercanos a 0,1% de ineficiencia en 1988 para alcanzar un 32% en el último período. Si se anualiza la tasa se puede obtener cómo se ha ido acumulando la ineficiencia en el período (ver gráfico I).



Gráfico I. Evolución de la ineficiencia técnica 1988-2002.



VI. Conclusiones

El objetivo del trabajo fue conocer cómo evolucionó la eficiencia en la producción agrícola de Argentina en virtud del cambio tecnológico acontecido en los 14 años del período inter-censal. A partir de la información disponible, fue posible estimar una frontera estocástica de producción para los partidos/departamentos de las provincias que forman parte de la región pampeana.

De los resultados obtenidos cabe destacar que la variabilidad de la eficiencia técnica es estadísticamente distinta de cero por lo cual las diferencias observadas en la producción entre partidos/departamentos no se debe puramente a efectos aleatorios sino también a diferencias relativas en la habilidad gerencial de las EAP que los componen.

Los niveles de ineficiencia técnica aumentaron desde 1988 a 2002. Este hecho puede explicarse por el cambio tecnológico acontecido entre estos años. Particularmente, en el año 1988 la eficiencia es mayor dado que la producción observada se encontraba cercana a la frontera de producción. Mientras que en el año 2002 la tecnología



disponible es superior con lo cual era esperable que hubiese una mayor dispersión en la eficiencia técnica.

Estos resultados son relevantes para comprender cuales podrían ser las fuentes de mejoras potenciales en la productividad. En los partidos/departamentos donde la eficiencia es baja, importantes mejoras de productividad podrían lograrse con aumentos de eficiencia que indican que un incremento potencial del producto sería posible con la misma cantidad de factores y la tecnología actual. Donde la eficiencia es superior, las ganancias de productividad provienen de nuevas tecnologías que desplacen la frontera ya que la ganancia potencial con la tecnología vigente es relativamente menor.

Mundlak (2000) sugiere que las nuevas tecnologías son más intensivas en capital y si existen restricciones, esto puede determinar que distintas funciones de producción sean operativas simultáneamente. Siendo la región pampeana una zona relativamente homogénea en cuanto a características de suelo y clima las diferencias pueden deberse únicamente a imposibilidad de acceso a nuevas tecnologías y capital para algunos productores, los resultados alcanzados muestran diferencias importantes en la eficiencia con que se usa la tecnología disponible.

Por último, el análisis realizado posee algunas limitaciones que forman parte de la agenda futura de esta investigación. Por un lado, incorporar información climática y de suelos para controlar ambos efectos de manera directa. Por otro, resulta interesante incorporar en la estimación de frontera agrícola pampeana cambios tecnológicos importantes ocurridos en el período inter-censal, En particular, sería interesante considerar la siembra directa como método de labranza y la aparición de las variedades de semillas genéticamente modificadas.



ANEXO

Cuadro V. Frontera estocástica de producción agrícola (pooled)

| | 1988 | | 2002 | |
|----------------------------|----------|---------|-----------|---------|
| K _i | 0,028 | (0,084) | 0,163 | (0,118) |
| L _i | 0,025 | (0,039) | 0,108* | (0,049) |
| S _i | 0,864*** | (0,094) | -0,215 | (0,222) |
| F _i | 0,013 | (0,021) | -0,349*** | (0,057) |
| l _i | 0,025 | (0,020) | 0,035 | (0,039) |
| H _i | 0,085** | (0,028) | 0,075 | (0,205) |
| F _{U_i} | -0,007 | (0,017) | -0,017 | (0,034) |
| Z ₁ | -0,110 | (0,146) | 0,906*** | (0,235) |
| Z ₂ | -0,306 | (0,203) | 1,092*** | (0,297) |
| Z ₃ | -0,038 | (0,154) | 0,445* | (0,222) |
| Z ₄ | -0,019 | (0,161) | 0,977*** | (0,241) |
| Z ₅ | -0,013 | (0,125) | 0,587** | (0,183) |
| Z ₆ | -0,195 | (0,152) | 0,954*** | (0,205) |
| Z ₇ | -0,175 | (0,138) | 0,721*** | (0,199) |
| Z ₈ | -0,203 | (0,133) | 0,541** | (0,195) |
| Z ₉ | -0,374** | (0,143) | 0,948*** | (0,214) |
| Z ₁₀ | -0,174 | (0,153) | 1,096*** | (0,212) |
| Constante | 5,822*** | | | (0,327) |
| año | 2,070*** | | | (0,433) |
| $\sigma_{\mu}^2 = 0$ | 0,213*** | | | (0,037) |
| Observaciones | | | 314 | |
| LLF | | | -81,23 | |

Nota: errores estándar entre paréntesis; (*), (**) y (***) significatividad al 10%, 5% y 1% respectivamente.

Bibliografía

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. 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. 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 Corra. G.S. (1977). "Estimation of a Production Frontier Model: With Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia". *Australian Journal of Agricultural Economics* 21. 169-179.

Bravo-Ureta B. E.. 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.

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.

Galetto. 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.. Galetto. 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.



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Instituto de Economía

Lema. D., Gatti. N. y Brescia. V. (2012). Eficiencia técnica y brechas tecnológicas en la ganadería argentina: Estimación por metafrontera de producción. Anales de la Asociación Argentina de Economía Política (AAEP). Trelew. Argentina.

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. (2000). *Agriculture and Economic Growth*. Cambridge. MA. Harvard University Press.

Reca. L.G. Lema. D y Flood. C (2010). El crecimiento de la agricultura argentina. Medio siglo de logros y desafíos. Universidad de Buenos Aires.

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.

Fuentes de datos: INDEC. MAGyP.