

Crecimiento de la productividad total de los factores en las provincias argentinas. Ineficiencias y cambio tecnológico. Período 1980-2010.

Mauricio A. Grotz (Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Austral)

Resumen

Este trabajo emplea el enfoque de la frontera estocástica para medir el crecimiento de la productividad total de los factores (PTF) de la Argentina a nivel subnacional para el período 1980-2010. Una de las ventajas del método radica en que permite distinguir entre eficiencia técnica en el uso de los factores productivos y cambios tecnológicos. Los resultados indican que el enfoque es adecuado en relación con los métodos residuales tradicionales y por lo tanto da cuenta de la existencia de ineficiencias. Asimismo, revela un estancamiento de la PTF con un crecimiento anual promedio en torno al 0% y valores similares entre provincias, produciendo solo entre un 15% y 45% del producto potencial. Uno de los principales hallazgos es que las variaciones de la PTF estarían explicadas prácticamente por la ineficiencia técnica con escasa participación de cambios tecnológico. Esto coincide con estudios a nivel nacional que dan cuenta de las dificultades del país para promover mejoras de productividad sostenibles en el largo plazo.

Palabras clave: Productividad, productividad total de los factores, frontera estocástica, eficiencia, cambio tecnológico.

1. Introducción¹

¿Cuál ha sido el crecimiento de la productividad total de los factores (PTF) en las provincias argentinas? Para responder esta pregunta se utiliza el enfoque de la frontera estocástica no solo para medir los cambios en la PTF a nivel subnacional, sino también para identificar si están impulsados por cambios tecnológicos o cambios en la eficiencia con la que se utilizan los factores productivos. A pesar de las críticas y controversias, la PTF continúa siendo uno de los principales indicadores para analizar la productividad de las economías y entender los determinantes del crecimiento económico de largo plazo, de allí su relevancia, dado que una evolución positiva se la asocia al progreso tecnológico, mayor eficiencia, bienestar y mejores estándares de vida de la población².

El vínculo entre cambio tecnológico y PTF es atribuible a los primeros trabajos de Solow (1956), aunque críticas posteriores advierten que la PTF antes que cambio tecnológico, sería un indicador de la eficiencia productiva. Además de estas diferencias en las interpretaciones del indicador, también son variados los métodos de estimación. Todos presentan ventajas y desventajas. El cálculo tradicional (el más frecuente), que a modo del residuo descuenta del crecimiento económico la parte atribuible al crecimiento de los factores productivos, se basa en supuestos restrictivos en la función de producción (Hulten, 2001). Por su parte, los métodos econométricos generan interrogantes sobre la sensibilidad de las estimaciones (OCDE, 2001). En cualquier caso, uno de los supuestos subyacentes más importantes es el de eficiencia técnica, de tal manera que el crecimiento de la PTF está impulsado solamente por el cambio tecnológico (Isaksson, 2009). Sin embargo, en la realidad existen ineficiencias y una forma para sortear esta restricción, son los métodos de análisis de frontera que permiten, además, distinguir eficiencia técnica de cambio tecnológico (Coelli et al, 2005).

Este trabajo recurre al enfoque de la frontera estocástica ya que, a pesar sus limitaciones (como la de establecer una función de producción y supuestos sobre la distribución de los errores), el método es robusto ante la presencia de errores de medición, y se valoran más las ventajas mencionadas previamente. Luego de estimar la función de producción, el método permite el cálculo de un índice de Malmquist para determinar el crecimiento de la PTF y sus componentes.

Con datos para el período 1980-2010, el estudio aporta, además de mediciones subnacionales de la PTF un hallazgo relevante: el crecimiento del indicador estaría vinculado a eficiencias o ineficiencias e el uso de los factores productivos y no al cambio tecnológico. Esto conspira contra el logro de mejoras productivas sostenibles.

El esquema del artículo es el siguiente. En la primera parte se revisan los indicadores de la PTF para el país. En el segundo apartado se detallan los aspectos metodológicos del enfoque seleccionado, para luego presentar en la tercera parte los resultados obtenidos y finalmente las limitaciones y conclusiones.

¹ Este trabajo forma parte del proyecto “Productividad Inclusiva” (IAE-Business School y Facultad de Ciencias Empresariales de la Universidad Austral). Se agradecen los valiosos comentarios aportados por los miembros del equipo de investigación.

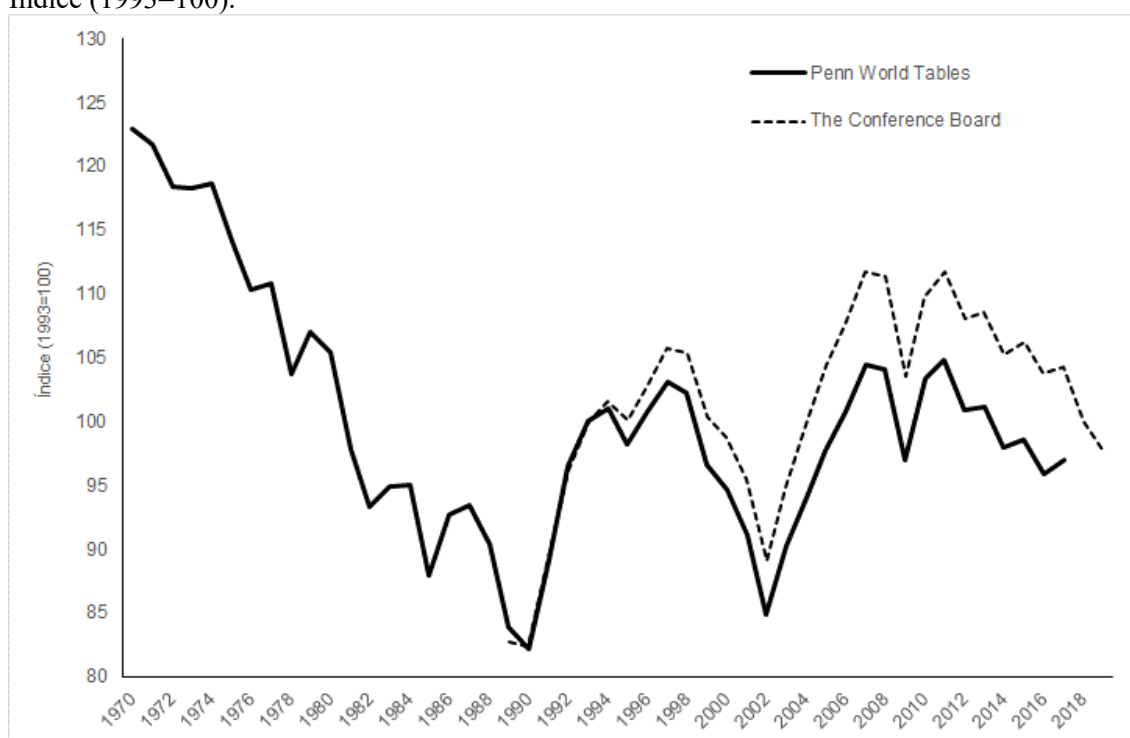
² Los vínculos entre productividad e inclusión se conectan con los estudios de la productividad total de los factores ya que su interpretación en términos de cambio tecnológico aparecen conectados con el futuro del mercado laboral, mientras que también es muy común asociar el indicador con las posibilidades de progreso económico y social (Grotz, 2020).

2. Crecimiento de la Productividad Total de los Factores en Argentina

Como se describe en otro trabajo (Grotz, 2020), el crecimiento de la PTF en Argentina ha sido errático y más bien leve. Tal como se observa en el gráfico 1³, entre 1970-1990 el indicador desciende de manera sistemática, recuperándose durante la década de los '90, para caer de forma abrupta en la crisis 2001/2002. A partir de allí, se registra un nuevo ciclo de recuperación interrumpido por la crisis financiera internacional, con una tendencia decreciente desde 2010 hasta la actualidad. Más allá de los distintos métodos de medición⁴, diversas fuentes coinciden en este patrón, que refleja la escasa contribución de la PTF al crecimiento económico del país y conclusiones poco alentadoras. De acuerdo con las estimaciones del Banco Mundial (2018), la tasa de crecimiento anual promedio de los últimos 20 años es cercana al 0% y Bauman y Cohan (2018) sostienen que el período 2012-2017 es uno de los de peor performance del indicador.

Gráfico 1.

Productividad Total de los Factores. Argentina. 1970-2019
Índice (1993=100).



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Penn World Table y The Conference Board.

Entre los determinantes de este proceso se mencionan las crisis recurrentes y políticas inestables (Banco Mundial, 2018) y que los períodos de crecimiento son atribuibles a acumulación de capital en el corto plazo y utilización de capacidad instalada antes ociosa, pero insuficientes para generar ganancias de productividad sostenibles (Coremberg, 2011, 2012; Kyland, 2006). En definitiva, el país es que no realiza esfuerzos

³ Los datos surgen de Penn World Table versión 9.1 (disponible en <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/pwt-releases/pwt9.1?lang=en>) y The Conference Board (disponible en <https://conference-board.org/data/economydatabase/total-economy-database-about>).

⁴ Para un resumen de fuentes y métodos de estimación de la PTF en Argentina ver Grotz (2020).

por acumular factores productivos, los cuales además son utilizados de manera ineficiente (Caselli, 2016).

La medición e interpretación de la PTF presenta sus dificultades. Tradicionalmente se la asocia al “cambio tecnológico” a partir de los trabajos de Solow (1956) y único motor del crecimiento de largo plazo (OCDE, 2019). Sin embargo, de acuerdo con la OCDE (2001) y Comin (2008), la PTF reflejaría cuán eficiente es el uso de los factores en el proceso de producción y de allí la interpretación usual en términos de “eficiencia productiva”. Si la cantidad de insumos permanece constante entre dos períodos, un aumento en la producción sería atribuible a la PTF, y de allí que se interprete como “avances de eficiencia” (OCDE, 2019; Kendrick y Sato, 1963). Otros autores señalan que es un indicador defectuoso tanto del cambio tecnológico (Hulten, 2001; Lipsay y Carlaw, 2004) como de la eficiencia en el uso de los recursos (Cusolito y Maloney, 2018) ya que no está clara la distinción entre ambos⁵.

Poder diferenciar ambos componentes es uno de los objetivos de este trabajo. Los métodos residuales tradicionalmente utilizados⁶ asumen implícitamente eficiencia en el uso de los factores, y por tanto el crecimiento de la PTF estaría impulsado exclusivamente por el cambio tecnológico (Issakson, 2007, 2009). Sin embargo, las ineficiencias en la producción existen, particularmente en los países en desarrollo (Kim y Loayza, 2019) y por ello se han desarrollado métodos alternativos para medir el crecimiento de la PTF a través del análisis de frontera que permiten obtener índices de Malmquist y así medir tanto eficiencia técnica como cambio tecnológico (Wei y Hao, 2010). Este enfoque es más adecuado para estudiar el crecimiento de la productividad, en especial en países en desarrollo dado es más robusto ante la presencia de errores de medición en los datos (Coelli, Prasada-Rao y Battese, 1997; Coelli et al, 2005), tal como sucede en el caso argentino.

Las estimaciones que aquí se presentan, utilizan este último enfoque a través del enfoque de frontera estocástica (detallado en la próxima sección), escasamente utilizado en Argentina, para poder discriminar el peso de la eficiencia y del cambio tecnológico en el crecimiento de la productividad total de los factores. Además, se incorpora una dimensión federal con mediciones a nivel subnacional, para identificar si existen o no disparidades regionales en estos aspectos.

⁵ En el extremo, algunos autores sostienen que la PTF es solo es error de medición (Jorgenson y Griliches, 1967) o una mera ilusión (Felipe y McCombie, 2019). Más allá de las críticas, Hulten (2001) afirma que las ventajas de medir la PTF superan sus desventajas y por ello ha sobrevivido y continúa siendo uno de los indicadores más utilizados por la literatura para analizar los patrones de crecimiento de largo plazo de las economías.

⁶ En el enfoque tradicionalmente utilizado se denomina “residual” porque apela a la contabilidad del crecimiento para calcular la parte del crecimiento del PIB que no puede ser explicada por los factores productivos, generalmente trabajo y capital. Así, se resta del crecimiento del producto, el crecimiento de los factores y de allí que el cálculo surja por diferencia (residualmente) y no de una estimación directa de la productividad, ya que es inobservable.

3. Metodología

3.1. Enfoque de la Frontera Estocástica.

El enfoque de la frontera estocástica (SFA por su nombre en inglés *Stochastic Frontier Approach*) desarrollado por Meeusen y van den Broeck (1977) y Aigner, Knox Lovell y Schmidt (1977) tiene como propósito estimar la eficiencia técnica⁷ en el uso de los factores productivos, es decir, la capacidad de obtener el máximo de producción dada la dotación de recursos⁸. Supone una frontera de producción óptima (no observable) donde se combinan los factores de producción de manera eficiente para producir lo máximo posible (“mejores prácticas”), mientras que la producción real (la observada) se encuentra por debajo de este nivel óptimo debido a ineficiencias técnicas.

Las estimaciones de las funciones de producción siguiendo los métodos clásicos de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) generan una estimación promedio y por lo tanto algunos valores observados de producción se ubicarán por encima y otros por debajo de las estimaciones, dando cuenta del error aleatorio. Sin embargo, el supuesto microeconómico tradicional es que existe eficiencia técnica y por lo tanto no deberían existir valores observados encima de los estimados⁹ ya que, en ese caso, la función de producción calculada no podría considerarse óptima. Una solución a este problema es utilizar el enfoque SFA que contempla tanto el error aleatorio como las ineficiencias técnicas. Así, las distancias entre la producción observada y la óptima serían atribuibles en parte a la ineficiencia en el uso de los factores y otra en parte a un error estadístico, siempre presente debido a errores aleatorios, de medición, de especificación, o variables omitidas.

La ecuación a estimar sigue la siguiente forma:

$$\ln y_{it} = \sum \beta_{it} \ln x_{it} + v_{it} - \mu_{it}$$

Donde y representa la producción para la unidad de análisis i (en este caso, las provincias argentinas), para el período t , la cual dependería de los factores productivos x ; v representa el error estadístico¹⁰; y μ representa la ineficiencia técnica (con $\mu \leq 0$) y una distribución mitad-normal o normal truncada¹¹.

La eficiencia técnica puede calcularse a través del cociente entre la producción observada y la de frontera (máxima), expresando la diferencia en la producción observada relativa a la producción que se obtendría si se utilizaran los recursos de forma totalmente eficiente¹². Reescribiendo la función de producción siguiendo a Coelli et al (2005), se puede estimar la eficiencia técnica (ET) mediante la siguiente fórmula:

⁷ Se la distingue de la eficiencia asignativa, relacionada con el uso óptimo de los insumos dados sus precios. En este sentido, se la asocia con la maximización de beneficios y minimización de costos.

⁸ Hay que tener en cuenta, además, que no todos los agentes económicos utilizan la misma cantidad de insumos para generar la misma cantidad de productos.

⁹ En términos estadísticos, los residuos deberían ser menores o iguales a cero.

¹⁰ El error sigue teniendo los supuestos tradicionales de una distribución normal con media cero y varianza constante.

¹¹ Los términos v y μ , se asumen independientes e idénticamente distribuidos. La distribución de μ tendrían media cero y varianza constante si se distribuye mitad-normal. La media sería distinta de cero para una distribución normal truncada. Se requiere este tipo de distribuciones para evitar que los valores observados superen los estimados.

¹² Así, este cociente tomaría valores entre 0 y 1 y mientras más cercano a 1, mayor cercanía a la frontera óptima de producción.

$$ET_{it} = \text{producción observada} / \text{producción óptima}^{13}$$

$$ET_{it} = \exp(\ln y_{it}) / \exp(\ln y^*) = \exp(\sum \beta_{it} \ln x_{it} + v_{it} - \mu_{it}) / \exp(\sum \beta_{it} \ln x_{it} + v_{it})$$

$$ET_{it} = \exp(-\mu_{it})$$

Posteriormente se calcula el cambio en la eficiencia técnica de la provincia i , que resulta de dividir la eficiencia técnica observada en un período t , y la observada en el período anterior $t-1$. Esto entonces representaría la variación interanual de la eficiencia técnica para cada provincia:

$$\Delta ET_{i,t} = ET_{i,t} / ET_{i,t-1}$$

Por su parte, la variación en el cambio tecnológico (CT) de la provincia i , entre un período $t-1$ y el período t , se calcula a través del promedio geométrico de dos derivadas parciales respecto al tiempo de la función de producción:

$$\Delta CT_{i,t} = [(1 + d \ln y_{i,t} / dt) * (1 + d \ln y_{i,t-1} / dt - 1)]^{1/2}$$

El cálculo en concreto surge de diferenciar la función de producción estimada mediante el método SFA respecto al tiempo y calculando el promedio geométrico entre dos años. La multiplicación entre estos dos componentes (ΔET y $\Delta CT_{i,t}$) da por resultado el índice de Malmquist¹⁴, que muestra el cambio en la PTF entre el período $t-1$ y t .

$$PTF (\text{Índice de Malmquist}) = \Delta ET_{i,t} * \Delta CT_{i,t}$$

Este índice permite distinguir cambios tecnológicos (saltos en la frontera de producción) de cambios en eficiencia técnica (movimientos hacia la frontera de producción). El índice mide los cambios en la PTF entre dos puntos observados como un cociente entre las distancias de cada punto en relación con un nivel de tecnología común. Al utilizar el enfoque SFA, cuando este índice toma valores superiores a uno, implican mejoras en la PTF; un valor igual a 1 refleja estancamiento y valores menores a 1 significan caídas de la PTF.

A los fines de estimar el modelo de frontera de producción estocástica, se utiliza la función de producción tradicional Cobb-Douglas¹⁵, con lo cual se asume la existencia de cambios tecnológicos neutrales a lo Hicks, es decir, el progreso tecnológico incrementa por igual la eficiencia del capital y trabajo¹⁶. De esta forma, el modelo con datos en panel tiene la siguiente forma:

$$\ln(PGB_{it}) = \beta_0 + \beta_K \ln(K) + \beta_L \ln(L) - \mu_{it} + v_{it}$$

¹³ La función de producción óptima no tendría el término μ que representa las ineficiencias.

¹⁴ Para más detalles sobre el cálculo y diferencias respecto de otros índices utilizados para calcular la PTF ver OCDE (2001).

¹⁵ Gran parte de la literatura sobre crecimiento económico recurre a la función Cobb-Douglas como metodología estándar. Los fundamentos de esta decisión son en parte por conveniencia analítica (Jones, 2005) pero también por evidencia empírica a favor de este esquema, que en general supone participaciones constantes de capital y trabajo en el producto (Aiyar y Dalgaard, 2005).

¹⁶ Esto puede considerarse una limitación del análisis. Es posible adoptar otras formas funcionales como la función *translog* para evitar este supuesto, pero dado que es una primera aproximación a las mediciones subnacionales, se optó por un análisis más parsimonioso.

donde $-\mu \leq 0$ representa la ineficiencia técnica y v el error estadístico.

Los datos utilizados para la estimación abarcan las 24 jurisdicciones subnacionales de Argentina para el período 1980-2010. El Producto Geográfico Bruto (PGB) provincial está medido a precios constantes de 1993¹⁷. La dotación del factor trabajo se estima mediante la población en edad de trabajar entre los 16 y 65 años¹⁸ como es convencional en la literatura, buscando tener una aproximación a la población con capacidad de participar en el proceso productivo¹⁹. Como medida del capital físico se utiliza la variable stock de capital físico expresado en valores constantes de 1993²⁰. Los parámetros del modelo se estiman a través del método de máxima verosimilitud²¹.

3.1. Enfoque residual

A los fines de comparar los resultados siguiendo la metodología SFA, también se estima el crecimiento de la PTF siguiendo el enfoque residual. Para ello se asume una función de producción del estilo Cobb-Douglas, con capital (K) y trabajo (L). El cálculo surge de la siguiente ecuación:

$$\text{Crecimiento de la PTF (residual)}_{it} = \Delta \ln(\text{PGB}_{it}) - \alpha_L \Delta \ln(L_{it}) - \alpha_K \Delta \ln(K_{it})$$

Donde α_L y α_K son las participaciones relativas del trabajo y capital en el producto y el PGB es el Producto Geográfico Bruto de las jurisdicciones subnacionales.

Se calculan dos versiones, la primera asumiendo participaciones relativas constantes tomadas de Maia y Nicholson (2001), y la segunda, supone que estas participaciones relativas varían en el tiempo, pero son idénticas entre provincias. Los valores se extraen de las estimaciones realizadas por *The Conference Board*²² para Argentina.

¹⁷ Dada la diversidad de fuentes y métodos de cálculo de los datos de PGB, se utilizó un método estadístico de empalme de series, siguiendo el “método de la tasa de variación” propuesto por INDEC (s.f.) para el caso del PIB. Se tomó como punto de partida la estimación de 1993 de la Dirección Nacional de Cuentas Nacionales (s.f), año en que la suma de los PGB’s provinciales coincide con el PIB Nacional. Los datos se obtienen de la siguiente fórmula: $\text{PGB}_{t-1,i} = \text{PGB}_{t,i} / (1+g)$ para los años anteriores a 1993; y la fórmula $\text{PGB}_{t+1,i} = \text{PGB}_{t,i} * (1+g)$ para los años posteriores a 1993, donde g es la tasa de variación entre períodos, en tanto por uno, obtenida con los datos de los PGB’s medidos a valores constantes. Para el período 1980-2002 se utiliza la publicación de Martínez (2004) y a partir de 2003 se recurre a datos publicados por las diferentes Direcciones Provinciales de Estadística, el Consejo Federal de Inversiones y/o el Centro de Estudios para la Producción, dependiente de la Secretaría de Industria y Comercio.

¹⁸ Se utilizaron los datos provenientes de los Censos Nacionales de Población y las proyecciones quinquenales publicadas por INDEC (1996a, 1996b, 2005), practicando interpolaciones lineales para los años faltantes.

¹⁹ Al utilizar este indicador, elegido también por disponibilidad a nivel subnacional, el producto podría pensarse en términos de producto potencial, ya que no se tiene en cuenta el desempleo.

²⁰ Se utilizaron los datos calculados por la Universidad Nacional de La Plata para el período 1980-1996. La serie se actualizó hasta 2010 recurriendo a indicadores de volumen físico para los componentes maquinaria y equipos, construcción y material de transporte. Los datos surgen de series trimestrales de empleo registrado por sector de actividad y provincia publicadas por el Ministerio de Trabajo de la Nación en base al Sistema Integrado de Jubilaciones y Pensiones. La correlación entre la suma de las estimaciones por provincia y el total nacional calculado por INDEC alcanzó el 95%.

²¹ Para realizar las estimaciones se utilizó el paquete “frontier” del *software* R, elaborado por Tim Coelli and Arne Henningsen que utiliza los códigos del software FRONTIER 4.1 (Coelli, 1996).

²² Información disponible en <https://conference-board.org/data/economydatabase/>

En el siguiente apartado se presentan los resultados de ambos enfoques. En primer lugar, se muestran los resultados del método tradicional y luego se compara con los obtenidos mediante el enfoque de frontera estocástica.

4. Análisis de las estimaciones de la PTF. Resultados

4.1. Enfoque residual.

En la tabla 1 se presentan las estadísticas descriptivas de la tasa de variación de la PTF por provincias (datos ordenados de menor a mayor según la mediana), utilizando participaciones relativas del capital y trabajo variables²³. La primera conclusión que se extrae de estos resultados es que, en promedio, el crecimiento de la PTF en los 30 años se ubica alrededor del 0%. La similitud entre medias y medianas da cuenta de que, a pesar de la presencia de datos atípicos o extremos —tal como muestran valores máximos, por ejemplo, en Catamarca con un cambio interanual del 62%, o Neuquén con una caída del casi 30%— en general son años puntuales, con aumentos y disminuciones que terminan compensándose²⁴.

Tabla 1.

Estadísticas descriptivas.

Tasas de variación de la Productividad Total de los Factores por provincia.

Años 1980-2010

Provincia	N	media	mediana	desv.	min	max	p25	p75	riq*
Total	744	0.006	0.008	0.075	-0.293	0.622	-0.030	0.045	0.075
La Rioja	31	0.010	-0.019	0.092	-0.119	0.377	-0.030	0.049	0.079
La Pampa	31	-0.010	-0.018	0.068	-0.170	0.124	-0.049	0.039	0.088
Tierra del Fuego	31	-0.017	-0.014	0.127	-0.262	0.378	-0.094	0.061	0.155
Río Negro	31	-0.019	-0.013	0.060	-0.142	0.088	-0.051	0.026	0.077
Neuquén	31	-0.023	-0.012	0.099	-0.293	0.189	-0.086	0.037	0.123
Jujuy	31	0.001	-0.006	0.051	-0.077	0.130	-0.030	0.027	0.057
San Luis	31	0.018	-0.005	0.121	-0.142	0.356	-0.071	0.065	0.137
Salta	31	-0.002	0.001	0.068	-0.161	0.150	-0.035	0.028	0.063
Corrientes	31	-0.000	0.002	0.043	-0.079	0.078	-0.029	0.026	0.055
Córdoba	31	0.009	0.002	0.044	-0.073	0.088	-0.022	0.046	0.068
Santa Fe	31	0.010	0.003	0.035	-0.040	0.080	-0.018	0.039	0.057
Catamarca	31	0.022	0.011	0.135	-0.143	0.622	-0.064	0.062	0.126
Misiones	31	0.009	0.013	0.052	-0.107	0.107	-0.021	0.051	0.072
Tucumán	31	0.004	0.013	0.061	-0.160	0.106	-0.029	0.044	0.073
Chaco	31	0.013	0.014	0.082	-0.180	0.158	-0.034	0.069	0.103
Stgo. del Estero	31	0.011	0.015	0.074	-0.207	0.161	-0.031	0.064	0.095
Buenos Aires	31	0.012	0.015	0.046	-0.079	0.109	-0.031	0.034	0.066
Entre Ríos	31	0.024	0.016	0.060	-0.161	0.154	-0.004	0.056	0.060
Mendoza	31	0.017	0.019	0.065	-0.220	0.150	-0.023	0.059	0.082
San Juan	31	0.015	0.021	0.056	-0.102	0.143	-0.020	0.041	0.061
Chubut	31	0.010	0.024	0.056	-0.138	0.090	-0.025	0.048	0.073
CABA	31	0.022	0.024	0.041	-0.056	0.115	-0.020	0.050	0.070
Santa Cruz	31	-0.003	0.024	0.076	-0.219	0.096	-0.035	0.051	0.085
Formosa	31	0.009	0.025	0.073	-0.210	0.135	-0.026	0.046	0.071

*riq=rango intercuartil; desv=desvío estándar.

²³ Los resultados son similares utilizando la versión con las participaciones relativas de los factores constantes.

²⁴ En el caso de Catamarca, los valores extremos surgen por el salto en el PGB producto de la actividad minera, al igual que en San Juan. Por su parte, el caso de San Luis se da por el crecimiento vinculado a los regímenes de promoción industrial. El resto de los valores atípicos se da en provincias petroleras, con lo cual se presume un posible efecto por regalías y en el caso de Entre Ríos, por las vinculadas a los recursos hídricos.

Fuente: elaboración propia.

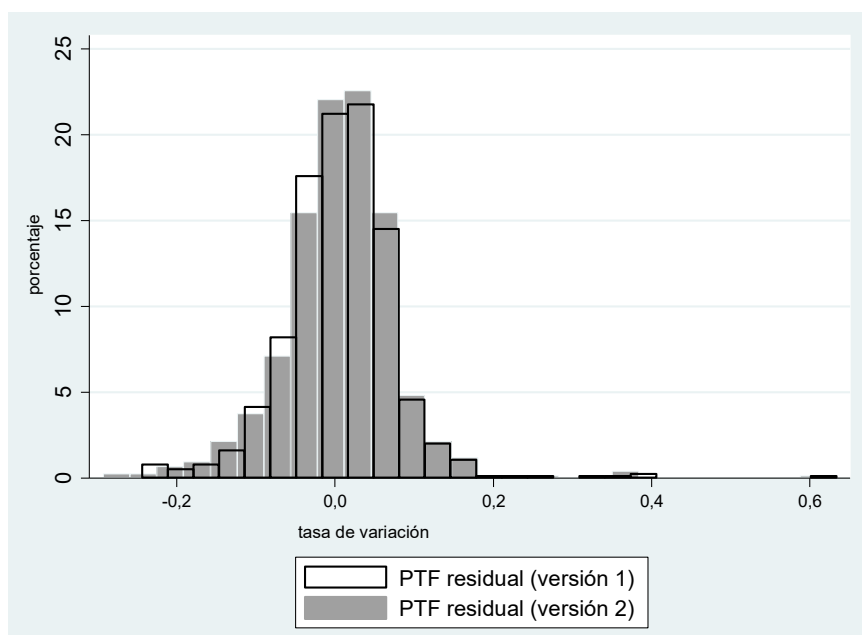
Los percentiles 25 y 75 muestran que en general las tasas de crecimiento interanual se ubican entre caídas del 3% e incrementos de 4,5%. En definitiva, esto coincide con el comportamiento general para el país, donde luego de las mejoras en productividad en general durante la década de los '90, le siguieron caídas de igual magnitud.

Los gráficos 2a (histograma) y 2b (*box-plots*) permiten revisar la dispersión de estos valores. Se advierte en el primero el patrón general de concentración de los valores alrededor del 0% y si bien existe cierta simetría (media y mediana prácticamente coinciden en este valor) las tasas negativas son levemente más frecuentes. El patrón es similar para las dos versiones de la PTF calculadas siguiendo la metodología residual. Por su parte, en el segundo gráfico se detecta la clara presencia de casos extremos, al igual la simetría entre tasas de variaciones positivas y negativas, en este caso, para cada provincia. Otra característica relevante que aportan estos resultados es la mayor heterogeneidad temporal dentro de cada provincia, pero escasas diferencias entre ellas. Es decir, el magro crecimiento de la PTF sería un fenómeno común para todas las provincias, aunque con fluctuaciones a través del tiempo.

Gráfico 2a.

Histograma.

Tasas de variación de la PTF*. Años 1980-2010



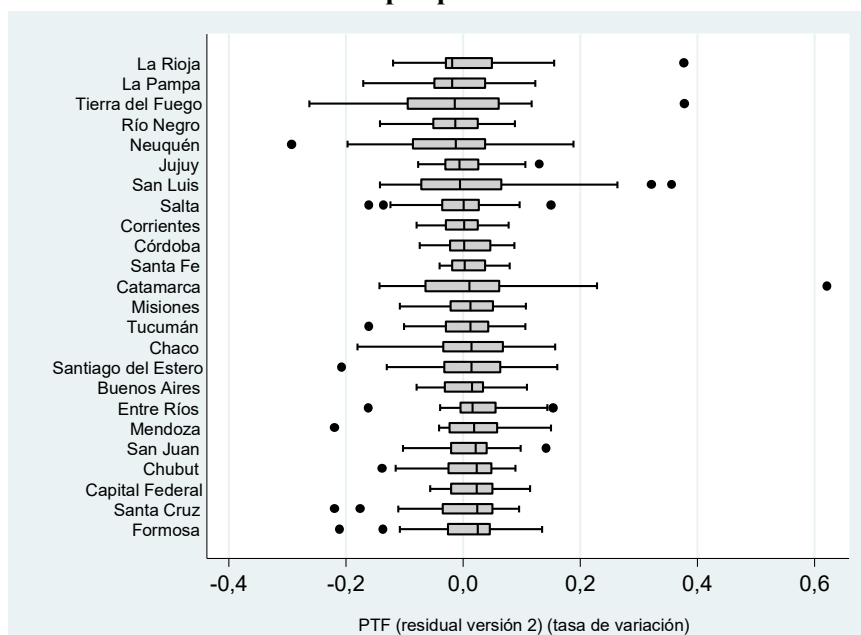
*La versión 1: participaciones relativas de los factores constantes. Versión 2: participaciones relativas de los factores variables (ver apartado metodológico).

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2a.

Box-plots.

Tasas de variación de la PTF* por provincias. Años 1980-2010



Nota: la versión 1 (no reportada) presenta el mismo patrón que la versión 2

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Enfoque Frontera Estocástica.

¿Cambian estos hallazgos cuando se calcula la PTF siguiendo la metodología SFA? La respuesta es que no demasiado. En la tabla 2 se presentan los resultados de las estimaciones. En la primera columna se reportan las estimaciones tradicionales mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios para los datos agrupados; en la segunda las estimaciones incorporando efectos fijos y la tercera corresponde a la estimación siguiendo el enfoque de frontera estocástica²⁵.

²⁵ Se asumen ineficiencias invariantes en el tiempo, y una distribución normal truncada. De esta manera, las ineficiencias se modelan como $\mu_{it} = \mu_i \sim N^+(\mu, \sigma_\mu)$.

Tabla 2

Estimaciones de la función de producción.

Variable dependiente: PGB (\ln)	Agrupado	Efectos Fijos	SFA
Stock de capital físico (\ln)	0.40*** (0.025)	0.19*** (0.03)	0.20*** (0.03)
Trabajo (población 15 a 65 años) (\ln)	0.43*** (0.034)	0.91*** (0.05)	0.79*** (0.09)
σ^2			0.39*** (0.03)
γ			0.92*** (0.007)
μ			1.21** (0.11)
Constante	3.13*** (0.198)	0.40 (0.41)	3.43*** (0.99)
N	744	744	744
<i>Eficiencia(promedio)</i>			0.18

Nota: * $p < 0,10$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$. Errores estándar entre paréntesis.

Al comparar el modelo con efectos fijos y el que resulta por SFA se observa que los coeficientes son similares²⁶. En todos los casos el supuesto de monotonidad ya que los signos (que representan las elasticidades) son positivos y estadísticamente significativos. Esto significa que una unidad adicional de un factor no genera reducciones en la producción. En el modelo SFA la elasticidad del capital es de alrededor de 0,20, mientras que la del trabajo es alrededor de 0,79, con lo cual la estimación puntal indicaría prácticamente rendimientos constantes a escala²⁷.

Para analizar la adecuación del modelo SFA, se testea la existencia o no de ineficiencia técnica y para ello es útil analizar el valor de las estimaciones para los parámetros adicionales que reporta el modelo. El primero σ^2 , es la suma de las varianzas de ν y μ . Por su parte, el coeficiente *gamma* (γ), indica la importancia del término de ineficiencia, a través de la participación de la varianza de μ en la varianza total. Así, γ varía entre cero y uno. Si dicho coeficiente fuera igual a “0” (cero), implica que no habría ineficiencia y los desvíos respecto de la función de producción serían totalmente aleatorios, de ser así, las ineficiencias serían irrelevantes y por lo tanto no habría diferencias en relación con las estimaciones tradicionales. En el extremo opuesto, si fuera “1” (uno), entonces no habría error aleatorio y todo sería ineficiencia, es decir, que los desvíos de la frontera de producción serían producto exclusivamente de ineficiencias en el uso de los factores productivos.

Utilizando el coeficiente *gamma* se testea la adecuación del modelo intentando rechazar la hipótesis nula (no hay ineficiencias, solo error estadístico) $H_0: \gamma=0$ mediante el test de la razón de verosimilitud para revisar si el término μ mejora el ajuste del modelo. El test indica que es posible rechazar la hipótesis de que *gamma* (γ) es igual a cero²⁸ (p -valor $<0,001$) y por lo tanto el modelo que incorpora ineficiencias técnicas es adecuado.

²⁶ Los intervalos de confianza al 95% para el modelo de efectos fijos son (0,81; 1,0) para el factor trabajo y (0,13;0,24) para el stock de capital físico.

²⁷ Claro que, teniendo en cuenta los errores estándar de los coeficientes, en realidad podrían existir tanto rendimientos crecientes como decrecientes.

²⁸ Bajo la hipótesis nula, el test sigue asintóticamente una distribución χ^2 mixta (Coelli, 1995).

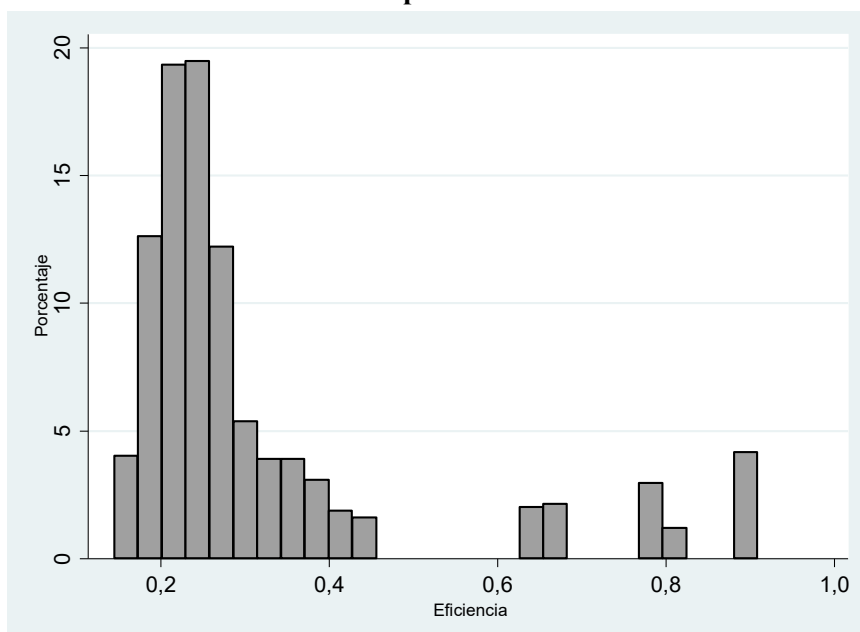
Los resultados arrojan un valor de gamma de alrededor de 0,90. Esto constituye un hallazgo importante ya que indica no solo que los errores aleatorios y las ineficiencias técnicas explican los desvíos respecto de la función de producción, sino que las ineficiencias son claramente mucho más relevantes. De acuerdo con las estimaciones, la proporción de la varianza explicada por ineficiencias es de alrededor del 76,6%²⁹.

La estimación para μ también refleja la importancia de las ineficiencias. Un valor igual a cero implica las provincias se ubican en la frontera de producción (no hay ineficiencias), mientras que valores positivos indican que se encuentran por debajo de la frontera de eficiencia³⁰. El modelo reporta una eficiencia media de las provincias del 31%. El histograma de las ineficiencias (gráfico 3) indica que producen entre el 15% y el 45% del producto potencial, y muy pocos casos (correspondientes a CABA, Tierra del Fuego y Santa Cruz), se ubicaron más cerca de la frontera (entre el 60% y 90% del producto potencial).

Gráfico 3.

Histograma.

Estimaciones eficiencia técnicas provinciales. Años 1980-2010



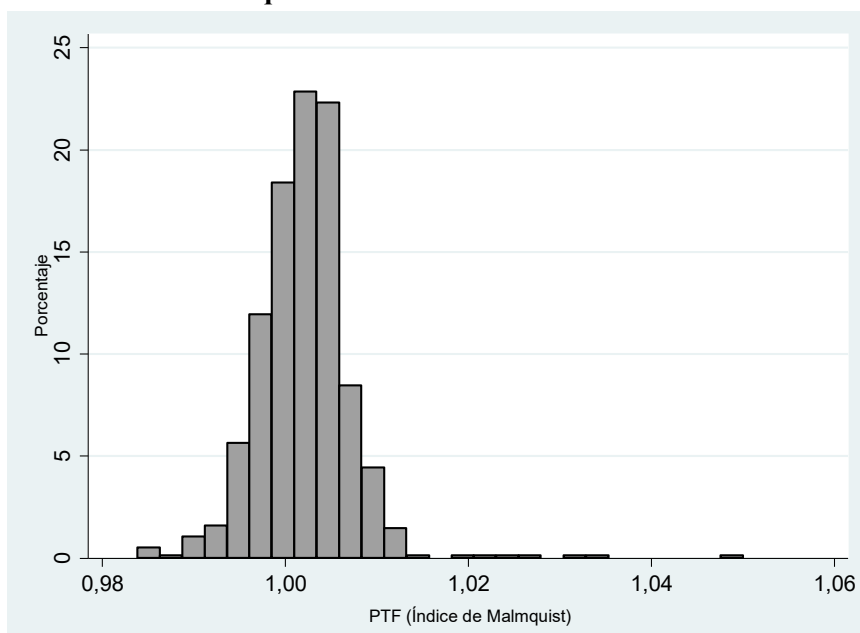
Fuente: Elaboración propia.

El aporte de este nuevo cálculo radica en la capacidad para distinguir entre eficiencia técnica y cambio tecnológico. Los gráficos 4a y 4b muestran ahora tanto el histograma como los *box-plots* por provincias, pero para el cálculo de los índices de Malmquist. En este caso, el valor clave es “1”. Si el índice es superior a este valor, indica mejoras en la PTF, menores a 1 retrocesos, mientras que si es igual a 1 entonces representaría estancamiento. Esto último es lo que ocurre para las provincias argentinas, acorde con los resultados encontrados bajo la metodología tradicional.

²⁹ Para una explicación sobre los cálculos relacionados con la varianza del modelo ver Henningsen (2018).

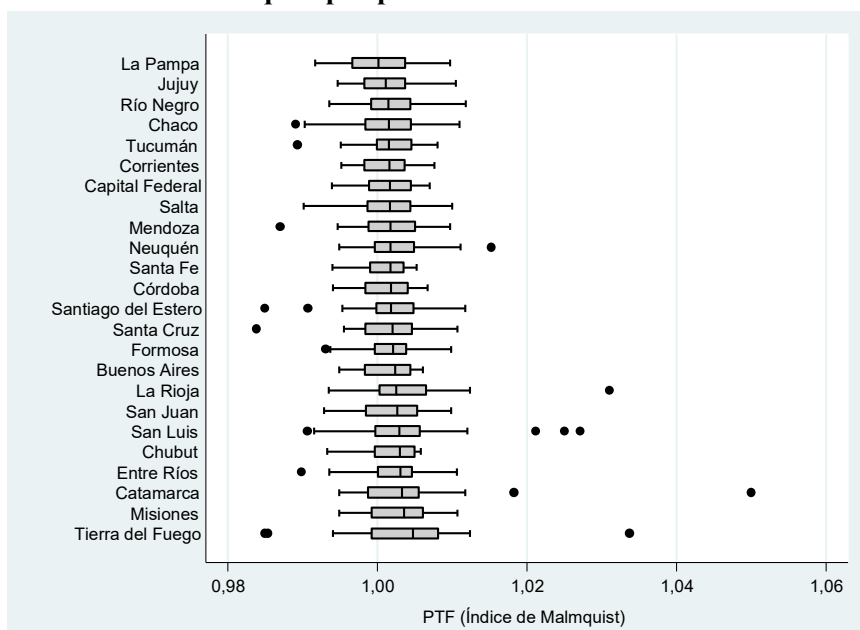
³⁰ Los resultados revelan que la distribución de μ no sigue una forma mitad normal con media cero, sino una distribución normal truncada, ya que el valor estimado es estadísticamente significativo y superior a cero.

Gráfico 4a.
Histograma.
PTF índice de Malmquist. Años 1980-2010



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4b.
Box-plots.
PTF índice de Malmquist por provincias. Años 1980-2010



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3 se presentan los promedios anuales y general. La tasa de crecimiento interanual de la PTF-Malmquist para el período 1980-2010 fue de alrededor del 0,21%. Por su parte, el ritmo de crecimiento promedio de la eficiencia técnica fue del 0,06%, mientras que el cambio tecnológico a lo hizo a un ritmo de 0,14% por año. Valores tan bajos reflejan que las economías provinciales no han logrado ni progreso tecnológico ni mejoras en de eficiencia técnica, lo cual es preocupante en términos de desarrollo

económico. Al comparar con estimaciones de este estilo para China (que lidera el ranking mundial en el crecimiento de la PTF) para un período similar, se advertiría un cuadro totalmente opuesto, siendo el cambio tecnológico el motor del crecimiento de las provincias chinas y un dinamismo mucho mayor (Wei y Hao, 2011).

Tabla 3.

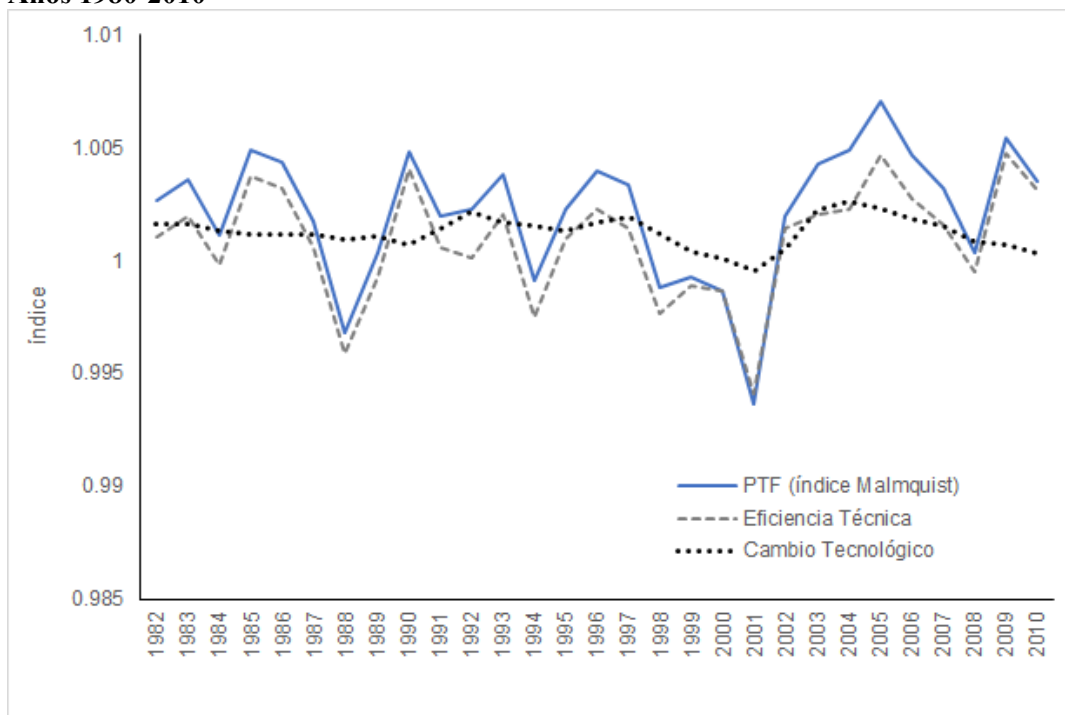
Índices de PTF, Eficiencia Técnica y Cambio Tecnológico. Promedios por provincia. Años 1980-2010

Provincia	PTF (Malmquist)	Eficiencia Técnica (índice)	Cambio Tecnológico (índice)
Buenos Aires	1.0014	1.0007	1.0006
Capital Federal	1.0016	1.0014	1.0002
Catamarca	1.0044	1.0022	1.0022
Chaco	1.0012	1.0004	1.0008
Chubut	1.0023	1.0008	1.0015
Corrientes	1.0012	1.0000	1.0011
Córdoba	1.0013	1.0006	1.0007
Entre Ríos	1.0025	1.0017	1.0008
Formosa	1.0019	1.0005	1.0014
Jujuy	1.0015	1.0002	1.0013
La Pampa	1.0004	0.9993	1.0011
La Rioja	1.0040	1.0015	1.0024
Mendoza	1.0017	1.0010	1.0007
Misiones	1.0026	1.0009	1.0017
Neuquén	1.0027	0.9997	1.0030
Río Negro	1.0015	0.9997	1.0018
Salta	1.0011	0.9998	1.0013
San Juan	1.0022	1.0012	1.0010
San Luis	1.0041	1.0020	1.0021
Santa Cruz	1.0017	1.0000	1.0017
Santa Fe	1.0013	1.0007	1.0006
Santiago del Est	1.0019	1.0008	1.0011
Tierra del Fuego	1.0037	0.9994	1.0043
Tucumán	1.0016	1.0005	1.0011
Total	1.0021	1.0006	1.0014

Fuente: elaboración propia.

La contribución de este nuevo cálculo se observa con mayor claridad en el gráfico 5, que muestra la evolución del índice promedio anual desagregando entre los componentes previamente mencionados.

Gráfico 5.
Índices de PTF, Eficiencia Técnica y Cambio Tecnológico. Promedios anuales.
Años 1980-2010



El principal hallazgo es que las variaciones en la PTF estarían determinadas por cambios en la eficiencia del uso de los recursos productivos y no en el cambio tecnológico. En el gráfico se observa la escasa variabilidad temporal de este último componente. Este resultado indica la escasa relevancia del progreso tecnológico como motor del desarrollo. Así, tal como señala la literatura para Argentina, los crecimientos en la productividad tendrían que ver más con el uso o no de factores **ocioso**, y no con progresos tecnológicos que promuevan un crecimiento sostenido³¹.

³¹ En términos teóricos, las provincias se alejarían o acercarían a la frontera de producción (eficiencia técnica), pero no habría saltos o ampliaciones de esta frontera (progreso tecnológico).

5. Conclusiones

En este trabajo se ha realizado una estimación de la PTF a nivel subnacional para el período 1980-2010 utilizando el enfoque de la frontera estocástica (SFA). Entre las ventajas de este método, se encuentra la posibilidad de distinguir dentro de la PTF eficiencia técnica y cambio tecnológico. Los resultados indican la existencia de ineficiencias en el uso de los factores productivos y principalmente un estancamiento de la PTF, que además tendría poca relación con el progreso tecnológico. Las tasas de crecimiento se encuentran en torno al 0% con escasas diferencias a nivel subnacional. El modelo reporta una eficiencia media de las provincias del 31% con niveles de producción concentrados entre el 15% y el 45% del producto potencial, es decir, muy lejos de los niveles óptimos.

Entre las limitaciones del análisis es necesario mencionar la calidad de los datos con los que se estima la función de producción, aunque una ventaja del enfoque elegido es su robustez ante la presencia de errores de medición. Se dejan para futuras investigaciones analizar los resultados recurriendo a otras formas funcionales ya que se han utilizado supuestos restrictivos sobre la función de producción, además de que el modelo podría mejorarse incorporando variables explicativas no solo como factores de producción (por ejemplo, capital humano o tierra), sino también variables que influyen sobre las ineficiencias técnicas o incorporar variabilidad temporal en las mismas.

El trabajo es el puntapié inicial para analizar principalmente el rol del capital humano en la PTF y estudiar si a través de mejoras educativas, las provincias argentinas podrían aumentar al menos la eficiencia en el uso de los factores productivos o facilitar el cambio tecnológico. Debido a la disponibilidad y calidad de los datos, queda pendiente la estimación para los años posteriores a 2010, aunque estudios recientes señalan un deterioro en la performance de la PTF. Por esta razón, es fundamental continuar indagando en sus determinantes y así revertir este proceso para generar mejoras de productividad e inclusión sostenibles en el largo plazo.

Bibliografía

- Aigner, Dennis; Knox Lovell, C. A. y Schmidt, Peter (1977). "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models." *Journal of Econometrics*, 6 (1).
- Aiyar S. y Dalgaard, C. (2005). "Total Factor Productivity Revisited: A dual Approach to Development Accounting." *IMF Staff Papers*, 52 (1).
- Baumann y Cohan (2018). "Crecimiento, PTF y PIB potencial en Argentina." Subsecretaría de Programación Económica.
- Caselli, F. (2016). "Accounting for Cross-Country Income Differences: Ten Years Later." En *Governance and the Law*, World Development Report, Background paper.
- Coelli, T. (1996) "A Guide to FRONTIER Version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation", *CEPA Working Paper 96/08*, <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/frontier.php>, University of New England.
- Coelli, T.J., Prasada-Rao, D.S., O'Donnell, C.J. and Battese, G.E. (2005) *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. 2nd Edition, Springer, Berlin.
- Coelli, T.J., Prasada-Rao, D.S. y Battese, George E. (1997). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Norwell, Mass.: Kluwer Academic Publishers.
- Comin, D. (2008). "Total Factor Productivity." En Durlauf S.N., Blume L.E. (eds.) *The New Palgrave Dictionary of Economics*. Palgrave Macmillan, London.
- Coremberg, A. (2011). "The Argentine Productivity Slowdown. The challenges after global financial collapse." *World Economics*, 12 (3).
- Coremberg, A. (2012). "The ARKLEMS+LAND Database. Measuring productivity in unstable and natural resources dependent economies: Argentina." en *The Second World KLEMS Conference at Harvard University*, August 9-10, 2012
- Cusolito, A. P. y Maloney, W. F. (2018). *Productivity Revisited. Shifting Paradigms in Analysis and Policy*, The World Bank Group: Washington, DC.
- Dirección Nacional de Cuentas Nacionales (s.f.). Distribución del valor agregado bruto por jurisdicción y actividad económica. Conciliación entre el PIB y la suma de los PGB. Año 1993, en miles de pesos a precios corrientes. *Documento interno*.
- Henningesen, A. (2018). *Introduction to Econometric Production Analysis with R (second edition)*. Collection of Lecture Notes. Department of Food and Resource Economics, University of Copenhagen
- Hulten, C. (2001). "Total Factor Productivity: A Short biography." En Charles R. Hulten, Edwin R. Dean and Michael J. (eds.), *New Developments in Productivity*

- Analysis*, University of Chicago Press. The National Bureau of Economic Research.
- INDEC (1996a). “Proyecciones de población por sexo y grupos de edad, urbano-rural y económicamente activa (1990-2025) y por provincia (1996-2016)”, *Serie Análisis Demográfico*, 7.
- INDEC (1996b). “Estimaciones de la población por departamento. Período 1990-2005”, *Serie Análisis Demográfico*, 8.
- INDEC (2005). “Proyecciones provinciales de población por sexo y grupos de edad 2001-2015”, *Serie Análisis Demográfico*, 31.
- INDEC (s.f.) Producto interno bruto, serie empalmada 1980-2005, datos trimestrales. Nota metodológica. http://indec.gov.ar/ftp/nuevaweb/cuadros/17/pbi_80-05_metodología.doc, noviembre, 2014.
- Isaksson, Anders (2007). “World Productivity Database: A Technical Description.” *Research and Statistics Staff*, Working Paper no. 10/2007. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.
- Isaksson, Anders (2009). “The UNIDO World Productivity Database: An Overview.” *International Productivity Monitor*, 18.
- Jones, Charles (2005). “The Shape of Production Functions and the Direction of Technical Change.” *The Quarterly Journal of Economics*, 120 (2).
- Jorgenson, Dale y Griliches, Zvi (1967). “The Explanation of Productivity Change.” *The Review of Economic Studies*, 34 (3).
- Kendrick, J. y Sato, R. (1963). “Factor Prices, Productivity, and Economic Growth.” *The American Economic Review*, 53 (5).
- Kim, Y. y Loayza, N. (2019). “Productivity Growth. Patterns and Determinants Across the World.” *Policy Research Working Paper*, 8852, Development Research Group, Development Economics, World Bank Group.
- Kydland, F. (2006). “Quantitative Aggregates Economics.” *The American Economic Review*, 96 (5).
- Lipsey, R. y Carlaw, K. (2004). “Total Factor Productivity and the Measurement of Technological Change.” *The Canadian Journal of Economics*, 37 (4).
- Martinez, R. (2004). Estimaciones preliminares del producto interno provincial a precios constantes. Período 1980/2002. *Mimeo*.
- Meeusen, Wim y van den Broeck, Julien (1977). “Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error.” *International Economic Review*, 18 (2).
- OCDE (2001). *Measuring Productivity. OECD Manual. Measurement of Aggregate and Industry-Level Productivity Growth*. Paris.

- OCDE (2019). *OECD Compendium of Productivity Indicators 2019*, OECD Publishing: Paris.
- Sharpe, A. (2002). “Productivity Concepts, Trends and Prospects: An Overview.” in Banting, Sharpe y St-Hilaire (eds.), *The Review of Economic Performance and Social Progress Towards a Social Understanding of Productivity*, vol. 2.
- Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1).
- Wei, Zheng y Hao, Rui (2011). “The role of human capital in China’s total factor productivity growth: a cross-province analysis”, *The Developing Economies*, 49 (1).
- World Bank (2018). *Argentina: Escaping Crises, Sustaining Growth, Sharing Prosperity*. Washington, DC: World Bank.