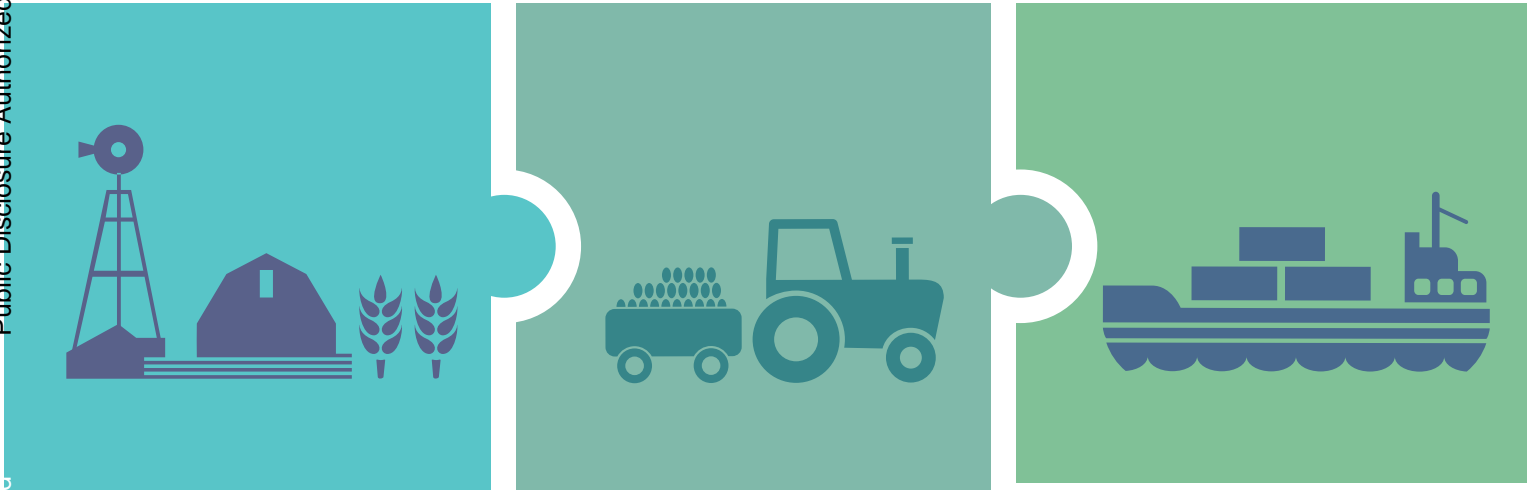


CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD TOTAL DE FACTORES EN LA AGRICULTURA ARGENTINA Y PAÍSES DEL CONO SUR 1961-2013



Daniel Lema

La información y las opiniones contenidas en este trabajo son responsabilidad exclusiva de cada autor y no representan necesariamente el punto de vista del Banco Mundial.

Agradecimientos

Agradezco la invitación de Alberto Valdés, Holger Kray, Julián Lampietti y Renato Nardello para su elaboración, así como sus comentarios y sugerencias. También agradezco las contribuciones y valiosos intercambios de opinión de Adolfo Sturzenegger y Julio Nogués. Nicolás Gatti realizó un importante trabajo como asistente de investigación para la recopilación de datos, estimaciones y cálculo. Los errores que puedan persistir son, como es usual, responsabilidad exclusiva del autor.

ÍNDICE

1. Introducción
2. Estimación de Índices de PTF
 - 2.1. Metodología
 - 2.2. Datos
 - 2.2.1. Producción
 - 2.2.2. Insumos
 - 2.2.3. Participaciones Factoriales (*Cost Shares*)
 - 2.3. Resultados de Estimaciones
 - 2.3.1. Tasas de Crecimiento de Producción, Insumos y PTF
 - 2.3.2. Tendencias en Índices de Producción y PTF
 - 2.4. Producción y Productividad en Argentina y el Cono Sur: Análisis Comparativo
 - 2.5. Síntesis de los Principales Resultados
3. Estimaciones no Paramétricas. Descomposición de los Cambios en Productividad en Argentina y Países del Cono Sur.
 - 3.1. Índices de *Färe-Primont* de PTF
 - 3.2. Medición de Eficiencia
 - 3.3. Descomposición del Cambio en PTF
 - 3.4. Métodos de Estimación
 - 3.5. Datos
 - 3.6. Resultados
 - 3.7. Síntesis de los Principales Resultados
4. Comentarios Finales
5. Referencias
6. Apéndice I
7. Apéndice II

Resumen

El trabajo analiza la evolución de la producción y la productividad de la agricultura en Argentina y compara los resultados con lo ocurrido en otros países de la región del Cono Sur. En los últimos años las políticas comerciales y fiscales han determinado una alta discriminación contra el sector agropecuario argentino y motivan una serie de preguntas sobre el desempeño reciente en términos de producción y productividad: ¿Cuál ha sido la tasa de crecimiento de la producción y de la PTF en Argentina en los últimos años? ¿Cómo ha variado entre distintos períodos? ¿Ha sido distinta la evolución dependiendo del contexto de precios y de políticas sectoriales? ¿Cómo se compara con otros países de la región? Para responder estas preguntas en el trabajo se estiman las tasas de cambio de producción y productividad a partir de la base FAOSTAT para Argentina y países del Cono Sur en el período 1961-2012. En la primera parte del trabajo, la metodología de cálculo sigue el enfoque de contabilidad de crecimiento para estimar índices de Productividad Total de Factores. Para analizar la robustez de los resultados, en una segunda parte se presentan estimaciones utilizando un método no paramétrico alternativo para calcular y desagregar los cambios en la PTF en sus principales componentes: cambio técnico, cambio en eficiencia técnica y cambio en eficiencia de escala. Los resultados obtenidos muestran una reducción en las tasas de crecimiento de la producción y productividad, así como un rezago relativo con respecto a los países de la región luego de la aplicación políticas de impuestos, regulaciones y restricciones cuantitativas a la exportación de productos agropecuarios.

I. Introducción.

Los antecedentes de estudios sobre políticas económicas y sus efectos sobre la producción y productividad del sector agropecuario argentino pueden remontarse a un importante trabajo realizado por Marto Ballesteros en el año 1957 como tesis doctoral para la Universidad de Chicago. Ballesteros encontró que las políticas adoptadas por el gobierno luego de 1945 redujeron los precios relativos de los principales exportables (trigo, maíz, lino, carnes) impactando negativamente en los índices de producción agropecuaria. Díaz Alejandro (1975) señala que estas distorsiones de precios implicaron una limitada adopción de las tecnologías agrícolas modernas que se habían desarrollado en los EE.UU entre las décadas del 30 y 50 (híbridos, fertilización, mecanización). Recién hacia los años 60 la tendencia se revierte luego de la creación del INTA, en 1956, y se comienzan a observar cambios importantes, especialmente en agricultura, en el paquete técnico utilizado (fertilizantes, herbicidas, maquinarias, nuevas semillas, entre otros).

Cavallo y Mundlak (1982) estimaron que la agricultura argentina creció entre 1940-72 al 1.4%, más lentamente que la tasa de 1.8% observada entre 1908-20, atribuyendo este resultado a los controles de precios e impuestos aplicados al sector. Víctor Elías (1992) encuentra que durante la década del 70 se incrementó el uso de tierra y del capital, aunque no de la mano de obra, por efecto de la mecanización y migración hacia las ciudades, estableciendo que la participación de la PTF en la tasa de crecimiento de la producción agropecuaria fue del 21%. En el trabajo de Fulginiti y Perrin (1990) se estima una función de beneficios multiproducto y estos autores calculan que entre 1940-80 las distorsiones de política redujeron entre un 25% a 30% la tasa de crecimiento del sector. En un trabajo reciente Sergio Lence (2010) resalta la rápida respuesta en términos de volumen de producción agrícola a partir de 1990, década en que se eliminaron y redujeron distorsiones de precios, remarcando que el sector es extremadamente sensible a los cambios de política económica.

Debe destacarse que los resultados de las estimaciones de PTF en agricultura suelen ser disímiles, dependiendo tanto de los datos utilizados como de la metodología de estimación. Por ejemplo, Fulginiti y Perrin (1998) estimaron que la PTF agrícola en Argentina se contrajo a una tasa promedio anual de -4.8% entre 1961-1985 utilizando índices de Malmquist para el cálculo; mientras que utilizando metodología fronteras estocásticas Bharati y Fulginiti (2007) encontraron aumentos 3.47% por año desde 1972-

1981, a 1.38% en 1982-1991. Lanteri (1994) analizó las fuentes de crecimiento y la innovación entre 1950-1992 y mediante estimaciones econométricas de funciones de producción translogarítmicas calculó una tasa de cambio técnico de 1.9% entre 1964-1992. En un trabajo reciente Trindade y Fulginiti (2015) señalan para Argentina, dos resultados de PTF opuestos utilizando diferentes metodologías: PTF positiva utilizando fronteras estocásticas y PTF negativa con el índice de Malmquist. Gallacher (2000) realizó una estimación de la PTF para seis regiones y siete actividades productivas diferentes utilizando datos de estructuras de costos e indicadores técnicos y económicos de las actividades, encontrando tasas de crecimiento de PTF para el trigo en zona centro del 5% anual, soja entre 2.4%-2.8%, girasol 1% a 3% y maíz alrededor 1%. Lema (2010) utilizando metodología de números índices encontró que para el período 1968-2008, el crecimiento anual promedio de la PTF fue de un 2.4%. Saini y Lema (2014) presentan una estimación de largo plazo utilizando índices de Tornquist para datos agregados del sector agropecuario entre 1913 y 2010 y calculan una tasa de crecimiento de la PTF del 1.5% anual. Coremberg (2010) examina la evolución y fuentes de crecimiento de la agricultura en Argentina utilizando contabilidad de crecimiento y estima una tasa de crecimiento anual de la PTF del 1.5% en el período 1990-2006. Flavio Días Ávila y Robert Evenson (2010) utilizaron datos de FAOSTAT y un método de contabilidad de crecimiento para calcular la evolución de la PTF en un amplio grupo de países. En el caso de Argentina, estimaron una tasa de crecimiento anual de la PTF para 1981-2001 de 2.35%, mientras que para el período 1961-80 fue de 1.83% anual. En síntesis, si bien existen disímiles resultados, en general las estimaciones arrojan valores de crecimiento de la PTF que se encuentran en el rango del 1% al 2% anual, lo que indica un comportamiento relativamente dinámico para el sector agropecuario argentino.

El objetivo del presente trabajo es analizar la evolución reciente de la producción y la productividad de la agricultura en Argentina y comparar los resultados con lo ocurrido en otros países de la región del Cono Sur. Las políticas comerciales y fiscales, particularmente en los últimos diez años, han determinado una alta discriminación contra el sector agropecuario argentino y motivan una serie de preguntas sobre el desempeño reciente en términos de producción y productividad: ¿Cuál ha sido la tasa de crecimiento de la producción y de la PTF en Argentina en los últimos años? ¿Cómo ha variado entre distintos períodos? ¿Ha sido distinta la evolución dependiendo del contexto de precios y de políticas sectoriales? ¿Cómo se compara con otros países de la región?

Para responder estas preguntas en el trabajo se estiman las tasas de cambio de producción y productividad a partir de la base FAOSTAT para Argentina y países del Cono Sur en el período 1961-2012¹. FAO publica datos de producción de cultivos y de producción ganadera y también de tierra cultivada, pasturas, trabajo en agricultura, fertilizantes, semillas, maquinaria agrícola y stock de animales. En el caso de Argentina, la base de datos de FAOSTAT se extiende hasta el año 2013 utilizando datos de fuentes locales (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca). Con estos datos se calculan los índices de producción e insumos y se estiman las tasas de cambio en la PTF para la producción agrícola, y la producción ganadera en Argentina y la región.

En la primera parte del trabajo, la metodología de cálculo sigue el enfoque presentado en Avila y Evenson (2010), quienes utilizan la base de datos de FAO para el periodo 1961-2001. La metodología de estos autores asume participaciones constantes de los factores en el producto para la estimación de índices y para obtener tasas de cambio en producción, factores y PTF. No se realizan ajustes por cambios en la calidad de los insumos utilizados, lo que implica que cualquier cambio en este sentido es capturado por el residual PTF. Al seguir este enfoque, nuestros resultados son comparables en términos de datos y metodología con los obtenidos por los autores y permiten establecer una comparación para evaluar el período reciente 2002-2013.

Una limitación importante para las estimaciones de PTF es la disponibilidad de precios de insumos para calcular las participaciones factoriales. Para analizar la robustez de los resultados calculados con el método de participaciones constantes, en una segunda parte se presentan estimaciones utilizando un método no paramétrico alternativo que nos permite calcular y desagregar los cambios en la PTF en sus principales componentes: cambio técnico, cambio en eficiencia técnica y cambio en eficiencia de escala. La metodología sigue el enfoque presentado en O'Donnell (2008) para calcular índices de tipo *Färe-Primont* de productividad y se utiliza el programa DPIN (O'Donnell, 2011a) que permite la descomposición de productividad siguiendo la teoría de números índices y el análisis de envolvente de datos (DEA). La ventaja de este tipo de índices y de la

¹ El autor agradece especialmente a Michee Arnaud Lachaud, Boris E. Bravo-Ureta y Carlos E. Ludena por compartir la base de datos utilizada en su trabajo “*Agricultural productivity growth in Latin America and the Caribbean and other world regions An analysis of climatic effects, convergence and catch-up*”, (IADB, 2015), lo cual permitió completar para el presente estudio datos faltantes sobre insumos y producción. Los errores que pudieran existir en el procesamiento y estimaciones subsecuentes son, como es usual, responsabilidad exclusiva del autor.

metodología empleada es que no requieren disponibilidad de datos de precios ni supuestos sobre la competitividad de los mercados o el comportamiento optimizador de las empresas.

La estructura del trabajo es la siguiente: en la sección 2 se presenta la metodología, los datos utilizados y los resultados de las estimaciones de índices de TFP para Argentina y países del Cono Sur asumiendo participaciones factoriales constantes. En la sección 3 se presentan las estimaciones y resultados utilizando el método no paramétrico de estimación de índices de tipo Färe-Primont. La sección 4 presenta los comentarios finales.

2. Estimación de Índices de PTF.

2.1. Metodología.

Para obtener el índice de PTF se pueden utilizar diversos métodos, el menos restrictivo consiste en partir de una relación contable donde el valor del producto es equivalente al valor de los factores utilizados para producirlo.

$$\sum_i P_i Q_i = \sum_j R_j I_j, PQ = RI \quad (1)$$

Donde P_i son precios de productos, Q_i son cantidades de producto, R_j son precios de los insumos, I_j son cantidades de insumos, P y R son vectores de precios y Q e I vectores de cantidades. Esta relación simplemente requiere que los insumos, I , reciban pagos que agoten el valor total de la producción ($\square PQ$).

Si la ecuación (1) se expresa en términos de tasas de cambio, resulta en:

$$\sum_i Q_i \frac{\partial P_i}{\partial t} dt + \sum_i P_i \frac{\partial Q_i}{\partial t} dt = \sum_j I_j \frac{\partial R_j}{\partial t} dt + \sum_j R_j \frac{\partial I_j}{\partial t} dt \quad (2)$$

Se dividen ambos lados de (2) por $\square P_i Q_i$ y luego multiplicando los términos del lado derecho por R_j/R_j e I_j/I_j , entonces, es posible definir:

$$\frac{I_j R_j}{\sum_j I_j R_j} = C_j$$

Donde C_j es la participación del factor j en el costo de producción (cost share).

La tasa de cambio de una variable se define como:

$$\hat{I}_j = \frac{1}{I_j} \frac{\partial I_j}{\partial t} dt$$

Entonces si la PTF es constante:

$$\hat{P} + \hat{Q} = \sum_j C_j \hat{R}_j + \sum_j C_j \hat{I}_j = \hat{R} + \hat{I}$$

Es decir, la suma de las tasas de crecimiento de cantidades y precios de productos es equivalente a la suma de las tasas de crecimiento de cantidades y precios de insumos, ponderadas por las participaciones factoriales si la PTF es constante.

En consecuencia, el crecimiento residual de la PTF puede ser medido de dos formas equivalentes en una economía en equilibrio competitivo:

$$G_{PTF} = \hat{R} - \hat{P} \quad (3)$$

$$G_{PTF} = \hat{Q} - \hat{I} \quad (4)$$

La relación $\hat{Q} - \hat{I}$ es aplicable sin necesidad de información de precios, pero requiere información sobre participaciones factoriales en los costos.

2.2. Datos.

2.2.1. Producción.

FAOSTAT publica índices de producción de cultivos agrícolas (crops) (I_C) y de producción ganadera (livestock) (I_L). Los índices reportados por FAO son índices de Laspeyres donde las cantidades de cada producto están ponderadas por precios promedio internacionales 2004-2006. Utilizamos estos índices entre 1961 y 2013 para aproximar \hat{Q} . Dado que la producción es afectada por la variabilidad climática, para suavizar las series calculamos medias móviles de tres años de cada índice y luego estimamos por OLS las siguientes regresiones log-lineales para obtener las tasas de crecimiento de la producción:

$$\ln(I_C) = a_C + b_C \text{Year}$$

$$\ln(I_L) = a_L + b_L \text{Year}$$

Los coeficientes b_C y b_L son las tasas geométricas de cambio en cada uno de los índices. Cada una de las regresiones se estimó para los siguientes períodos: 1961-1989; 1990-

2001; 2002-2007 y 2008-2013². La elección de los períodos se realizó en función del conjunto de políticas vigentes en cada caso para el sector agropecuario, con el fin de analizar los potenciales impactos del cambio de políticas sobre tasas de crecimiento de producto, insumos y productividad. En términos estilizados de políticas de intervención puede caracterizarse cada período de la siguiente forma:

- I. 1961-1989: Impuestos a las exportaciones, regulación y alta protección industrial.
- II. 1990-2001: Ausencia de impuestos a las exportaciones y desregulación.
- III. 2002-2007: Impuestos a las exportaciones crecientes a lo largo del período. Regulaciones crecientes.
- IV. 2008-2013: Impuestos a las exportaciones, altas regulaciones y restricciones cuantitativas a la exportación.

Las políticas fiscales y comerciales aplicadas en el período I y las consecuencias negativas sobre el sector agropecuario han sido extensamente analizadas en la literatura, por ejemplo en Mundlak et al. (1989) y Krueger et al. (1990). El cambio en la orientación de las políticas que ocurrió entre 1990 y 2001 implicó una reducción importante en la desprotección sectorial que fue acompañada por un importante cambio tecnológico y expansión de la producción (Una descripción de este proceso puede verse en Lence, 2010). A partir del año 2002 se vuelven a imponer derechos de exportación, con alícuotas iniciales de un 10% sobre el valor FOB de los productos, pero que se fueron incrementando paulatinamente hasta llegar a un 35% en algunos casos (grano de soja). En el año 2008 el gobierno intentó imponer un sistema de derechos de exportación móviles con alícuotas crecientes, en función de los precios internacionales, y que implicaba alícuotas marginales de hasta un 95%. La iniciativa, que desató un importante conflicto entre el gobierno y las asociaciones de productores, finalmente no fue aprobada por el poder legislativo y luego de ese año casi no hubo modificaciones en las alícuotas de impuestos a la exportación de bienes agropecuarios. No obstante, a partir del año 2008 las restricciones cuantitativas fueron crecientes. En particular, se impusieron cuotas de exportación para los principales granos y carnes, lo que implicó importantes descuentos en los precios recibidos por los productores. Un análisis económico y cuantificación de las distorsiones de precios en estos dos períodos se

² Dias Avila y Evenson (2010) separan los períodos en 1961-1980 y 1981-2001.

presenta en Sturzenegger y Salzani (2008) y en Gallacher y Lema (2014). Una descripción detallada de la secuencia de intervenciones, los mecanismos de imposición y la operación de las restricciones cuantitativas y sus efectos puede verse en Ordóñez y Senesi (2015). En síntesis, los períodos de análisis presentados se justifican por la existencia de importantes cambios en las orientaciones de políticas sectoriales. Si bien la extensión de es disímil en cantidad de años (28, 11, 5 y 5) en cada caso se eliminaron o impusieron importantes restricciones al funcionamiento del sistema de precios y de los mercados agrícolas que impactaron sobre los incentivos económicos de los productores.

2.2.2. Insumos.

Para los insumos se siguió el mismo procedimiento que para estimar las tasas de crecimiento de la producción. Los insumos considerados para agricultura (cultivos) y ganadería son los siguientes:

Agricultura: tierra agrícola, trabajo, fertilizantes, semillas y maquinarias

Ganadería: pasturas, trabajo, fertilizantes, alimento animal, maquinaria y capital animal (stock de animales).

El Cuadro I presenta las variables y sus unidades de medida de acuerdo a las definiciones de FAOSTAT.

Cuadro I. Variables y Definiciones

Insumo	Variable FAOSTAT	Descripción
Trabajo	Labor	Total economically active population in agriculture expressed in thousands of persons
Fertilizantes	Fertilizer	Quantity of nitrogen, phosphorous and potassium in thousand metric tons
Maquinaria	Machinery	Thousands of agricultural machinery used in the production process
Tierra agrícola	Agriculture Land	Arable land and permanent crops expressed in thousands of hectares
Stock Animal	Livestock	Bovine heads
Pasturas	Pastures	Permanent meadows and pastures
Semillas	Seeds	Sum of cereal seeds and oilcropseeds
Alimento Animal	Animal Feed ³	Maize and products
		Barley and products
		Oats
		Rye and products
		Sorghum and products
		Soybean Cake
		Sunflower seed Cake
Wheat and products		

2.2.3. Participaciones Factoriales (*Cost Shares*)

Se utilizaron las participaciones factoriales estimadas por Dias Avila y Evenson (2010). Las participaciones factoriales utilizadas en cada caso (agricultura y ganadería) y para cada período se presentan en el Cuadro 2. Los autores señalan que las participaciones factoriales fueron calculadas en base a información detallada para Brasil y luego ajustadas

³ Los valores finales de alimentación animal (Animal Feed) se calcularon a partir de la suma ponderada de cada alimento por el porcentaje de digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS). Se considera el maíz como el de mayor digestibilidad (Maíz=1).

para cada país de América Latina utilizando factores de corrección específicos. Los valores asignados a la participación del factor trabajo en la agricultura argentina resultan llamativamente elevados, sobre todo por el alto grado de mecanización en las labores agrícolas para los cultivos extensivos. Si bien las participaciones se estimaron para todo el sector agrícola, el cual incluye algunas actividades con alto grado de participación del factor trabajo, el porcentaje de participación aún parece elevado. Los datos de publicaciones que registran costos y márgenes para cultivos pampeanos son significativamente inferiores. No obstante, a pesar de esta observación, se decidió mantener en el cálculo la ponderación presentada por Dias Avila y Evenson a los efectos de preservar la metodología y hacer comparables nuestros resultados con las estimaciones de estos autores⁴.

Cuadro 2. Participaciones Factoriales

Insumo	Agricultura 1961-1989	Agricultura 1990-2013	Ganadería 1961-1989	Ganadería 1990-2013
Tierra agrícola	0.2659	0.3045		
Trabajo	0.6665	0.5598	0.2362	0.3182
Fertilizantes	0.0015	0.0134	0.0015	0.017
Semillas	0.0162	0.0467		
Maquinarias	0.0471	0.0936	0.0224	0.0687
Pasturas			0.6234	0.4476
Alimento animal			0.1166	0.1091
Capital animal (stock)			0.0997	0.0925

Fuente: elaboración propia en base a Dias Avila y Evenson (2010)

⁴ Puede notarse que un ajuste de la participación factorial del trabajo implicaría aumentar la participación de otro u otros de los factores. Dado que en general la tasa de crecimiento del factor trabajo ha sido menor a la observada, por ejemplo, en los factores capital o fertilizante, el resultado sería una estimación de tasa de crecimiento de la PTF menor a la reportada. En parte por este motivo, en secciones subsiguientes se analiza la robustez de los resultados de esta metodología siguiendo un método no paramétrico que no asume participaciones factoriales fijas.

2.3. Resultados de Estimaciones.

2.3.1. Tasas de Crecimiento de Producción, Insumos y PTF

En los Cuadros 3 y 4 y en los Gráficos 1 y 2 se presentan las estimaciones de tasas de crecimiento de productos, insumos y PTF en agricultura y ganadería. El Cuadro 5 y el Gráfico 3 presentan los resultados para el sector agropecuario total (agricultura y ganadería), calculados como un promedio ponderado por participación de los subsectores agrícola y ganadero en el valor agregado agropecuario⁵.

Cuadro 3. Agricultura: Tasas de crecimiento de índices de producción, insumos y PTF (%)

Periodo	Producto	Insumos	PTF
1961-1989	2.87	0.11	2.76
1990-2001	4.39	0.50	3.89
2002-2007	3.77	1.18	2.59
2008-2013	1.31	-0.64	1.96

Fuente: elaboración propia

Cuadro 4. Ganadería: Tasas de crecimiento de índices de producción, insumos y PTF (%)

Periodo	Producto	Insumos	PTF
1961-1989	0.94	-0.12	1.06
1990-2001	1.59	0.46	1.13
2002-2007	1.80	0.92	0.88
2008-2013	-0.65	0.37	-1.01

Fuente: elaboración propia

Las tasas de crecimiento han sido diferentes para agricultura y ganadería. Respecto de la producción, en promedio, han superado el 4% en el período 1990-2001. Mientras que la tasa de crecimiento de la producción ganadera no supera el 2% en ningún segmento del período bajo análisis. Lo mismo ocurre con la evolución de las tasas de PTF. En la agricultura, las tasas de crecimiento de la producción son superiores a la de los insumos

⁵ Las series completas de índices de producción, insumos y TFP estimados en base 1962=100 se presentan en el Apéndice I.

y, por ello, se obtuvieron tasas que no descienden por debajo del 2% en todo el período. Respecto de la ganadería, las tasas de crecimiento de la producción no difieren de la de los insumos, es por ello que la tasa de PTF se encuentra alrededor del 1% promedio.

Cabe destacar, que en el último período (2008-2013), caracterizado como de impuestos, regulaciones y restricciones al sector, se observa una caída en la producción ganadera por lo que la PTF se torna negativa (-1%). Si bien ocurre algo similar en agricultura, la caída en la tasa de crecimiento de los insumos (0.64%) compensa el descenso de la tasa de producción (1.31%) con lo que se obtiene una PTF aún positiva (1.96%).

Cuadro 5. Sector Agropecuario Total: Tasas de crecimiento de índices de producción, insumos y PTF (%)

Periodo	Producto	Insumos	PTF
1961-1989	1.55	0.06	1.49
1990-2001	2.76	0.31	2.45
2002-2007	2.56	0.80	1.76
2008-2013	0.97	-0.48	1.45

Respecto del sector agropecuario total, las tasas de crecimiento han sido ponderadas por la participación en el valor bruto de producción. Como resultado, se observa que el período de mayor crecimiento de la PTF ha sido entre los años 1990 y 2001. Mientras que en los períodos que abarcan los años 2002 y 2013, la tasa promedio no supera el 2%.

Gráfico 1. Agricultura: Tasas de crecimiento de índices de producción, insumos y PTF (%).

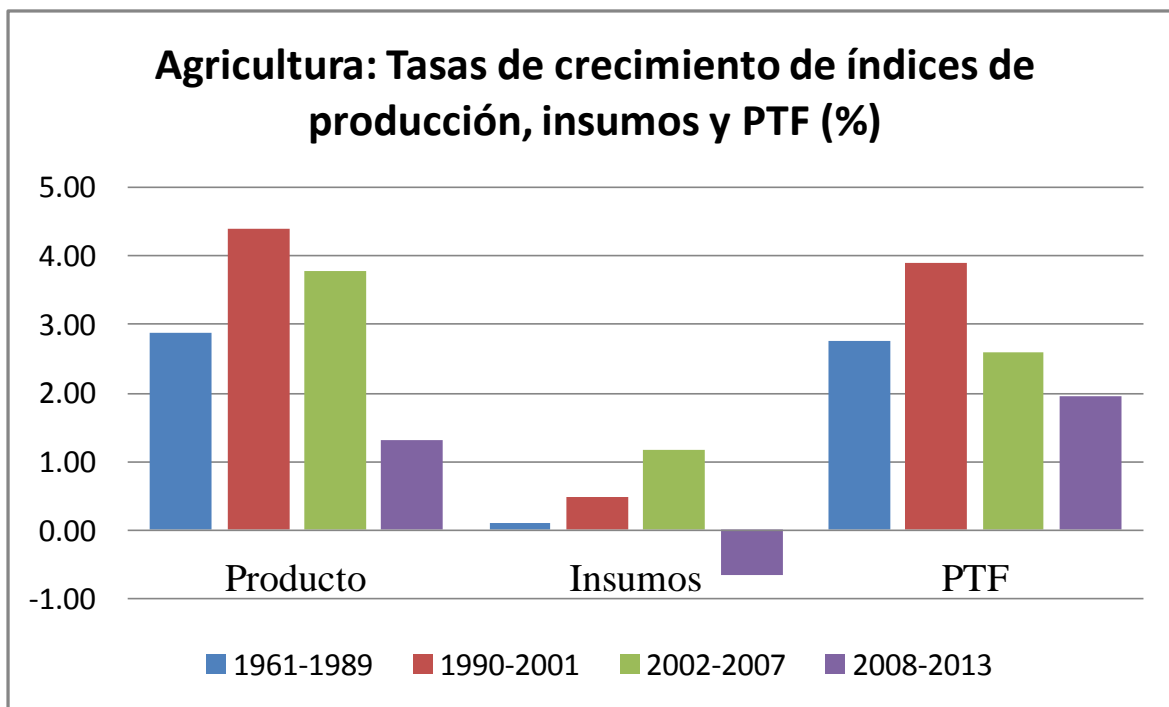


Gráfico 2. Tasas de crecimiento de índices de producción, insumos y PTF (%)

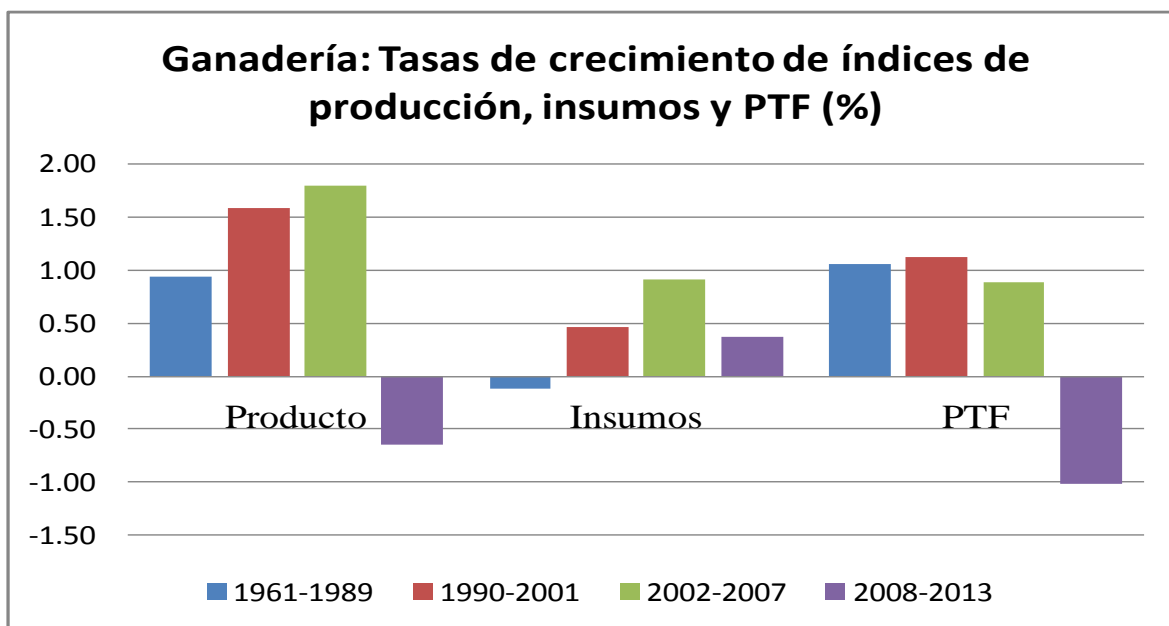
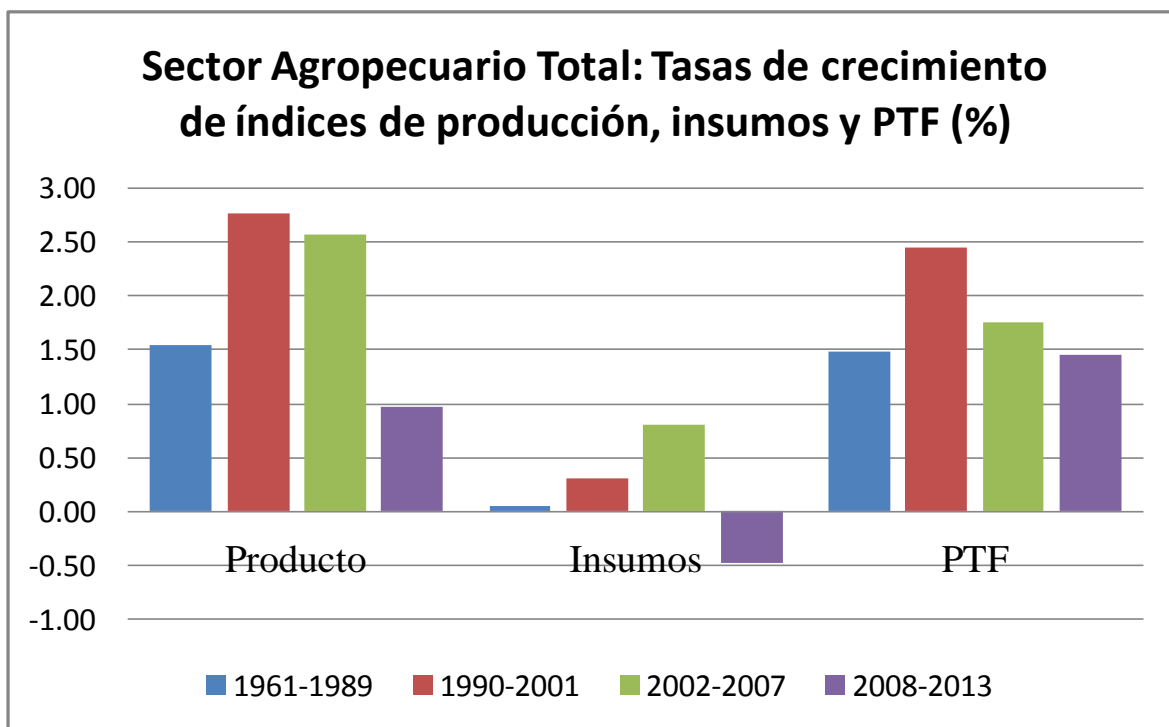


Gráfico 3. Sector Agropecuario Total: Tasas de crecimiento de producción, insumos y PTF (%).



2.3.2. Tendencias en Índices de Producción y PTF.

A partir de las estimaciones de los índices de PTF se realizó un análisis de tendencias temporales en cada uno de los períodos analizados. De esta manera, se intenta captar si las tasas de cambio de la producción y la productividad difieren entre períodos. En particular, esperamos identificar en los últimos dos períodos un impacto negativo de las políticas aplicadas sobre las tasas de crecimiento de la producción y de la productividad. La estrategia de identificación es relativamente simple: un análisis de cambio estructural en las series de tiempo. Consideramos que las distorsiones han afectado fuertemente los incentivos económicos de los productores y que las consecuencias de las políticas deberían observarse en los resultados de producción y productividad. Por supuesto que la atribución causal puede no ser exacta, pero estimamos que puede establecerse una importante asociación entre las políticas y el comportamiento sectorial.

La observación de los datos sugiere que tanto la producción como la productividad crecieron a tasas mayores en el período 1989-2001, en comparación con el período 1962-89. Asimismo, se observa que las tasas han disminuido entre 2002-07 y 2008-13.

Los Gráficos 4 a 7 presentan las series de índices (en logaritmos) y las respectivas tendencias por períodos, así como las tasas de crecimiento estimadas.

Las tasas de crecimiento y las tendencias se estimaron mediante una regresión semi logarítmica por Mínimos Cuadrados Ordinarios, incluyendo variables binarias (*dummies*) por períodos. A partir de los resultados de las estimaciones se realizó un test formal de cambio estructural (Test de Chow) para contrastar la hipótesis de tasas de crecimiento diferenciales por período. Los resultados de las estimaciones se presentan en los Cuadros 6 y 7, donde las variables explicativas son:

Tendencia: variable de tendencia temporal 1961-2013

d2= variable binaria igual a uno en el período 1990-2001, y cero en el resto (período 2)

d3= variable binaria igual a uno en el período 2002-2007, y cero en el resto (período 3)

d4= variable binaria igual a uno en el período 2008-2013, y cero en el resto (período 4)

d2*t=variable de interacción definida como (d2xTendencia)

d3*t=variable de interacción definida como (d3xTendencia)

d4*t=variable de interacción definida como (d4xTendencia)

El test de cambio estructural en tasas de crecimiento contrasta la igualdad de tasas de crecimiento entre los distintos períodos definidos, considerando el período base (d1) a los años 1962-1989. Se implementa como un test de restricciones (F test) sobre las variables de interacción. Los estadísticos de prueba y sus valores de probabilidad se presentan a continuación de las estimaciones en los Cuadros 6 y 7, y un resumen de las conclusiones en el Cuadro 8.

Cuadro 6. Resultados de Estimaciones de Tendencia y Test de Cambio Estructural (Test de Chow) en Agricultura

	Producción Agrícola		PTF Agrícola	
	Coef.	Error Estándar	Coef.	Error Estándar
Tendencia	0.0280***	0.0008	0.0269***	0.0009
d2	- 29.210***	5.773	- 21.854***	6.982
d3	-17.761	16.050	2.893	19.411
d4	31.888	16.098	16.820	19.468
d2*t	0.0146***	0.0029	0.0109***	0.0035
d3*t	0.0089	0.0080	-0.0015	0.0097
d4*t	-0.0158*	0.0080	-0.0084	0.0097
Constante	- 50.337***	1.5410	-48.262	1.8636
Método	MCO		MCO	
No. obs	52		52	
R2 ajust	0.99		0.98	
Test de Chow				
F Test 1 (d2*t=d3*t=d4*t=0)	10.2839	R	3.5376	R
p-value	0.0000		0.0222	
F Test 2 (d3*t=d2*t)	0.4585	NR	1.4643	NR
p-value	0.5019		0.2327	
F Test 3 (d4*t=d3*t)	4.8052	R	0.2583	NR
p-value	0.0337		0.6138	
F Test 4 (d4*t=d2*t)	12.9836	R	3.5665	R
p-value	0.0008		0.0656	

Nota: *** significativo al 1%, ** significativo al 5%, * significativo al 10%. R: rechazo de la hipótesis nula (igualdad de coeficientes); NR: no rechazo de la hipótesis nula.

Cuadro 7. Resultados de Estimaciones de Tendencia y Test de Cambio Estructural (Test de Chow) en Ganadería

	Producción Ganadera		PTF Ganadera	
	Coef.	Error Estándar	Coef.	Error Estándar
Tendencia	0.0085** *	0.0011	0.0096** *	0.0012
d2	-14.220*	8.361	-3.056	8.953
d3	-16.533	23.246	2.509	24.892
d4	30.937	23.3158	40.816	24.966
d2*t	0.0071*	0.0042	0.0015	0.0045
d3*t	0.0082	0.0116	-0.0013	0.0124
d4*t	-0.0154	0.0116	-0.0203	0.0124
Constante	-12.122	2.231	-14.108	2.3899
Método	MCO		MCO	
No. obs	52		52	
R2 ajust	0.88		0.82	
Test de Chow				
F Test 1 (d2*t=d3*t=d4*t=0)	1.7385	NR	0.9456	NR
p-value	0.1730		0.4268	
F Test 2 (d3*t=d2*t=0)	0.0083	NR	0.0461	NR
p-value	0.9278		0.8310	
F Test 3 (d4*t=d3*t)	2.0882	NR	1.1865	NR
p-value	0.1555		0.2820	
F Test 4 (d4*t=d2*t)	3.3779	R	2.7848	R
p-value	0.0728		0.1023	

Nota: *** significativo al 1%, ** significativo al 5%, * significativo al 10%. R: rechazo de la hipótesis nula (igualdad de coeficientes); NR: no rechazo de la hipótesis nula.

Gráfico 4. Índice de producción agrícola. Tasas de crecimiento 1962-2013.

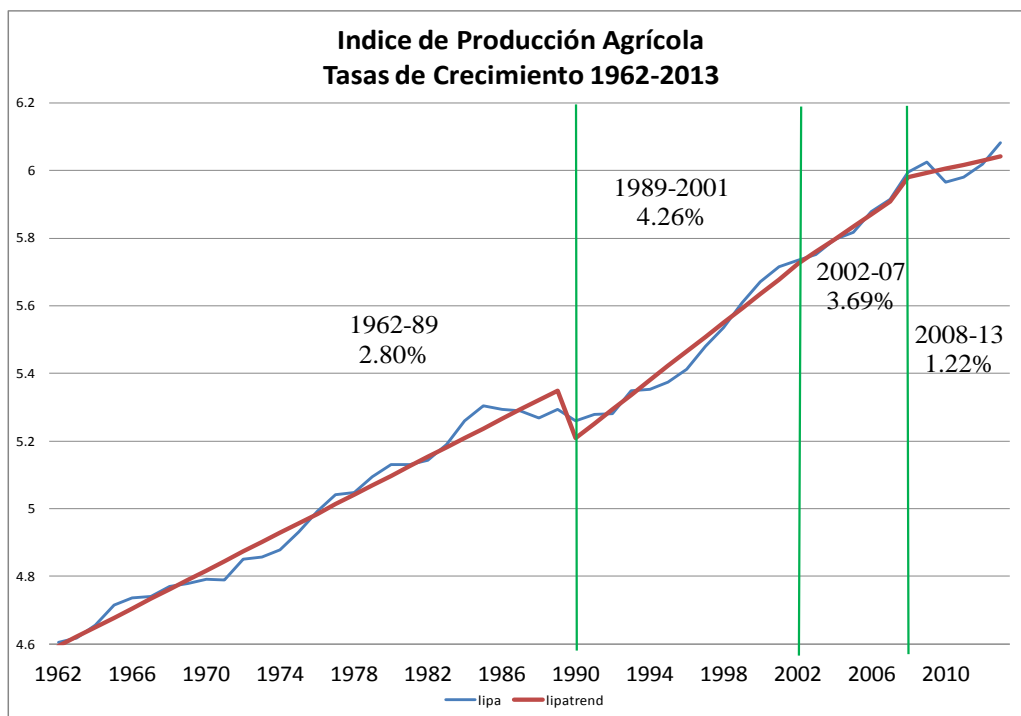


Gráfico 5. Productividad Total de Factores en Agricultura (Cultivos). Tasas de crecimiento 1962-2013.

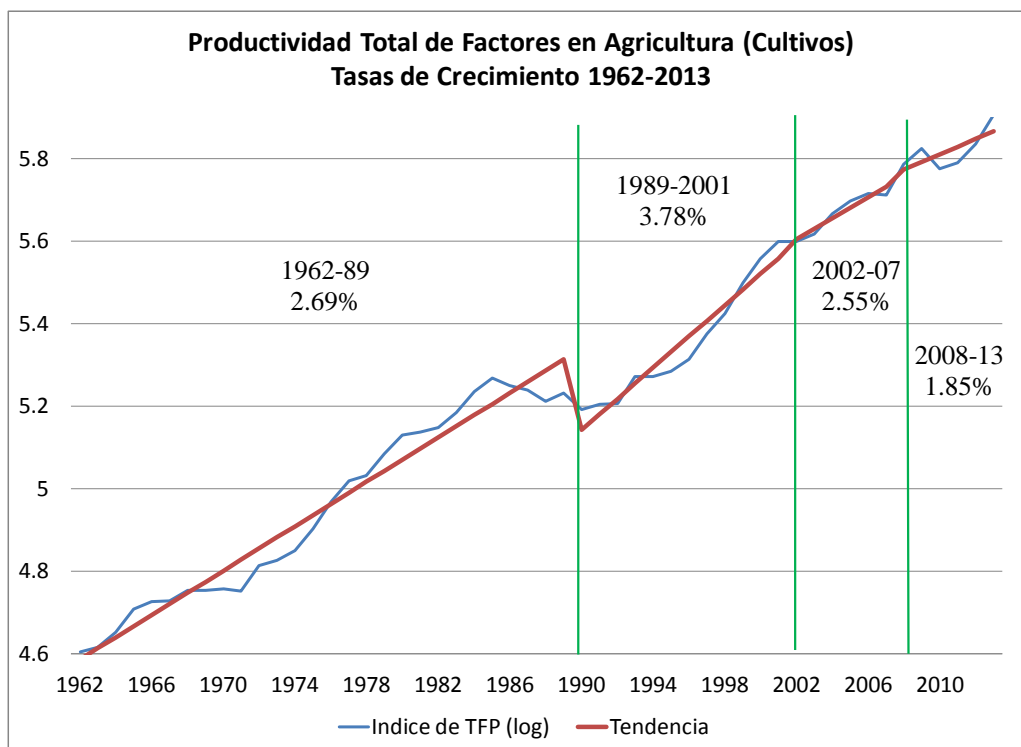


Gráfico 6. Índice de producción ganadera. Tasas de crecimiento 1962-2013.

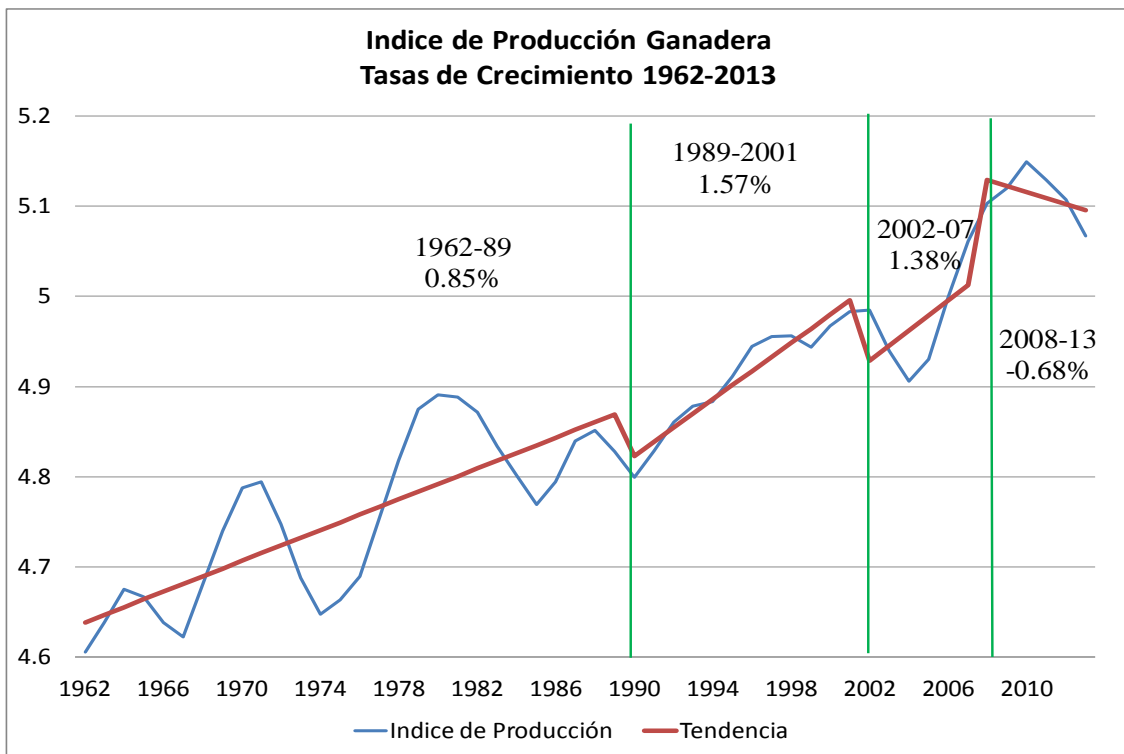
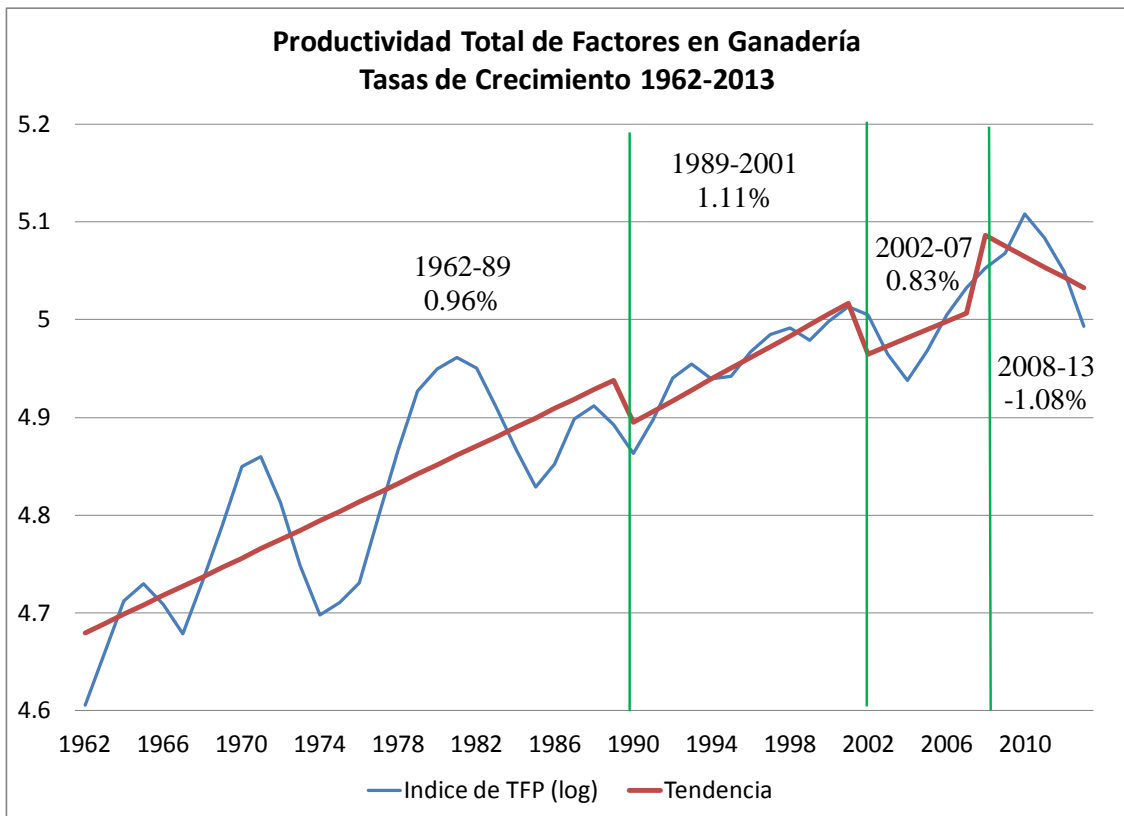


Gráfico 7. Productividad total de factores en Ganadería. Tasas de crecimiento 1962-2013



Cuadro 8. Resultados del Test de Cambio Estructural* (Test de Chow).

Período	¿Es significativa la diferencia de tasas de crecimiento?	
	Producción	PTF
AGRICULTURA		
1990-01 vs. 1962-89	SI	SI
2002-07 vs. 1990-01	NO	NO
2008-13 vs. 2002-07	SI	NO
2008-13 vs. 1990-02	SI	SI
GANADERIA		
1990-01 vs. 1962-89	SI	SI
2002-07 vs. 1990-01	NO	NO
2008-13 vs. 2002-07	NO	NO
2008-13 vs. 1990-02	SI	SI

* Se considera significativa la diferencia (SI) si se rechaza la hipótesis nula de igualdad de tasas de crecimiento al 10% o menos.

El análisis gráfico y los resultados de los Test de cambio estructural sugieren que tanto las tasas de crecimiento de la producción como de productividad han sido significativamente mayores en el período 1990-02 en relación al período previo 1962-89, tanto para la agricultura como para la ganadería. En años posteriores, los resultados sugieren que habría evidencia de una menor tasa de crecimiento en el período 2008-13 en relación a los períodos previos. En particular, las tasas de los últimos períodos son significativamente menores a las observadas en el período 1990-02, cuando no existían impuestos a la exportación ni restricciones cuantitativas.

2.4. Producción y Productividad en Argentina y el Cono Sur: Análisis Comparativo.

En esta sección se presentan las estimaciones comparadas de la evolución de índices de producción, insumos y productividad para Argentina y los países del Cono Sur (Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). La metodología para el cálculo de los índices y tasas de crecimiento de la producción, insumos y PTF es la misma que se presentó en la sección

II y los datos corresponden a la base de FAOSTAT. El período bajo estudio es 1961 a 2012 para Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, y 1961-2013 para Argentina.

Los Gráficos 8 a 11 presentan los resultados comparando las tasas de crecimiento de la producción y productividad en la agricultura y la ganadería por período, para Argentina y el resto de los países.

En términos generales, los resultados sugieren que las tasas de crecimiento de la productividad en Argentina han sido, en promedio, levemente menores que las observadas en los países de la región y la diferencia que parece haberse incrementado en los períodos más recientes. En particular, el desempeño del sector ganadero en los períodos recientes resulta claramente inferior a la observada en el resto de los países de la región.

Gráfico 8. Agricultura: tasas de crecimiento de producción (% anual).

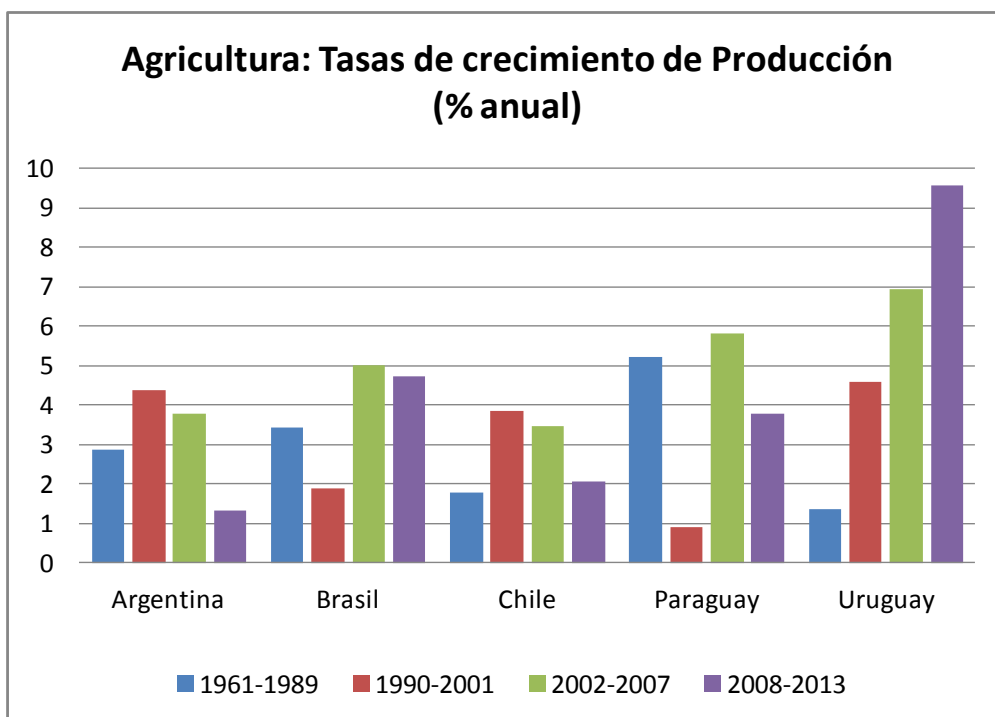


Gráfico 9. Agricultura: tasas de crecimiento de PTF (% anual).

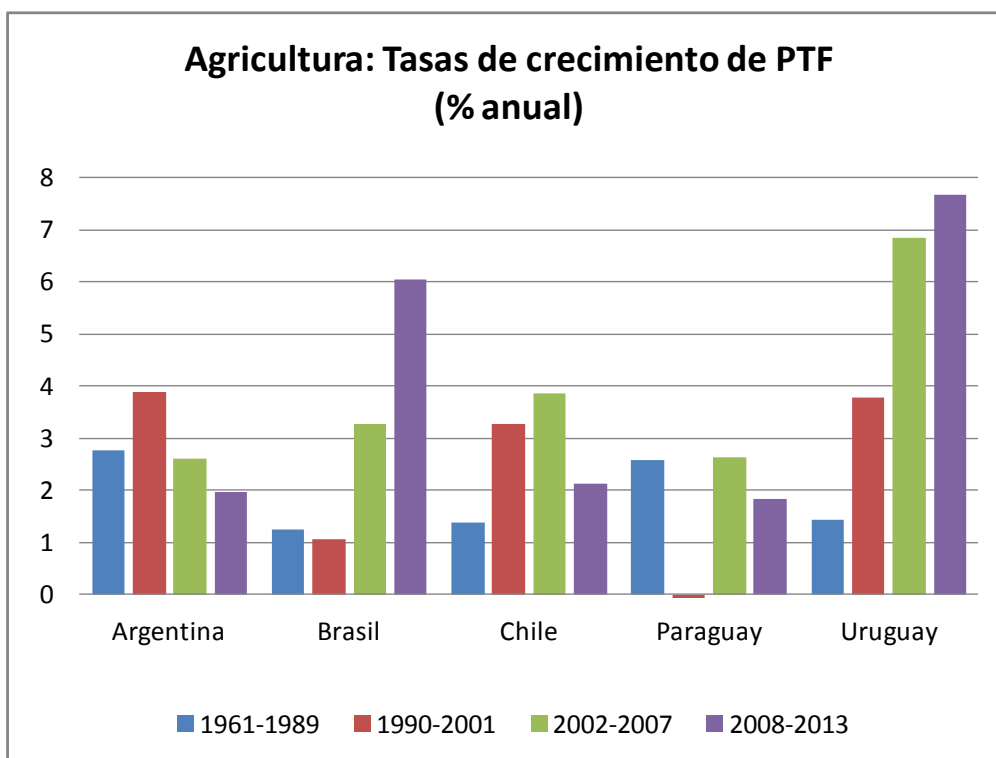


Gráfico 10. Ganadería: tasas de crecimiento de la producción (% anual).

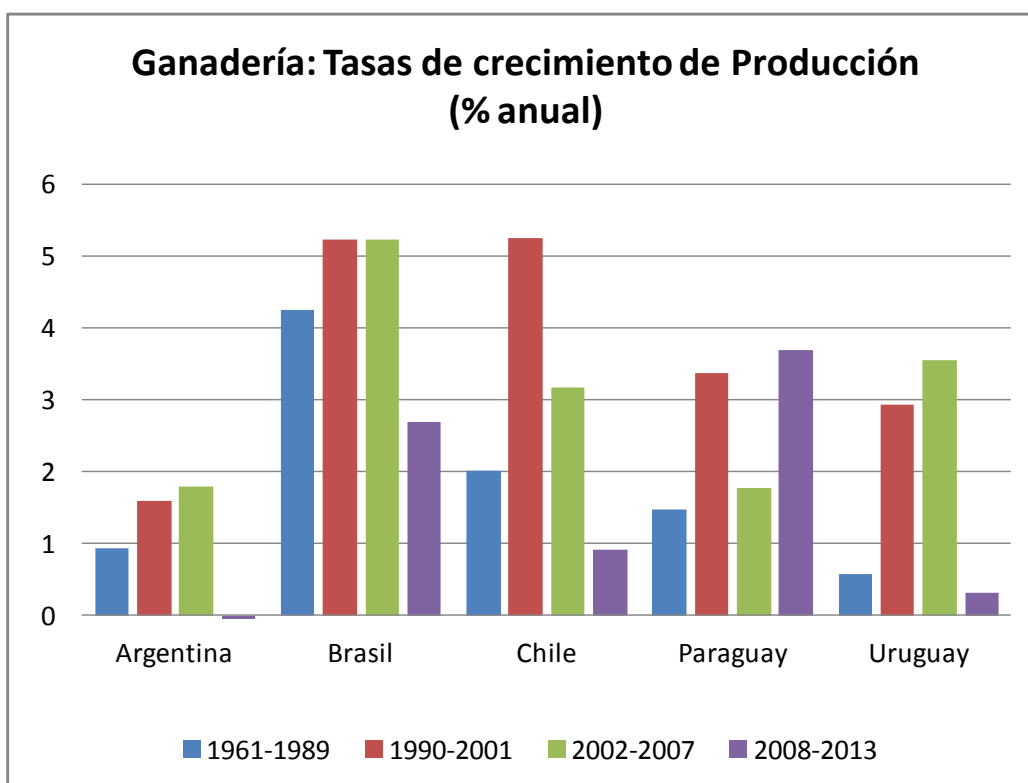
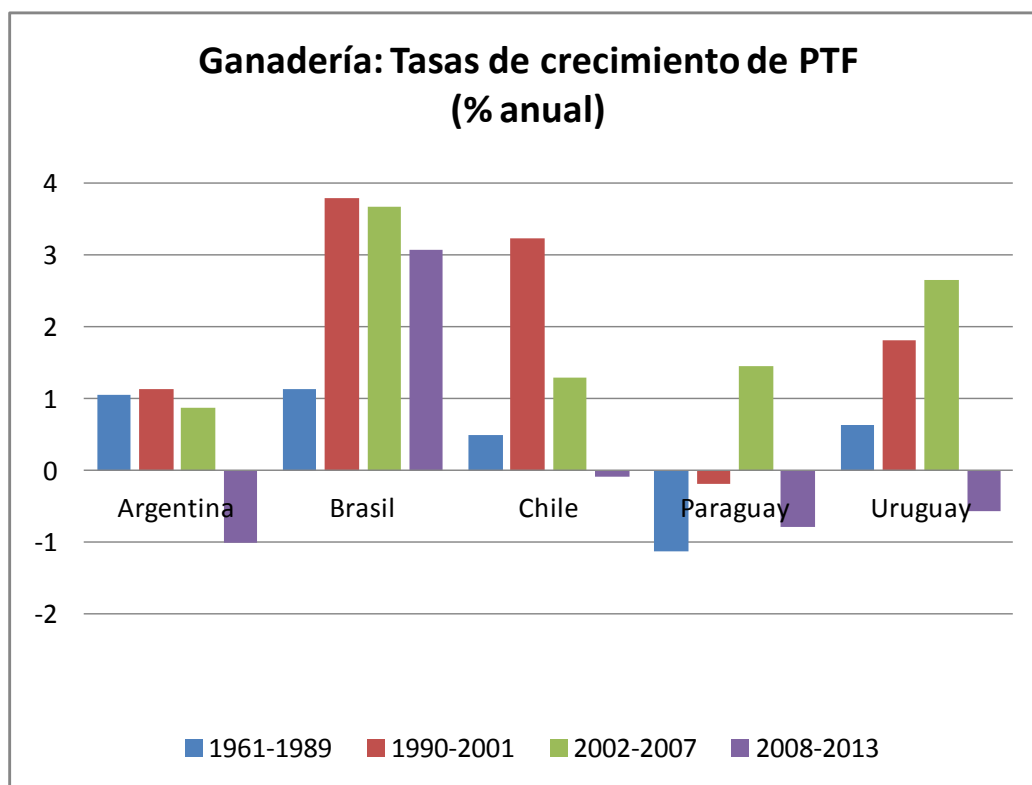


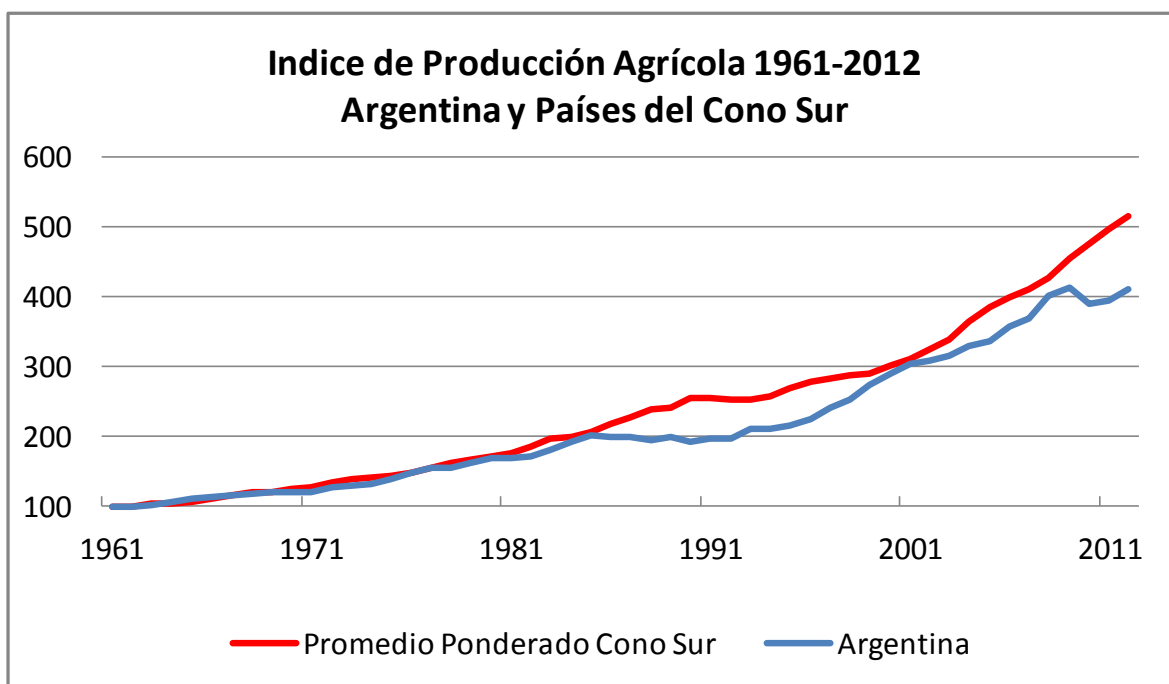
Gráfico 11. Ganadería: tasas de crecimiento de PTF (% anual).



Con el objetivo de comparar de manera sintética el desempeño de Argentina con el conjunto de la región se calcularon los índices de Producción y PTF de Cono Sur (excluyendo Argentina) como un promedio ponderado de los resultados individuales. Como ponderador se utilizó el Valor de la Producción Agrícola y el Valor de la Producción Ganadera, dependiendo del caso. Los resultados se presentan en los Gráficos 12 a 15.

Los resultados muestran que la evolución de la producción de cultivos en Argentina y la región ha sido similar hasta principios de los años 2000. Sin embargo, a partir del año 2001 y hasta el año 2012, el índice de producción de la región crece más de un 60% mientras que en Argentina se incrementa aproximadamente un 30%.

Gráfico 12. Índice de producción agrícola 1961-2012. Argentina y países del Cono Sur



En cuanto a la PTF agrícola, la evolución ha sido relativamente favorable para Argentina, aunque a mediados de los años 2000 se observa que los países de la región han cerrado la brecha relativa. Esto ha sido el resultado, por un lado, de un rezago relativo de la tasa de crecimiento de la PTF en Argentina y también de un incremento de las tasas de crecimiento en la región, particularmente influenciadas por el gran crecimiento de Brasil. Por el contrario, a diferencia de lo ocurrido con el sector agrícola, tanto la producción como la productividad ganadera han tenido una performance relativa muy desfavorable en Argentina. El índice de producción ganadera de la región se ha multiplicado casi por ocho desde 1961, mientras que en el caso de Argentina apenas se ha duplicado. En cuanto a la productividad, también el resultado de Argentina es claramente inferior, con una evolución muy por debajo de lo observado en la región, en particular en los últimos veinte años.

Gráfico 13. Índice de PTF agrícola 1961-2012. Argentina y países del Cono Sur

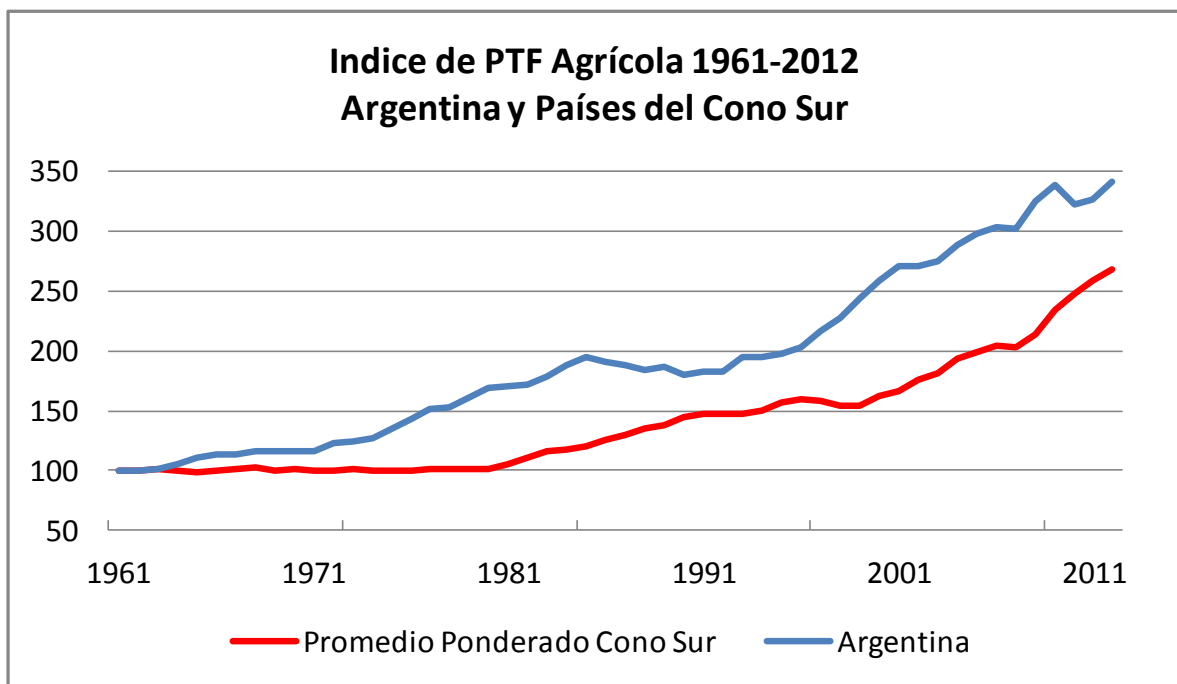


Gráfico 14. Índice de producción ganadera 1961-2012. Argentina y países del Cono Sur

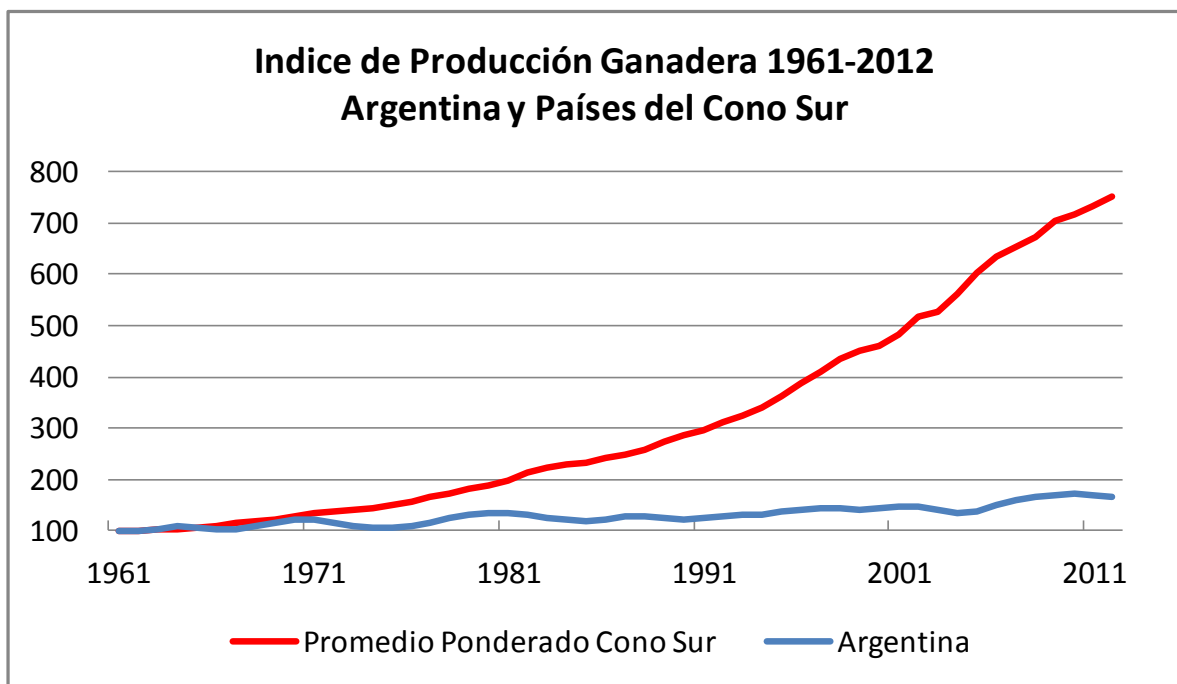
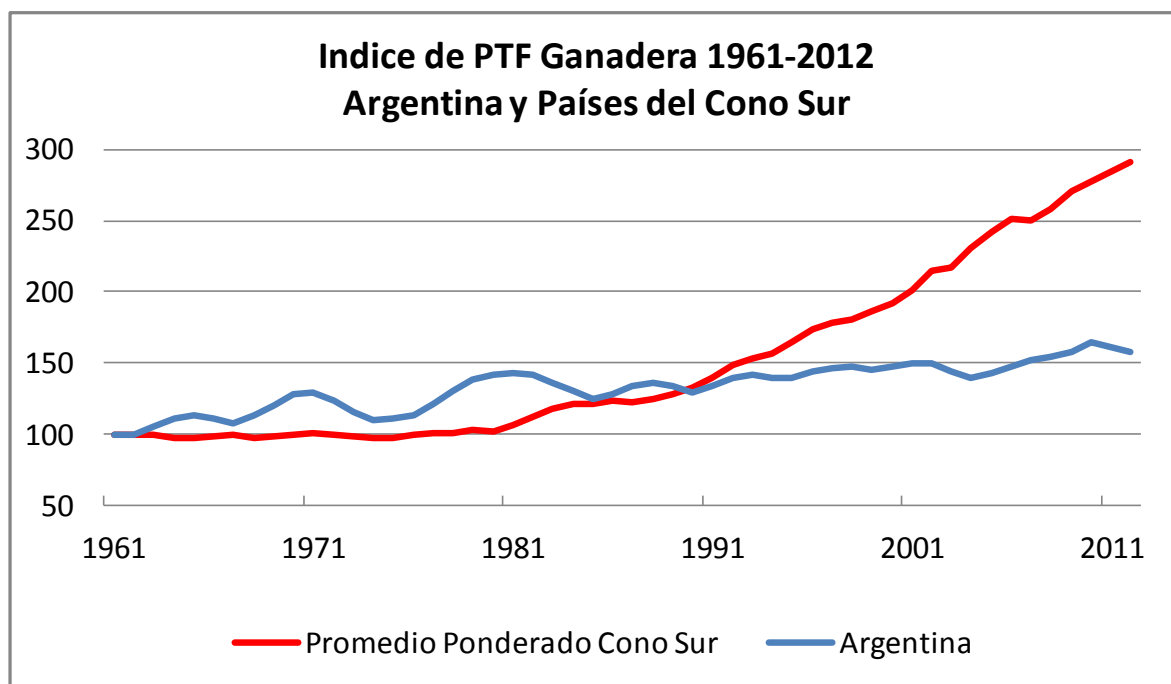


Gráfico 15. Índice de PTF ganadera 1961-2012. Argentina y países del Cono Sur



La comparación de la producción y productividad entre Argentina y los países vecinos sugiere que los aumentos de productividad en Argentina pueden estar asociados a una menor intensidad en el uso de insumos. El resultado de esto es que si bien la productividad crece a una tasa razonable, la producción crece a tasas mucho menores que las de los países del Cono Sur, particularmente si se compara con Brasil. Los gráficos 16 y 17 muestran la relación entre los índices de producción y productividad estimados para Argentina y Cono Sur. La mayor pendiente de la relación en el promedio del Cono Sur muestra que los incrementos de producción han sido claramente mayores en los países vecinos. En la producción ganadera en los últimos años se observa que no sólo el crecimiento es mayor en producción sino también muy superior en términos de productividad.

En síntesis, pueden notarse dos hechos estilizados:

- En la agricultura, un crecimiento de la producción a tasas menores que la región y un crecimiento de la productividad a tasas similares al promedio, aunque con tendencia decreciente.
- En la ganadería una muy baja tasa de crecimiento relativa tanto de producción como de PTF.

Una explicación para estos hechos puede vincularse con las políticas de impuestos a las exportaciones aplicadas en Argentina. Cristini, Chisari y Bermúdez (2009) señalan para

Argentina que la reducción relativa de la ganadería, y el sesgo hacia producciones agrícolas con tecnologías ahorradoras de costos (soja) son respuestas económicas óptimas frente a los mecanismos de imposición. Es decir, los agricultores tratan de reducir relativamente la producción de bienes tales como carne vacuna, trigo o maíz que están más expuestos a impuestos o restricciones cuantitativas a la exportación. Los autores muestran que ante la presencia de impuestos distorsivos se sesga la producción hacia tecnologías ahorradoras de costos. En particular, se desalientan las tecnologías y cultivos más intensivos en capital y que aumentan los rendimientos por hectárea (riego, fertilización, maíz, trigo), y se inducen tecnologías y cultivos que ahorran costos (siembra directa, soja). Asimismo, muestran que tiende a disminuir la producción de bienes que requieren mayor intensidad de capital, como el ganado vacuno y el maíz.

Gráfico 16. Relación entre Producción y PTF en Agricultura. Argentina y Países de Cono Sur

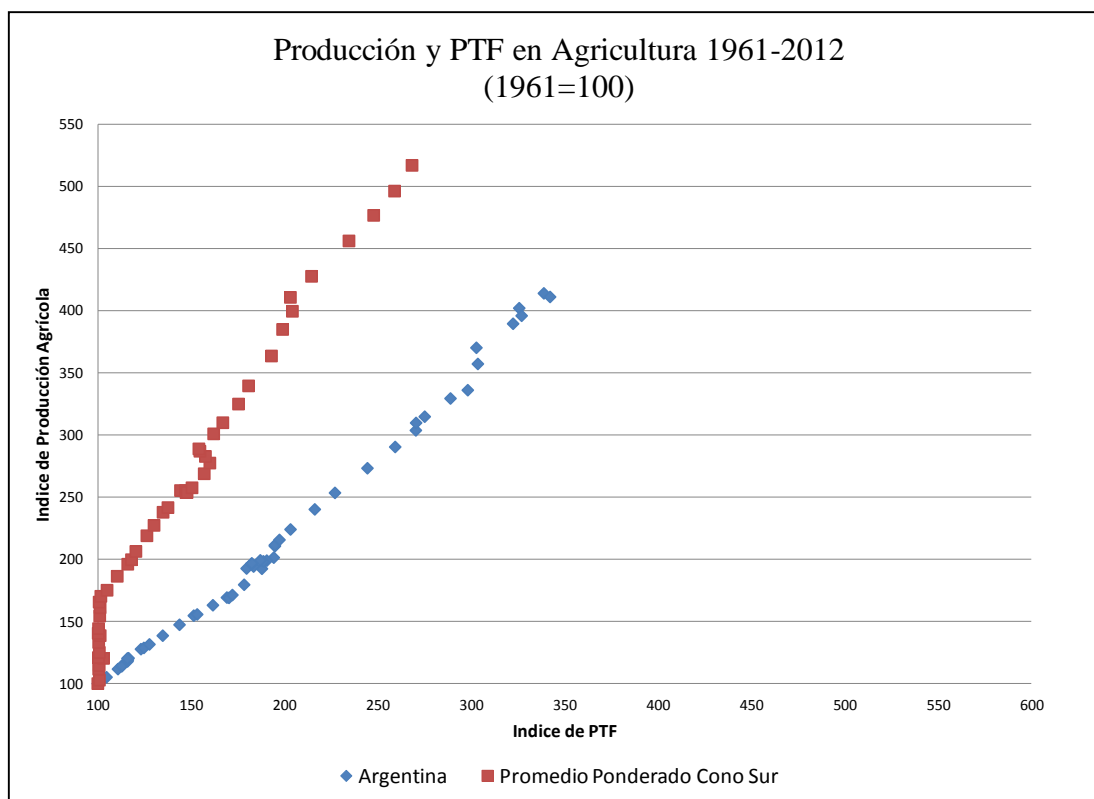
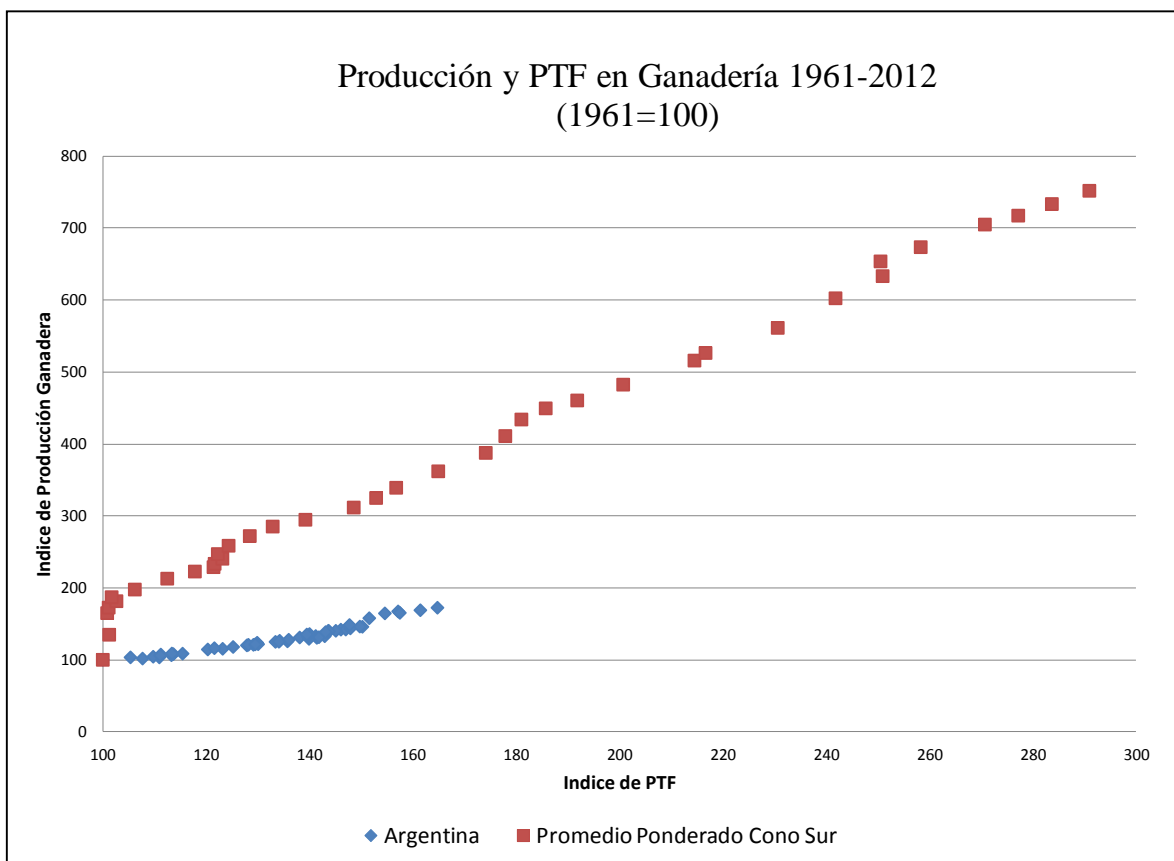


Gráfico 17. Relación entre Producción y PTF en Ganadería. Argentina y Países de Cono Sur



2.5. Síntesis de los Principales Resultados

Los resultados obtenidos en las estimaciones son consistentes con los presentados en Días Ávila y Evenson (2010), quienes utilizando datos de FAOSTAT y una metodología similar, encontraron una tasa de crecimiento anual de la PTF agrícola de 3.08% y 3.93% en los períodos 1961-1980 y 1981-2001 respectivamente. En el caso de ganadería los resultados fueron de 0.90% y 0.43% en cada período. Estos autores muestran un crecimiento de las tasas de cambio de producción y PTF en los veinte años finales del Siglo XX en agricultura y una reducción en ganadería. En nuestro trabajo modificamos los períodos de análisis utilizados por estos autores, considerando para ello la orientación de las políticas aplicadas y sus efectos sobre el sector agropecuario. Nuestros resultados muestran que las mayores tasas de crecimiento de producción y PTF se han observado durante el período 1990-2001. Luego, si bien la evolución de producción y productividad sigue siendo positiva se observa una leve reducción en los niveles de crecimiento, en particular a partir del año 2008.

La comparación con los países del Cono Sur muestra que en la producción agrícola el comportamiento de Argentina ha sido relativamente favorable. Sin embargo, se observa una relativa pérdida de dinamismo en la evolución de la producción y productividad en los últimos años. En particular, el sector ganadero, parece haber sido fuertemente afectado por las políticas aplicadas, perdiendo posiciones relativas en comparación con los países de la región. La comparación de la producción y productividad ganadera sugiere que los resultados son claramente desfavorables para Argentina: tanto la producción como la productividad han crecido a tasas muy inferiores a las de la región. Si bien en agricultura el comportamiento relativo ha sido mejor, debe resaltarse el relativo retraso en los últimos años y el efecto que las políticas fiscales y comerciales han tenido sobre las tasas de crecimiento de la producción.

3. Estimaciones no Paramétricas. Descomposición de los Cambios de Productividad en Argentina y Países del Cono Sur.

Como se mencionó en la introducción del trabajo, las estimaciones de PTF son variables en función de los datos y métodos de cálculo empleados. Con el fin de realizar un contraste de robustez de los principales resultados obtenidos previamente, en esta sección se realizan estimaciones utilizando un método no paramétrico alternativo para calcular índices agregados de producción e insumos y también para descomponer los cambios en la Productividad Total de Factores en sus principales componentes. La metodología sigue el enfoque presentado en O'Donnell (2008) para calcular índices de tipo *Färe-Primont* de productividad y se utiliza el programa DPIN (O'Donnell, 2011a) que permite la descomposición de productividad siguiendo la teoría de números índices y el análisis de envoltente de datos (DEA).

La ventaja de este tipo de índices y de la metodología empleada es que no requieren disponibilidad de datos de precios ni supuestos sobre la competitividad de los mercados o el comportamiento optimizador de las empresas. Utilizamos los datos de producción e insumos de la base FAOSTAT para construir un panel balanceado que permite analizar la evolución de eficiencia y productividad relativa de la agricultura de los cinco países del Cono Sur en el período 1961-2012.

3.1. Índices “Färe-Primont” de PTF.

La PTF se define como el ratio de la producción respecto del vector de insumos relevantes. Entonces, la tasa de crecimiento de la PTF contabiliza el crecimiento del producto no atribuible al crecimiento de los insumos. Los cambios en la PTF pueden descomponerse en (O'Donnell 2008):

- a) cambio técnico (movimientos de la frontera de producción),
- b) cambio en la eficiencia técnica (movimientos de acercamiento o alejamiento a la frontera),
- c) cambio en la eficiencia de escala (movimientos sobre la frontera para capturar economías de escala) y,
- d) cambio mixto en eficiencia (movimientos sobre la frontera para capturar economías de alcance).

O'Donnell (2008) realiza una síntesis de los diferentes métodos de estimación de productividad disponibles basados en la utilización de números índices. Este autor propone también una serie de medidas de productividad y eficiencia basadas en distintos números índices. Para el caso de múltiples productos y múltiples insumos se define formalmente la PTF de una unidad productiva como el ratio entre un producto agregado y un insumo agregado. Se definen $x_{it} = x_{it}(x_{lit}, \dots, x_{kit})$ y $q_{it} = q_{it}(q_{lit}, \dots, q_{kit})$, como vectores de cantidades de insumos y productos, respectivamente, para la unidad i en el periodo t , entonces, la Productividad Total de Factores de una unidad i en el momento t es:

$$(1) PTF_{it} = Q_{it}/X_{it}$$

donde PTF_{it} mide el producto agregado $Q_{it}=Q(q_{it})$, producido por unidad del insumo agregado $X_{it}=X(x_{it})$. Se supone que $Q(\cdot)$ y $X(\cdot)$ son funciones agregadoras no negativas, no decrecientes y linealmente homogéneas. El número índice asociado que mide la PTF de la unidad i en el periodo t en términos relativos a la PTF de la unidad h en el período s es:

$$(2) PTF_{hs,it} = PTF_{it}/PTF_{hs} = (Q_{it}/X_{it}) / (Q_{hs}/X_{hs}) = Q_{hs,it}/X_{hs,it}$$

Donde $Q_{hs,it} = Q_{it}/Q_{hs}$ es un índice de cantidades de producto y $X_{hs,it} = X_{it}/X_{hs}$ es un índice de cantidades de insumo.

En consecuencia, el crecimiento de la PTF puede ser expresado como una medida del crecimiento del producto dividido el crecimiento de los insumos. La definición de las

funciones de agregación determina el tipo de índice de PTF que se obtiene. Entre las funciones de agregación que cumplen con la condición de ser no negativas, no decrecientes y linealmente homogéneas se encuentran, por ejemplo, las que dan origen a los índices de Laspeyres, Paasche, Fischer y Malmquist, entre otros. O'Donnell (2011b) define el índice de Färe-Primont como el cociente entre dos índices definidos originalmente por Färe y Primont (1995). Específicamente, las funciones de agregación a utilizar para productos e insumos son:

$$(3) Q(q) = D_0(x_0, q, t_0)$$

$$(4) X(x) = D_1(x, q_0, t_0)$$

Donde q_0 , x_0 son vectores representativos de cantidades de productos e insumos, t_0 es un período de tiempo, y $D_0(\cdot)$ y $D_1(\cdot)$ son funciones de distancia de Shephard (1953) para productos e insumos. Substituyendo las funciones de agregación (3) y (4) en las expresiones (1) y (2), se obtiene el índice de Färe-Primont de PTF:

$$(5) PTF_{hs,it} = [D_0(x_0, q_{it}, t_0) \cdot D_1(x_{hs}, q_0, t_0)] / [D_0(x_0, q_{hs}, t_0) \cdot D_1(x_{it}, q_0, t_0)]$$

Los índices de Färe-Primont son económicamente ideales dado que satisfacen todos los axiomas y condiciones relevantes de la teoría de los números índices, incluyendo el axioma de identidad y la condición de transitividad. Esto implica que pueden ser utilizados de manera adecuada para realizar comparaciones de PTF y eficiencia técnica multi-temporales (varios períodos de tiempo) y/o multilaterales (varias unidades productivas)⁶.

3.2. Medición de Eficiencia.

Las medidas económicas de eficiencia pueden definirse como ratios de mediciones de PTF. Las definiciones propuestas por O'Donnell (2008) para medir eficiencia en productos e insumos son:

⁶ Los índices de tipo Laspeyres, Paasche, Fischer o Malmquist no superan la prueba de transitividad y en consecuencia solo pueden ser utilizados para realizar comparaciones binarias simples (O'Donnell 2011a).

- (6) $TFPE_u = \frac{TFP_u}{TFP_t} \leq 1$ (TFP efficiency)
- (7) $OTE_u = \frac{Q_u / X_u}{\bar{Q}_u / \bar{X}_u} = \frac{Q_u}{\bar{Q}_u} = D_o(x_u, q_u, t) \leq 1$ (output-oriented technical efficiency)
- (8) $OSE_u = \frac{\bar{Q}_u / X_u}{\bar{Q}_u / \bar{X}_u} \leq 1$ (output-oriented scale efficiency)
- (9) $OME_u = \frac{\bar{Q}_u / X_u}{\bar{Q}_u / \bar{X}_u} = \frac{\bar{Q}_u}{\bar{Q}_u} \leq 1$ (output-oriented mix efficiency)
- (10) $ROSE_u = \frac{\hat{Q}_u / X_u}{TFP_t} \leq 1$ (residual output-oriented scale efficiency)
- (11) $ITE_u = \frac{Q_u / X_u}{\bar{Q}_u / \bar{X}_u} = \frac{\bar{X}_u}{X_u} = D_l(x_u, q_u, t)^{-1} \leq 1$ (input-oriented technical efficiency)
- (12) $ISE_u = \frac{Q_u / \bar{X}_u}{\hat{Q}_u / \bar{X}_u} \leq 1$ (input-oriented scale efficiency)
- (13) $IME_u = \frac{Q_u / \bar{X}_u}{\hat{Q}_u / \bar{X}_u} = \frac{\hat{X}_u}{\bar{X}_u} \leq 1$ (input-oriented mix efficiency)
- (14) $RISE_u = \frac{Q_u / \hat{X}_u}{TFP_t} \leq 1$ (residual input-oriented scale efficiency)
- (15) $RME_u = \frac{\tilde{Q}_u / \tilde{X}_u}{TFP_t} \leq 1$ (residual mix efficiency)

Donde PTF* se refiere a la máxima PTF posible utilizando la tecnología disponible en el momento t ; $\bar{Q} \equiv Q_{it} D_o(x_{it}, q_{it}, t)^{-1}$ se refiere al máximo producto agregado cuando se utiliza x_{it} para producir un escalar múltiplo de q_{it} ; $\bar{X} \equiv X_{it} D_l(x_{it}, q_{it}, t)^{-1}$ es el mínimo insumo agregado posible cuando se utiliza un escalar múltiplo de x_{it} para producir q_{it} ; \widehat{Q}_{it} es el máximo producto agregado posible cuando se utiliza x_{it} para producir cualquier vector de producción; \widehat{X}_{it} es el mínimo insumo agregado posible cuando se utiliza cualquier vector de insumos para producir q_{it} ; y \widetilde{Q}_{it} y \widetilde{X}_{it} son los niveles agregados de producto e insumo que se obtienen cuando la PTF se maximiza sujeta a la restricción de que los vectores de productos e insumos sean escalares múltiplos de q_{it} y x_{it} , respectivamente.

Las medidas de eficiencia técnica presentadas en (7) y (11) son las definidas originalmente por Farrell (1957), las medidas de eficiencia de escala (8) y (12) corresponden a la definición de Balk (1998) y las restantes medidas fueron definidas originalmente por

O'Donnell (2008, 2011b). Otras medidas de eficiencia definidas en O'Donnell (2010) y que pueden calcularse son :

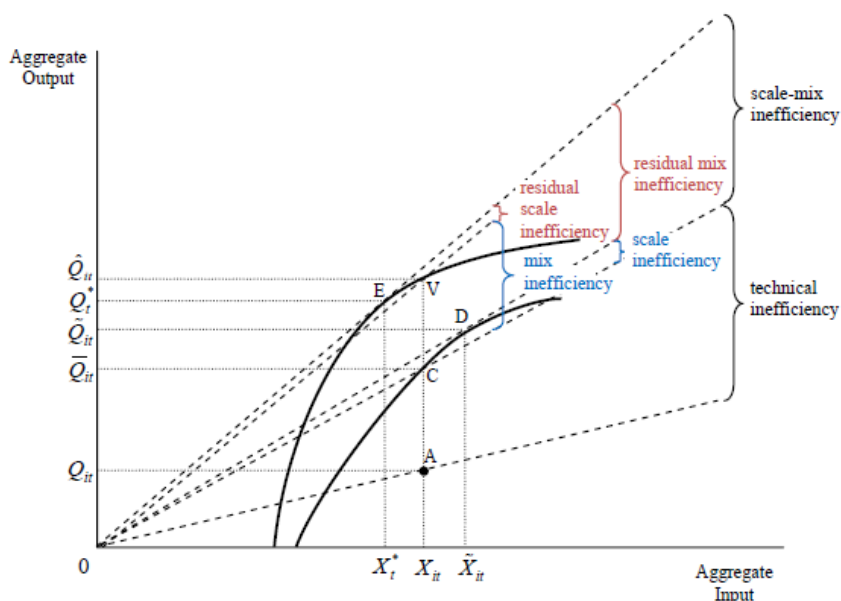
$$(16) \quad OSME_{it} = OME_{it} \times ROSE_{it} = OSE_{it} \times RME_{it} \leq 1 \quad (\text{output-oriented scale-mix efficiency})$$

$$(17) \quad ISME_{it} = IME_{it} \times RISE_{it} = ISE_{it} \times RME_{it} \leq 1 \quad (\text{input-oriented scale-mix efficiency}).$$

Una representación gráfica de las medidas de eficiencia definidas en términos de producto se presenta en el Gráfico 18. La curva que pasa a través del punto D es lo que O'Donnell (2011a) llama una frontera mixta restringida (mix restricted frontier): es el límite del conjunto de todas las combinaciones agregadas de insumo-producto técnicamente factibles que tienen la misma composición de insumos y productos que la unidad que opera en el punto A. La curva que pasa por el punto E, es una frontera de producción no restringida: es el límite del conjunto de posibilidades de producción que está disponible para las empresas cuando se eliminan todas las restricciones sobre las posibles combinaciones de insumos. Las medidas de PTF y eficiencia pueden ser entonces expresadas en términos de las pendientes de vectores en el espacio de cantidades agregadas. Por ejemplo, la PTF de una unidad que opera en el punto A en el Gráfico 1 es $PTF_{it} = Q_{it}/X_{it} = \text{pendiente } 0A$, la medida de eficiencia de PTF definida en (6) es $PTF_{it} = PTF_{it} / PTF_{it}^* = \text{pendiente } 0A / \text{pendiente } 0E$ y la medida de eficiencia de escala orientada al producto definida en (10) es $ROSE_{it} = (\widehat{Q}_{it}/X_{it}) / TFP_{it}^* = \text{pendiente } 0V / \text{pendiente } 0E$.

Gráfico 18. Medidas de Eficiencia Orientadas al Producto

6



Fuente: Reproducido de O'Donnell 2011

3.3. Descomposición del Cambio en PTF.

Los índices de PTF expresados en términos de cantidades agregadas, tal como se presenta en la ecuación (2), pueden ser descompuestos en forma multiplicativa en un componente de cambio técnico y varias medidas de cambio de eficiencia. Una forma de realizar esta partición de la PTF en sus distintos componentes de cambio técnico y eficiencia es a partir de la ecuación (6) reescribiéndola como $PTF_{it} = PTF^*/PTFE_{it}$. De la misma manera, para la unidad productiva h en el momento s se cumple que: $PTF_{hs} = PTF^*/PTFE_{hs}$. Entonces, el índice de PTF definido en (2) puede ser descompuesto en:

$$(18) \quad TFP_{h,it} = \left(\frac{TFP_t^*}{TFP_s^*} \right) \left(\frac{TFPE_{it}}{TFPE_{hs}} \right).$$

El primer término entre paréntesis en (18) mide el cambio en el máximo de la PTF en el tiempo y puede interpretarse como una medida del cambio tecnológico. El segundo término es una medida de cambio global de eficiencia técnica. Las definiciones

presentadas en las expresiones (6) a (17) pueden ser utilizadas a su vez para descomponer el cambio en la PTF en diversos componentes (O'Donnel, 2011a):

Cambio en PTF, Eficiencia y Escala Mixta

$$(19) \quad TFP_{hs,it} = \left(\frac{TFP_t^*}{TFP_s^*} \right) \left(\frac{OTE_{it}}{OTE_{hs}} \right) \left(\frac{OSME_{it}}{OSME_{hs}} \right)$$

Cambio en PTF, Eficiencia, Eficiencia de Escala, y Eficiencia Mixta Residual

$$(20) \quad TFP_{hs,it} = \left(\frac{TFP_t^*}{TFP_s^*} \right) \left(\frac{OTE_{it}}{OTE_{hs}} \right) \left(\frac{OSE_{it}}{OSE_{hs}} \right) \left(\frac{RME_{it}}{RME_{hs}} \right)$$

Cambio en PTF, Eficiencia, Eficiencia Mixta y Eficiencia de Escala Residual

$$(21) \quad TFP_{hs,it} = \left(\frac{TFP_t^*}{TFP_s^*} \right) \left(\frac{OTE_{it}}{OTE_{hs}} \right) \left(\frac{OME_{it}}{OME_{hs}} \right) \left(\frac{ROSE_{it}}{ROSE_{hs}} \right)$$

3.4. Métodos de Estimación.

Para estimar y descomponer los índices de Färe-Primont es necesario estimar la tecnología de producción a partir del conjunto de datos disponibles. La técnica de programación lineal *Data Envelopment Analysis* (DEA) se utiliza para resolver este problema. El uso de DEA se basa en el supuesto de que las funciones de distancia de productos e insumos representan la tecnología disponible en el momento t y tienen la siguiente especificación:

Función de Distancia de Producto

$$(22) \quad D_o(x_{it}, q_{it}, t) = (q_{it}'\alpha) / (\gamma + x_{it}'\beta)$$

Función de distancia de Insumos

$$(23) \quad D_i(x_{it}, q_{it}, t) = (x_{it}'\eta) / (q_{it}'\phi - \delta)$$

El problema DEA estándar orientado al producto implica seleccionar los valores de los parámetros desconocidos de (22) de forma tal de minimizar $OTE_{it}^{-1} = D_o(x_{it}, q_{it}, t)^{-1}$. Por otra parte, el programa DEA orientado al insumo selecciona valores de los parámetros desconocidos de (23) tal que maximicen $ITE_{it} = D_i(x_{it}, q_{it}, t)^{-1}$. El programa DPIN (O'Donnell

2011a) se utiliza en las secciones siguientes para resolver los problemas DEA, estimar los índices de Färe-Primont y calcular las distintas medidas de eficiencia a partir del panel de datos de FAOSTAT.

3.5. Datos.

Los datos utilizados corresponden a la misma base de datos de FAOSTAT utilizada en secciones anteriores. A partir de la información disponible, se configuró un panel de datos sobre 5 países (Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay) para el período 1961-2012 y se estimaron 3 modelos de producción con el programa DPIN:

- i) Producción agrícola (cultivos)
- ii) Producción ganadera
- iii) Producción Agropecuaria Total.

Para las estimaciones *i* y *ii* se utilizaron como variables de producto (*Q*) el Valor Bruto de Producción Agrícola y el Valor Bruto de Producción Ganadera respectivamente, medidos en miles de dólares constantes con base 2004-2006. Para la estimación *iii*, se utilizaron como variables dependientes los Valores Brutos de Producción de agricultura y de ganadería, definiendo una función de producción multi-producto. Los insumos incluidos en cada estimación y su definición de acuerdo a FAOSTAT se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Variables y Definiciones

Insumo	Variable FAOSTAT	Descripción	Modelo en el que se Incluye el Insumo
Trabajo	Labor	Total economically active population in agriculture expressed in thousands of persons	i, ii y iii
Fertilizantes	Fertilizer	Quantity of nitrogen, phosphorous and potassium in thousand metric tons	i, ii y iii
Maquinaria	Machinery	Thousands of agricultural machinery used in the production process	i, ii y iii
Tierra Agrícola	Agriculture Land	Arable land and permanent crops expressed in thousands of hectares	i, ii y iii
Stock Animal	Livestock	Bovine heads	ii y iii
Pasturas	Pastures	Permanent meadows and pastures	ii y iii
Potencia Animal	Animal Power	Sum of horses and mules	i, ii y iii
Semillas	Seeds	Sum of cereal seeds and oilcropseeds	i y iii
Alimentación Animal	Animal Feed ⁷	Maize and products	ii and iii
		Barley and products	
		Oats	
		Rye and products	
		Sorghum and products	
		Soybean Cake	
		Sunflower seed Cake	
Wheat and products			

Se definió como base de comparación el año inicial (1961) para Argentina, que asume entonces el valor uno en los índices estimados. De esta manera, todos los países tienen la misma referencia como base de comparación y se facilita la comprensión de la

⁷ Los valores finales de alimentación animal (Animal Feed) se calcularon a partir de la suma ponderada de cada alimento por el porcentaje de digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS). Se considera el maíz como el de mayor digestibilidad (Maíz=1).

evolución y la situación final. En la programación se impuso la restricción de “no technical regress”. Esto implica que para los índices de cambio tecnológico, en caso de tener cambios negativos, las tasas de cambio se igualan a cero, de forma tal que sólo los cambios positivos son considerados. Para la aplicación empírica no se utilizaron datos de precios de productos e insumos dado que no son necesarios para la estimación de los índices de tipo Färe-Primont. En la siguiente sección se presentan los resultados de las estimaciones.

3.6. Resultados.

Esta sección presenta los resultados de las estimaciones de los cambios en productividad y sus componentes para el panel de países considerado. En los Cuadros A.I.1 y A.I.2 del Apéndice II se presenta una síntesis de los índices agregados que miden los cambios de producción, insumos y PTF. Con el objetivo de sintetizar la exposición se presentan solamente los índices estimados del cambio en producción (dQ), insumos (dx) y PTF (dPTF) para los países del Cono Sur (Cuadro A.II.1) y para el caso de Argentina (Cuadro A.II.2). Se presentan además los indicadores de cambio en medidas de eficiencia y productividad orientados al producto que se definen en (34) dTech, (7) dOTE, (16) dOSME, y (6) dPTFE⁸.

Los resultados pueden ser utilizados para realizar comparaciones inter-espaciales e inter-temporales considerando que la base de referencia siempre es *Argentina 1961=1*. Por ejemplo, la comparación entre el primer y último dato de la columna dPTF del Cuadro A.2 (1 y 1.774 respectivamente) muestra que la PTF del sector agropecuario en Argentina aumentó un 77.4% entre 1961 y 2012.

En los Gráficos 19 a 24 se presenta la evolución de los índices agregados de producción e insumos en la producción agropecuaria, agrícola y ganadera para los países del Cono Sur. En todos los casos debe tenerse en cuenta que la base es *Argentina 1961=1* y que, por una cuestión de escala, en los gráficos los datos de Argentina y Brasil se presentan en el eje izquierdo y los de Chile, Paraguay y Uruguay en el eje derecho. La evolución de la PTF, estimada a partir de los índices agregados de producción e insumos, para los distintos sectores y países se presenta en los Gráficos 25 a 27.

⁸ Los resultados completos de las estimaciones y la base de datos asociada están disponibles y pueden ser solicitados al autor.

Respecto de los índices de insumos y producción, se puede observar una tendencia creciente para todos los países. Sin embargo, se pueden ver resultados diversos en términos de tendencias relativas. Por el lado de la producción, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay registran incrementos relativos mayores a los observados en Argentina en particular en los últimos años y de manera más evidente en la producción ganadera. En cuanto al uso de insumos, también el incremento relativo en los indicadores en menor en Argentina. Esto sugiere que la expansión de la producción en la región Cono Sur ha sido mayormente impulsada por el uso de insumos con una fuerte expansión en el margen extensivo.

En los resultados de PTF presentados en los Gráficos 25 a 27, se observa que la PTF en Argentina ha crecido sistemáticamente a lo largo del período, si bien a diversas tasas dependiendo del tipo de producción. Por otra parte, en los restantes países la situación es heterogénea, con períodos de disminución y crecimiento a diversas tasas. No obstante, puede destacarse que en los últimos 10 años el índice de cambio en PTF ha tenido, en general, una tendencia positiva en todos los países de la región.

Gráfico 19. Índices de Producción Agropecuaria 1961-2012

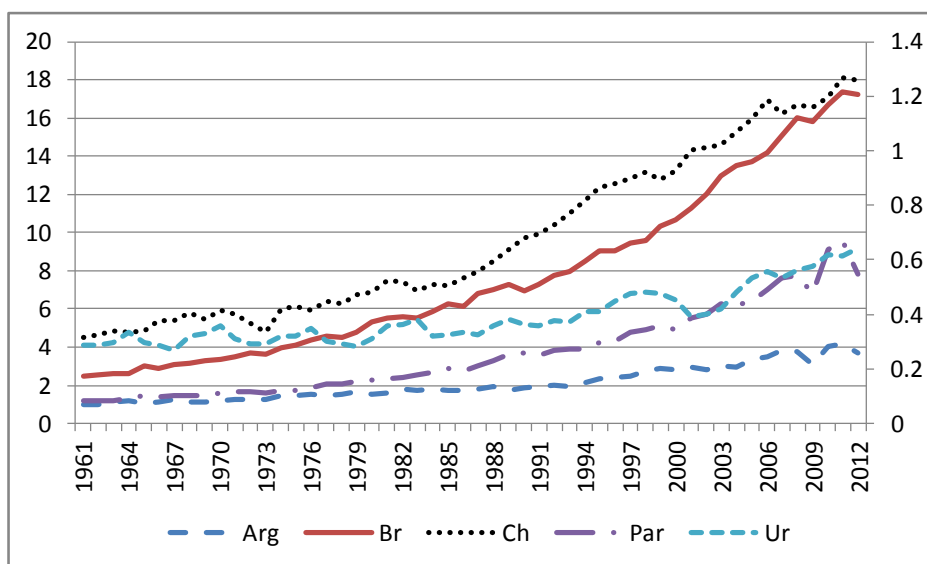


Gráfico 20. Índices de Insumos Agropecuarios 1961-2012

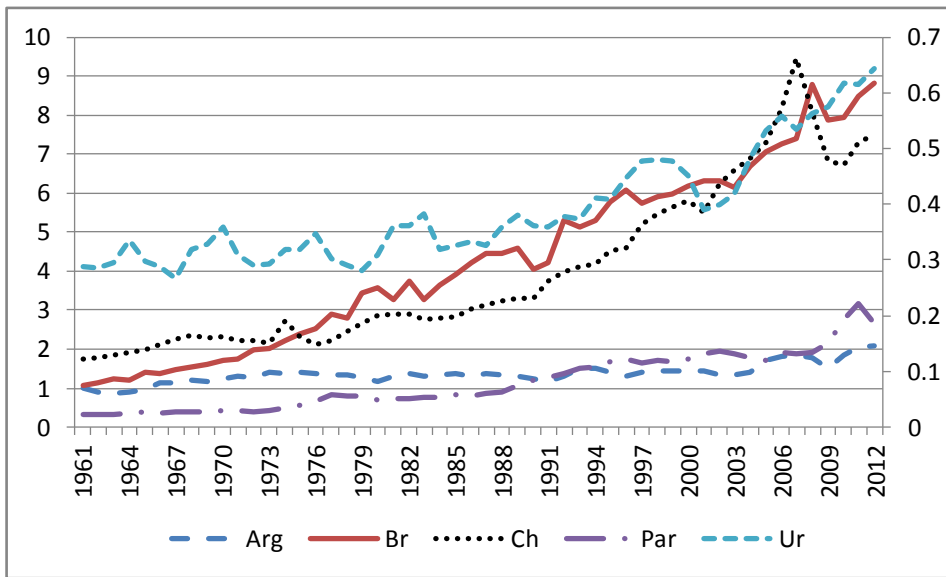


Gráfico 21. Índices de Producción Agrícola (cultivos) 1961-2012

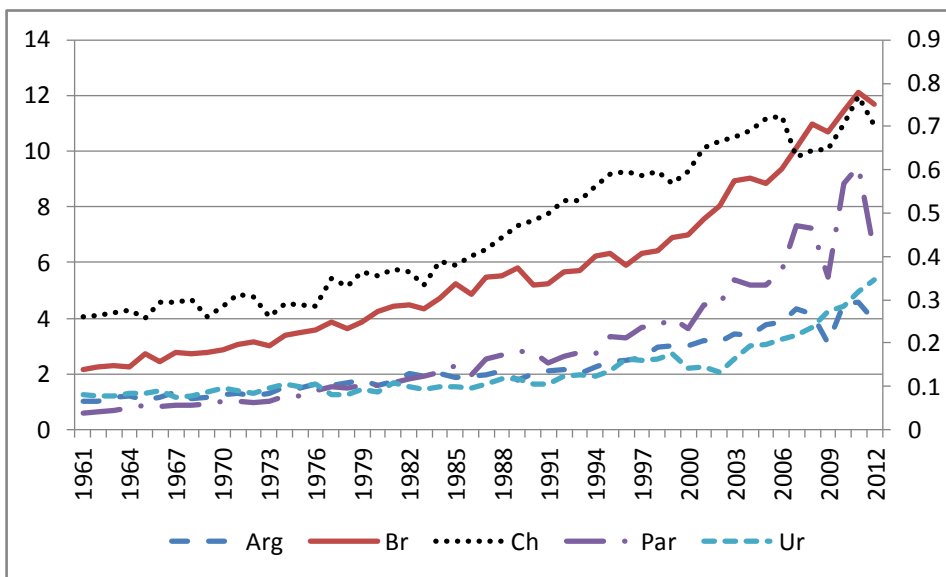


Gráfico 22. Índices de Insumos Agrícolas 1961-2012

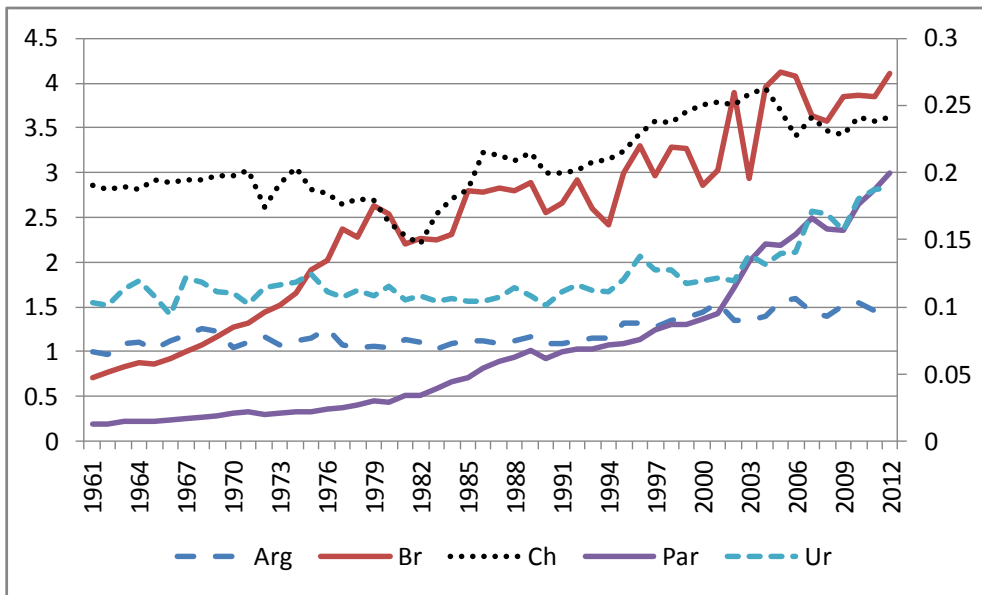


Gráfico 23. Índices de Producción Ganadera 1961-2012

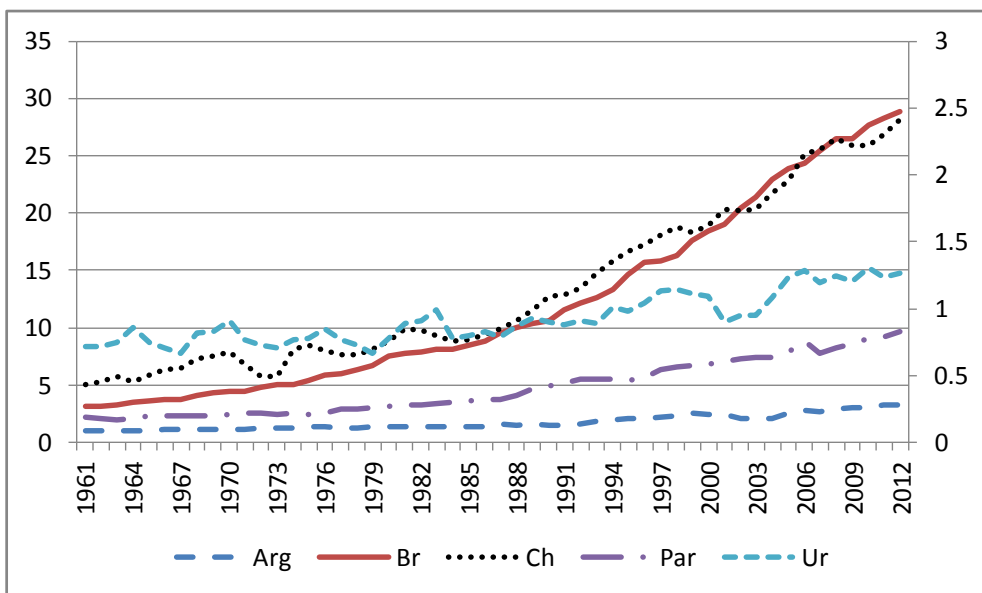


Gráfico 24. Índices de Insumos Ganaderos 1961-2012

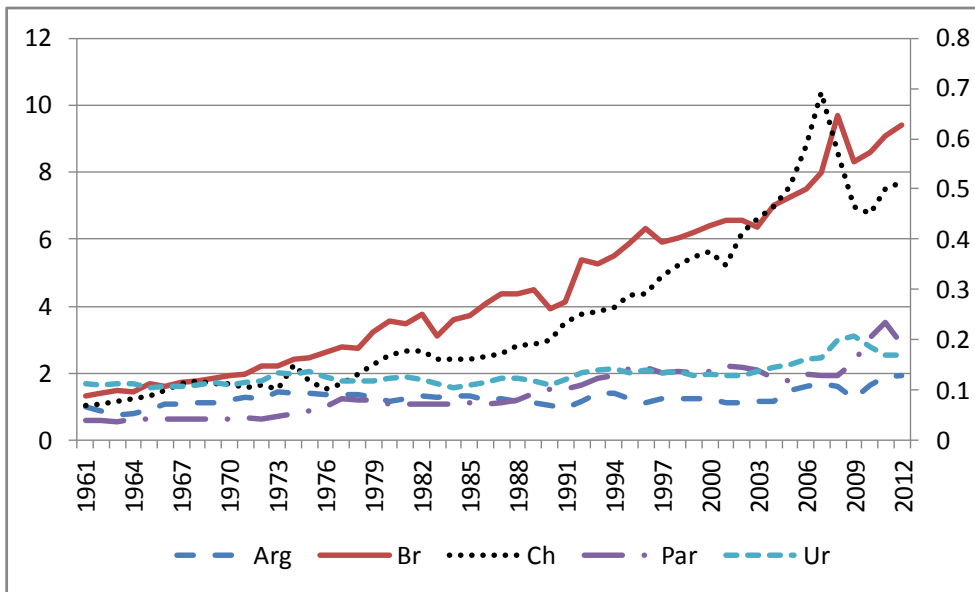


Gráfico 25. Índices de PTF Agropecuaria 1961-2012

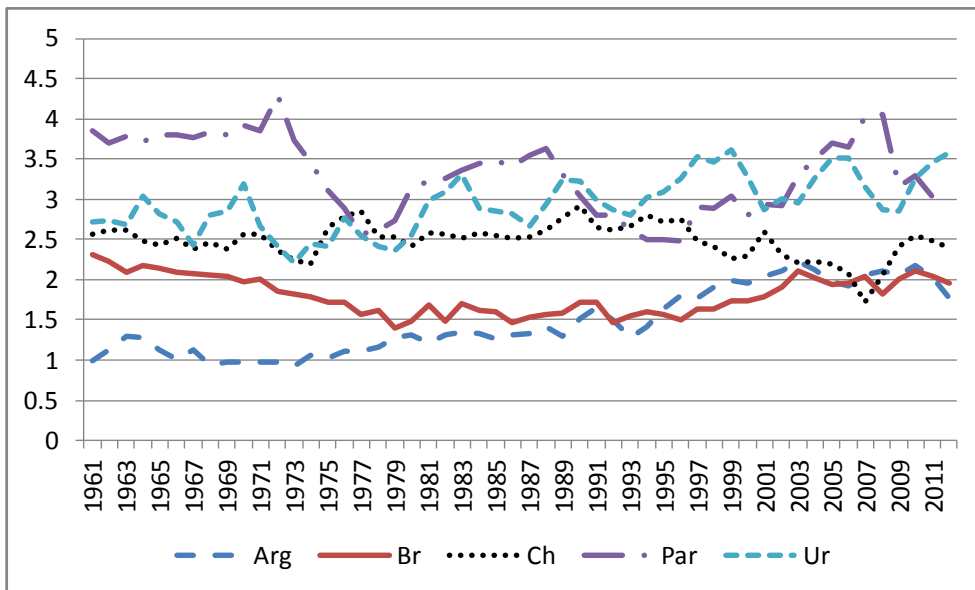


Gráfico 26. Índices de PTF Agrícola 1961-2012

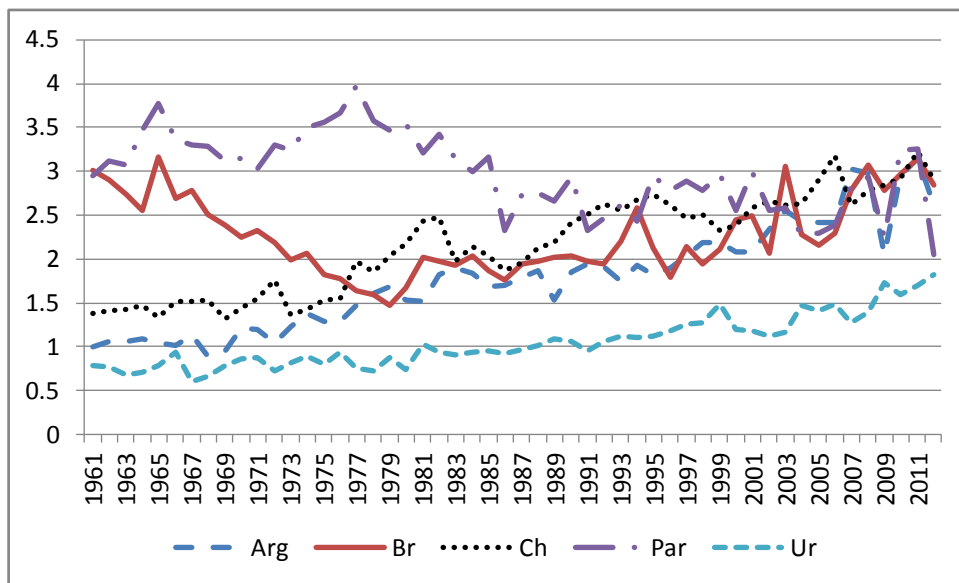
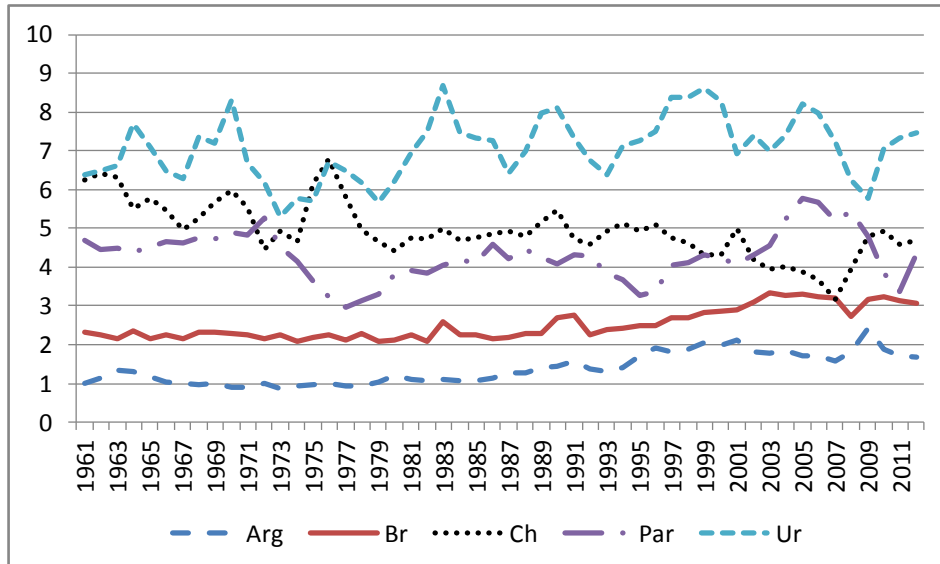


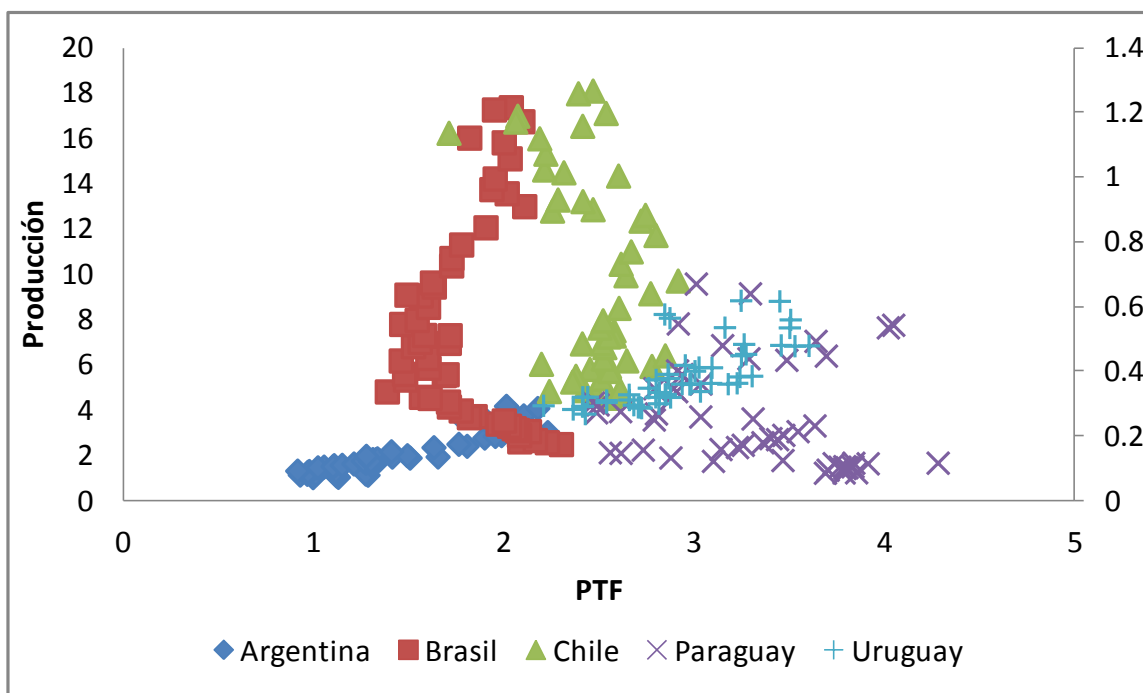
Gráfico 27. Índices de PTF Ganadera 1961-2012



Para analizar la relación entre producción y productividad, de manera similar a lo realizado en la sección previa, se presentan en el Gráfico 28 los índices estimados de producto (Argentina y Brasil en eje izquierdo, resto de los países en eje derecho) y PTF para cada uno de los países del Cono Sur. Se observa que la relación es claramente positiva para el caso de Argentina, mientras que en el resto de los países esta relación

es menos lineal. Una cuestión importante es que, de manera similar a lo encontrado en las estimaciones previas, el crecimiento de la producción (el movimiento en el eje vertical) parece ser mucho más importante en términos relativos para el resto de los países del Cono Sur que para Argentina, particularmente en los últimos años. Esto sugiere también, como se señaló previamente, que los países de la región han aprovechado claramente el aumento del precio de los productos agrícolas de ocurrido a partir del año 2004 expandiendo la producción y aumentando el uso de recursos en el margen extensivo, aunque con incrementos menores de la PTF. Por otro lado, en Argentina crece relativamente menos la producción, se utilizan menos insumos y aumenta la PTF.

Gráfico 28. Relación entre Producción y PTF en Cono Sur



Como se señaló previamente, los cambios en la PTF son el resultado de:

- Cambio técnico (movimientos de la frontera de producción)
- Cambios en la eficiencia técnica (movimientos que acercan o alejan de la frontera); y
- Cambios de eficiencia mixtos de escala y alcance (movimientos a lo largo de la superficie de la frontera para capturar economías de escala y alcance)

Utilizando los datos de las estimaciones y siguiendo la metodología propuesta, en el Cuadro 10 se presenta una descomposición de los cambios en la PTF para la producción agropecuaria, agrícola y ganadera para el caso de Argentina.

Los cambios tecnológicos y en eficiencia estimados pueden combinarse para reproducir los índices de cambio en PTF presentados en el Cuadro 10. Por ejemplo, en el período 1961-2012 la PTF agrícola (cultivos) muestra un incremento que puede descomponerse en un 31% de incremento en el cambio tecnológico (1.31-1), un 14% de disminución de eficiencia (0.84-1) y en un 130% de incremento en la productividad por economías de escala y alcance (2.3-1), resultando en un incremento global de la PTF de $(1.31 \times 0.86 \times 2.3 - 1) = 162\%$ (2.62-1). Esto es equivalente a una tasa de crecimiento de la PTF de 1.89% anual acumulativo⁹ a lo largo del período.

Los Gráficos 29 a 31 presentan la evolución temporal de los componentes de PTF en cada uno de los sectores de Argentina. De las estimaciones presentadas en el Cuadro 10, y del análisis gráfico, surge que los determinantes más dinámicos del comportamiento de la PTF de Argentina en el largo plazo han sido el cambio en escala y el cambio tecnológico en ese orden.

⁹ $1.89 = \ln(2.62)/(2012-1961)$

Cuadro 10. Argentina. Índices de Cambio en PTF y Componentes 1961-2012

	Sector Agropecuario		Agricultura		Ganadería	
	Índice 2012 (1961=1)	Tasa de Crecimiento (% anual)	Índice 2012 (1961=1)	Tasa de Crecimiento (% anual)	Índice 2012 (1961=1)	Tasa de Crecimiento (% anual)
Cambio en PTF	1.77	1.12	2.62	1.89	1.68	1.02
Cambio Técnico	1.11	0.21	1.31	0.54	1.36	0.61
Cambio de Eficiencia	0.95	-0.10	0.86	-0.28	0.72	-0.64
Cambio Mixto de Eficiencia de Escala	1.67	1.01	2.30	1.64	1.71	1.05

Gráfico 29. Argentina. Evolución de los Componentes de PTF en Sector Agropecuario.

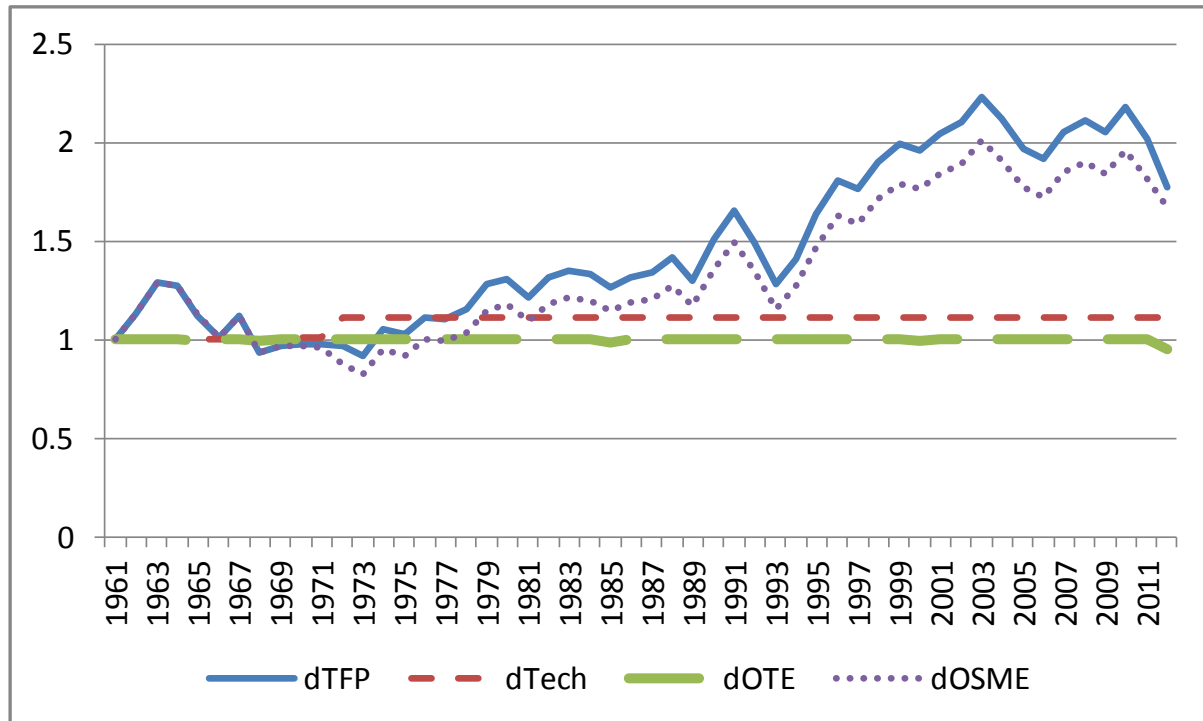


Gráfico 30. Argentina. Evolución de los Componentes de PTF en Agricultura.

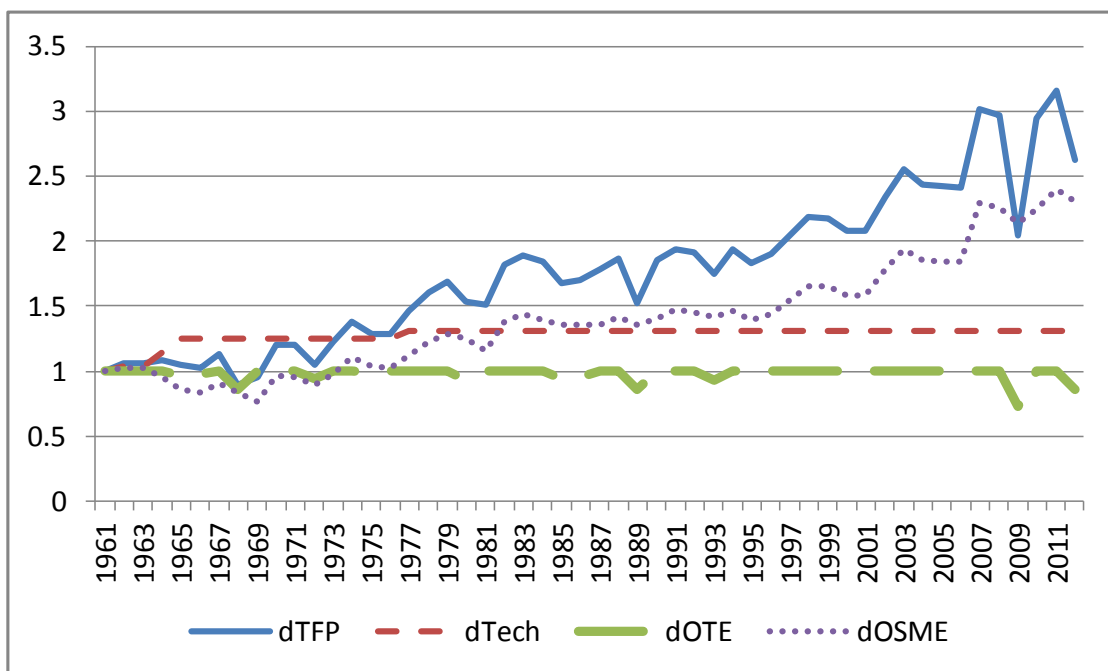
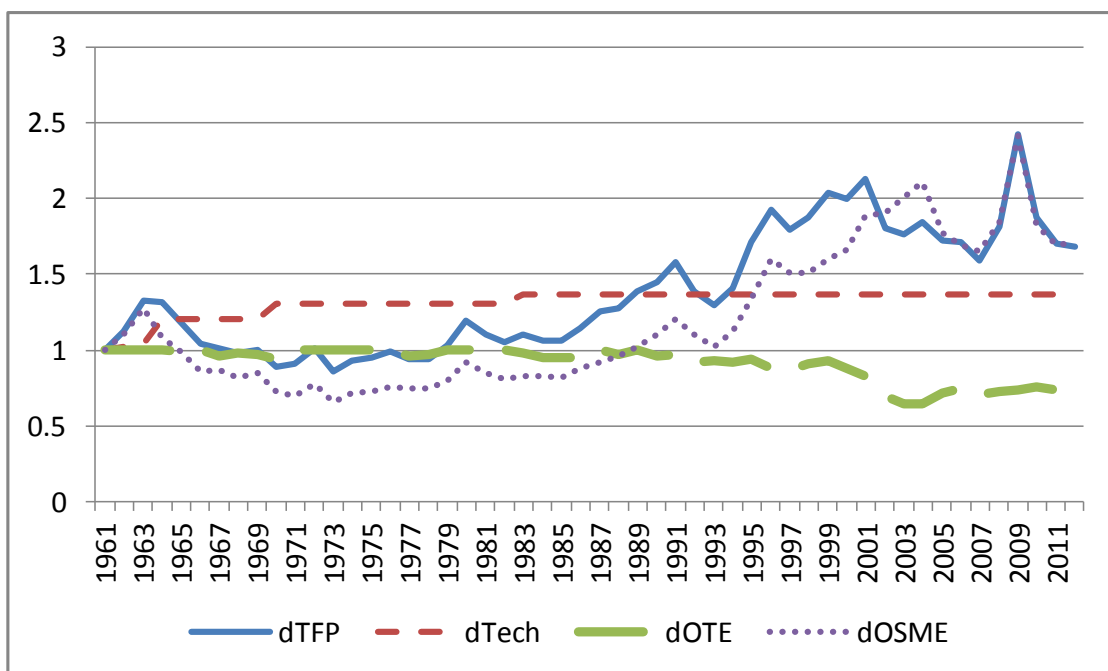


Gráfico 31. Argentina. Evolución de los Componentes de PTF en Ganadería.



3.7. Síntesis de los Principales Resultados

Puede concluirse que los determinantes más dinámicos del comportamiento de la PTF agrícola de Argentina en el largo plazo han sido el cambio en escala y el cambio tecnológico. Si analizamos el comportamiento de la producción ganadera, se observa una menor tasa de crecimiento de la PTF que en agricultura, y también que los mayores determinantes de su evolución han sido la eficiencia de escala y el cambio tecnológico.

Se estimó también que la relación entre producción y productividad era en general positiva para Argentina. Esta relación pro cíclica puede ocurrir por diversos motivos, entre ellos: una mejor utilización de recursos, shocks tecnológicos o también por el efecto de economías de escala y alcance. Los resultados de la descomposición de PTF sugieren que para el caso de Argentina estos dos últimos factores serían los más relevantes. Esto muestra la importancia de mantener, por un lado, la dinámica de producción para aprovechar economías de escala y alcance, y por otro, el cambio tecnológico para permitir desplazamientos de la frontera de producción. Asimismo, tanto los sectores agrícola como ganadero (y en consecuencia el agropecuario) muestran una evolución negativa de la eficiencia técnica en el tiempo. De las estimaciones surge entonces que existirían importantes ganancias potenciales de eficiencia, lo que implica que podría incrementarse el nivel de producción con la actual dotación de recursos y tecnología. Mejoras en las prácticas de manejo gerencial y agronómico, así como una mejor infraestructura y logística pueden ser claves para cerrar estas brechas de eficiencia.

Finalmente, los resultados comparativos son similares a los encontrados en estimaciones previas y sugieren que el comportamiento de Argentina ha sido relativamente favorable en términos de PTF. No obstante, se observa un menor crecimiento relativo de la producción en los últimos años, en particular durante el “boom” de los precios de los productos básicos. Durante este período de altos precios agrícolas las políticas fiscales y comerciales en Argentina han implicado una importante desprotección efectiva para el sector agropecuario, a diferencia de lo que ocurrió en los países vecinos (Gallacher y Lema 2014).

4. Comentarios Finales

En el trabajo se presentaron estimaciones siguiendo metodologías consistentes con la teoría económica y la teoría de números índices para la estimación y descomposición de indicadores de productividad total de factores. Los resultados permitieron realizar un análisis comparativo de la productividad en los países y en particular analizar el caso de Argentina, en términos de evolución de producción y PTF, así como descomponer el cambio en PTF en sus principales determinantes.

Los resultados obtenidos sugieren que tanto la producción como la productividad agrícola de Argentina han sido afectadas por las políticas comerciales y fiscales aplicadas. Las políticas de impuestos a la exportación, regulaciones y restricciones cuantitativas a la exportación de productos agropecuarios han sido particularmente intensas en los últimos diez años. La continuidad de estas políticas podría tener un impacto muy negativo en el futuro, particularmente en un contexto de disminución de precios de los principales granos exportables. En los últimos años, los aspectos negativos de las políticas agrícolas pueden haberse suavizado, en parte como resultado de un contexto de precios internacionales muy favorables. Sin embargo, tal como sugieren estudios previos sobre los efectos de las distorsiones de precios en la agricultura (Mundlak et al., 1989; Fulginiti y Perrin 1990, Krueger, Schiff y Valdés, 1990; Sturzenegger y Salzani, 2008, Colomé et al., 2011) estas políticas terminan impactando negativamente sobre la productividad y el crecimiento agrícola de largo plazo.

5. Referencias

- Agrimonitor, IDB (2015). PSE Agricultural Policy Monitoring System. <http://www.iadb.org/en/topics/agriculture/agrimonitor/agrimonitor-pse-agricultural-policy-monitoring-system,8025.html>
- Balk, B. M. (1998). Industrial Price, Quantity, and Productivity Indices: The Micro-Economic Theory and an Application. Boston, Kluwer Academic Publishers.
- Ballesteros, M. (1957). Argentine Agriculture, 1908-1954: a study in growth and decline. A dissertation submitted to the faculty of the Division of the social sciences in candidacy for the degree of Doctor of Philosophy. Illinois: The University of Chicago. Department of Economics.
- Bharati, P y Fulginiti, L. (2007). Institutions and agricultural productivity in Mercosur. University of Nebraska-Lincoln.
- Coremberg, A. (2010). Measuring Productivity In unstable land rich Economies The challenge for Argentina after Global Financial Collapse The First WORLD KLEMS Conference at Harvard University August 19-20, 2010.
- Colomé, Rinaldo A., Freitag, Darío y Fusta, Germán (2011). “Tipos de cambio real y tasas de protección a la agricultura argentina en el período 1930-1959”. *Económica, La Plata*, Vol. LVII: 91-125
- Cristini, Marcela, Omar Chisari y Guillermo Bermúdez (2009), “Agricultural and Macroeconomic Policies, Technology Adoption and Agro-Industrial Development in Argentina: Old and New Facts” *Revista Argentina de Economía Agraria*, Volumen XI, Número 2, Primavera 2009: 95-114.
- Dias Avila, F. y Evenson, R. E. (2010), Total Factor Productivity Growth in Agriculture: The Role of Technological Capital. Chapter 72 In *Handbook of Agricultural Economics Vol 4*, Burlington: Academic Press, Elsevier – North Holland, Amsterdam, The Netherlands pp. 3769-3822.
- Diaz Alejandro, C. F. (1975). *Ensayos sobre la historia económica argentina*. Amorrortu editores, Buenos Aires, Argentina
- Elias, V. J. (1992). *Sources of growth: a study of seven Latin American Economies*. San Francisco: ICS Press.

- FAOSTAT (2014), Food and Agriculture Organization of The United Nations, Statistics Division.
<http://faostat3.fao.org/home/E>
- Färe, R. and D. Primont (1995). *Multi-output Production and Duality: Theory and Applications*. Boston, Kluwer Academic Publishers.
- Farrell, M. J. (1957). "The Measurement of Productive Efficiency." *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)* 120(3): 253-290.
- Fulginiti, L. E. and Perrin, R. K. (1990) "Argentine Agricultural Policy in a Multiple-Output, Multiple-Input Framework" *American Journal of Agricultural Economics*, May 1990, 279:288.
- Fulginiti, L. y Perrin, R. (1998). *Agricultural productivity in developing countries*. University of Nebraska, Lincoln, Agricultural Economics Department. Lincoln, Nebraska: Agricultural Economics Department.
- Gallacher M. (2000). *Cambio tecnológico a nivel desagregado en el agro argentino*. Documento de Trabajo 162 Universidad del CEMA.
- Gallacher, Marcos and Daniel Lema (2014). "Argentine Agricultural Policy: Producer and Consumer Support. Estimates 2007-2012," *CEMA Working Papers: Serie Documentos de Trabajo*. 554, Universidad del CEMA.
- Krueger, A., Schiff, M. y Valdés, A. (1990). *La Economía Política de las Intervenciones de Precios Agrícolas en América Latina*, Banco Mundial – CINDE, Santiago de Chile, 1990.
- Lachaud, Michée Arnold; Bravo-Ureta, Boris E.; Ludeña, Carlos E. (2015). *Agricultural Productivity Growth in Latin America and the Caribbean and Other World Regions: An Analysis of Climatic Effects, Convergence and Catch-up*. IDB Working Paper Series N° IDB-WP-607.
- Lanteri, L. N. (1994). *Sources of Economic Growth and Productivity, Induced Innovation and Technological Change Biases in the Agricultural Sector*. Buenos Aires: Asociación Argentina de Economía Política.
- Lanteri, L. N. (2004). *Crecimiento y la paradoja de la productividad. Una estimación en la forma de state-space, con componentes no observables para el sector agropecuario argentino, 1955-2003*. Banco Central de Argentina.

- Lema, D. (2010). Factores de crecimiento y productividad en la agricultura argentina. Capítulo 6 en *La agricultura argentina. Medio siglo de logros y desafíos*. Lucio Reca et al. (Editores). Editorial de la Facultad de Agronomía – UBA. Buenos Aires.
- Lence, S. (2010). The agricultural sector in Argentina: major trends and recent developments. Chapter 14. The Shifting patterns of agricultural production and productivity worldwide. The Midwest agribusiness trade research and information center. Ames: Iowa State University.
- Ludeña, C. 2010. Agricultural Productivity Growth, Efficiency Change and Technical Progress in Latin America and the Caribbean. IDB, Washington, DC: IDB.
- Mundlak, Y., Cavallo, D. y Domenech R. (1989) "Agriculture and Economic Growth in Argentina 1913-1984" Research Report 76 International Food Policy Research Institute. Washington DC.
- O'Donnell, C. J. (2008). "An Aggregate Quantity-Price Framework for Measuring and Decomposing Productivity and Profitability Change" Centre for Efficiency and Productivity Analysis Working Papers WP07/2008. University of Queensland
- O'Donnell, C. J. (2010). "Nonparametric Estimates of the Components of Productivity and Profitability Change in U.S. Agriculture." Centre for Efficiency and Productivity Analysis Working Papers WP02/2010. University of Queensland.
- O'Donnell, C. J. (2011a). "DPIN 3.0 A Program for Decomposing Productivity Index Numbers." Centre for Efficiency and Productivity Analysis. University of Queensland.
- O'Donnell, C. J. (2011b). "Econometric Estimation of Distance Functions and Associated Measures of Productivity and Efficiency Change." Centre for Efficiency and Productivity Analysis Working Papers WP01/2011. University of Queensland.
- Ordóñez, I. y Senesi, S. (2015). Campo. El sueño de una Argentina verde y competitiva. 1er. Edición, Buenos Aires, Aguilar.
- Saini, E. y Lema, D. (2014). Productividad del Sector Agropecuario Argentino. Productivity Workshop in Latin America and Caribbean. November 24th, 2014 Inter-American Development Bank (IDB), Washington DC.
- Shephard, R. W. (1953). Cost and Production Functions. Princeton, Princeton University Press.
- Sturzenegger, A. y Salzani, M. (2008). Distortions to Agricultural Incentives in Argentina. Chapter 2 in Distortions to Agricultural Incentives in Latin America, Kym Anderson and

Alberto Valdes Editors. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington DC, USA.

Trindade, F. y Fulginiti, L. (2015). Is there a Slowdown in Agricultural Productivity Growth in South America? Agricultural Economics: forthcoming.

6. APENDICE I

Cuadro A.I.I. Índices de Producción Insumos y PTF – base 1962=100

Año	Índice de Producción Agrícola	Índice de Insumos Agrícolas	Índice de PTF Agrícola	Índice de Producción Ganadera	Índice de Insumos Ganaderos	Índice de PTF Ganadera	Índice de Producción Sector Agropecuario	Índice de Insumos Sector Agropecuario	Índice de PTF Sector Agropecuario	% Agricultura en el VA Agropecuario	% Ganadería en el VA Agropecuario
1962	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	51.11%	48.89%
1963	101.16	100.20	100.96	103.40	98.04	105.36	102.26	99.14	103.12	51.04%	48.96%
1964	105.14	100.45	104.68	107.28	96.25	111.23	106.18	98.40	107.88	51.20%	48.80%
1965	111.66	100.81	110.80	106.37	93.67	113.27	109.07	97.32	112.01	51.12%	48.88%
1966	113.89	101.00	112.80	103.33	92.96	110.90	108.74	97.08	111.87	51.22%	48.78%
1967	114.50	101.35	113.02	101.72	94.25	107.63	108.16	97.82	110.34	50.37%	49.63%
1968	117.85	101.73	115.90	107.91	94.78	113.58	112.93	98.29	114.75	50.46%	49.54%
1969	118.96	102.51	116.10	114.36	94.89	120.23	116.69	98.75	118.14	50.68%	49.32%
1970	120.43	103.44	116.48	120.06	93.68	127.76	120.25	98.67	121.99	51.16%	48.84%
1971	120.23	103.81	115.87	120.81	93.33	129.03	120.52	98.67	122.32	50.97%	49.03%
1972	127.70	103.78	123.11	115.30	93.37	123.09	121.63	98.68	123.10	51.04%	48.96%
1973	128.71	103.27	124.68	108.61	93.80	115.38	119.00	98.70	120.19	51.70%	48.30%
1974	131.53	103.07	127.66	104.30	94.71	109.69	118.57	99.09	119.11	52.42%	47.58%
1975	138.54	102.81	134.79	106.01	95.08	111.06	123.06	99.13	123.49	52.42%	47.58%
1976	147.31	102.46	143.77	108.74	95.60	113.31	129.11	99.22	129.39	52.81%	47.19%
1977	154.64	102.12	151.41	116.14	95.15	121.56	136.88	98.90	137.64	53.86%	46.14%
1978	155.63	101.53	153.24	123.73	94.91	129.81	141.27	98.55	142.69	55.00%	45.00%
1979	163.01	100.77	161.66	131.00	94.49	138.00	148.78	97.98	151.14	55.52%	44.48%
1980	169.20	99.92	169.15	133.08	93.88	141.08	153.47	97.29	156.93	56.46%	43.54%
1981	168.93	99.12	170.26	132.77	92.51	142.82	153.62	96.32	158.64	57.67%	42.33%
1982	171.24	99.40	172.10	130.51	91.92	141.29	154.48	96.32	159.42	58.85%	41.15%
1983	179.50	100.55	178.39	125.65	92.20	135.61	158.02	97.22	161.33	60.12%	39.88%
1984	192.35	102.39	187.91	121.68	93.13	129.94	164.28	98.72	164.89	60.28%	39.72%

1985	201.28	103.68	194.26	117.83	93.65	125.10	167.87	99.67	166.58	59.97%	40.03%
1986	198.91	104.46	190.52	120.87	93.86	128.06	166.76	100.09	164.79	58.80%	41.20%
1987	198.32	105.15	188.70	126.46	93.76	134.11	169.33	100.56	166.67	59.65%	40.35%
1988	194.13	105.85	183.45	127.92	93.63	135.85	167.25	100.89	164.13	59.40%	40.60%
1989	199.14	106.51	187.04	124.95	93.23	133.29	170.07	101.31	165.98	60.82%	39.18%
1990	192.55	107.17	179.69	121.47	93.35	129.40	164.96	101.81	160.16	61.17%	38.83%
1991	196.21	107.66	182.29	125.09	92.81	134.00	169.36	102.05	164.07	62.25%	37.75%
1992	196.71	107.80	182.52	129.10	91.73	139.86	170.97	101.68	166.28	61.93%	38.07%
1993	210.54	108.09	194.86	131.41	92.10	141.80	179.99	101.91	174.38	61.39%	38.61%
1994	211.31	108.51	194.81	132.11	93.96	139.69	181.00	102.94	173.71	61.73%	38.27%
1995	215.57	109.31	197.31	135.82	96.38	140.01	185.49	104.43	175.70	62.28%	37.72%
1996	223.96	110.28	203.23	140.40	97.10	143.69	192.75	105.36	180.99	62.65%	37.35%
1997	240.10	111.18	216.23	141.94	96.52	146.13	204.62	105.88	190.89	63.85%	36.15%
1998	253.37	111.76	227.04	142.03	95.88	147.19	213.40	106.06	198.38	64.10%	35.90%
1999	273.18	111.94	244.43	140.31	95.96	145.28	226.00	106.26	209.23	64.50%	35.50%
2000	290.30	112.14	259.30	143.65	96.35	148.15	238.21	106.53	219.82	64.48%	35.52%
2001	303.62	112.51	270.36	145.88	96.40	150.38	250.10	107.04	229.65	66.07%	33.93%
2002	309.65	114.69	270.49	146.20	97.34	149.22	256.90	109.09	231.35	67.73%	32.27%
2003	314.65	114.58	275.11	139.72	96.91	143.27	257.83	108.84	232.29	67.52%	32.48%
2004	329.28	114.16	288.92	135.13	96.32	139.45	266.08	108.35	240.26	67.45%	32.55%
2005	335.96	112.81	298.18	138.47	95.71	143.77	270.27	107.12	246.82	66.74%	33.26%
2006	357.06	117.85	303.58	148.36	98.94	149.19	290.44	111.82	254.30	68.08%	31.92%
2007	370.06	122.45	302.80	157.83	102.47	153.39	303.17	116.15	255.71	68.48%	31.52%
2008	401.90	123.70	325.74	164.52	104.75	156.48	328.45	117.84	273.37	69.06%	30.94%
2009	413.83	122.36	338.94	167.28	104.89	158.90	343.12	117.35	287.31	71.32%	28.68%
2010	389.38	121.09	322.46	172.37	103.79	165.40	331.90	116.50	280.86	73.51%	26.49%
2011	395.79	121.36	327.03	168.89	104.15	161.47	338.01	116.98	284.87	74.54%	25.46%
2012	410.93	120.35	342.26	165.23	105.44	155.99	352.67	116.82	298.09	76.29%	23.71%
2013	438.04	119.36	367.67	158.66	107.02	147.44	372.78	116.48	316.23	76.64%	23.36%

7. APENDICE II

Cuadro A.II.I Sector Agropecuario - Índices Färe-Primont de Producción, Insumos y PTF Países del Cono Sur – Base Argentina 1961=1

Año	Brasil			Chile			Paraguay			Uruguay		
	dQ	dX	dPTF	dQ	dX	dPTF	dQ	dX	dPTF	dQ	dX	dPTF
1961	2.462	1.068	2.306	0.316	0.123	2.564	0.085	0.022	3.859	0.288	0.106	2.711
1962	2.544	1.140	2.232	0.327	0.125	2.620	0.084	0.023	3.695	0.285	0.105	2.728
1963	2.583	1.238	2.087	0.341	0.130	2.615	0.085	0.022	3.793	0.294	0.110	2.687
1964	2.641	1.218	2.169	0.334	0.135	2.483	0.093	0.025	3.709	0.336	0.111	3.038
1965	3.038	1.421	2.138	0.339	0.140	2.429	0.101	0.026	3.809	0.299	0.106	2.819
1966	2.861	1.372	2.086	0.375	0.149	2.517	0.098	0.026	3.798	0.288	0.106	2.719
1967	3.089	1.489	2.075	0.378	0.159	2.385	0.102	0.027	3.771	0.267	0.110	2.432
1968	3.164	1.537	2.058	0.405	0.165	2.456	0.104	0.027	3.840	0.319	0.114	2.803
1969	3.274	1.610	2.033	0.384	0.161	2.383	0.104	0.027	3.797	0.328	0.115	2.852
1970	3.368	1.707	1.973	0.413	0.161	2.559	0.113	0.029	3.920	0.359	0.113	3.184
1971	3.506	1.748	2.006	0.399	0.156	2.562	0.115	0.030	3.844	0.310	0.117	2.664
1972	3.698	1.996	1.852	0.366	0.155	2.366	0.115	0.027	4.288	0.291	0.120	2.417
1973	3.649	2.002	1.822	0.336	0.150	2.243	0.113	0.030	3.741	0.292	0.132	2.213
1974	3.947	2.219	1.779	0.421	0.191	2.201	0.123	0.035	3.472	0.319	0.131	2.445
1975	4.122	2.401	1.717	0.431	0.163	2.650	0.121	0.039	3.106	0.319	0.132	2.419
1976	4.341	2.536	1.712	0.414	0.149	2.783	0.131	0.046	2.882	0.347	0.125	2.766
1977	4.552	2.900	1.570	0.447	0.157	2.853	0.147	0.057	2.564	0.303	0.119	2.544
1978	4.500	2.786	1.615	0.437	0.173	2.527	0.145	0.055	2.620	0.290	0.120	2.419
1979	4.789	3.444	1.391	0.472	0.186	2.535	0.155	0.057	2.737	0.281	0.119	2.368
1980	5.314	3.575	1.487	0.484	0.200	2.417	0.157	0.050	3.146	0.309	0.121	2.544
1981	5.512	3.261	1.690	0.524	0.203	2.583	0.163	0.051	3.233	0.361	0.121	2.988
1982	5.568	3.759	1.481	0.518	0.202	2.561	0.170	0.052	3.263	0.362	0.117	3.094
1983	5.548	3.254	1.705	0.485	0.192	2.522	0.178	0.053	3.366	0.384	0.116	3.310
1984	5.838	3.626	1.610	0.508	0.197	2.584	0.188	0.055	3.443	0.318	0.111	2.881
1985	6.273	3.912	1.604	0.505	0.198	2.556	0.201	0.058	3.476	0.327	0.114	2.855
1986	6.157	4.206	1.464	0.533	0.212	2.509	0.191	0.056	3.408	0.334	0.118	2.821
1987	6.789	4.443	1.528	0.555	0.220	2.526	0.212	0.060	3.551	0.326	0.123	2.663

1988	6.984	4.467	1.564	0.594	0.228	2.610	0.230	0.063	3.640	0.359	0.122	2.941
1989	7.285	4.592	1.586	0.639	0.230	2.776	0.252	0.076	3.314	0.382	0.118	3.245
1990	6.934	4.040	1.716	0.678	0.232	2.921	0.258	0.085	3.040	0.362	0.112	3.231
1991	7.274	4.227	1.721	0.695	0.263	2.646	0.248	0.089	2.795	0.358	0.120	2.982
1992	7.773	5.303	1.466	0.730	0.279	2.620	0.267	0.095	2.806	0.377	0.131	2.870
1993	7.951	5.138	1.547	0.768	0.287	2.674	0.274	0.105	2.618	0.372	0.133	2.805
1994	8.528	5.306	1.607	0.819	0.292	2.804	0.271	0.109	2.491	0.411	0.136	3.030
1995	9.032	5.761	1.568	0.864	0.317	2.725	0.295	0.118	2.499	0.410	0.132	3.098
1996	9.067	6.070	1.494	0.882	0.321	2.749	0.301	0.121	2.476	0.447	0.138	3.253
1997	9.425	5.756	1.637	0.899	0.364	2.473	0.336	0.115	2.912	0.477	0.135	3.535
1998	9.601	5.898	1.628	0.924	0.382	2.420	0.345	0.119	2.896	0.479	0.138	3.463
1999	10.357	5.991	1.729	0.895	0.396	2.260	0.360	0.118	3.040	0.478	0.132	3.609
2000	10.685	6.176	1.730	0.929	0.406	2.289	0.345	0.123	2.798	0.452	0.138	3.278
2001	11.283	6.333	1.782	1.003	0.385	2.607	0.389	0.132	2.941	0.390	0.136	2.867
2002	12.040	6.305	1.910	1.013	0.437	2.319	0.400	0.137	2.917	0.400	0.133	3.009
2003	12.975	6.140	2.113	1.022	0.461	2.218	0.438	0.133	3.293	0.418	0.141	2.958
2004	13.546	6.703	2.021	1.071	0.481	2.224	0.433	0.124	3.492	0.482	0.148	3.268
2005	13.729	7.076	1.940	1.118	0.510	2.192	0.446	0.121	3.700	0.533	0.152	3.508
2006	14.200	7.253	1.958	1.188	0.572	2.077	0.492	0.135	3.646	0.558	0.159	3.512
2007	15.089	7.409	2.037	1.135	0.662	1.715	0.534	0.133	4.026	0.534	0.169	3.166
2008	16.004	8.775	1.824	1.170	0.566	2.066	0.542	0.134	4.054	0.563	0.196	2.877
2009	15.796	7.877	2.005	1.157	0.478	2.418	0.478	0.152	3.154	0.575	0.202	2.850
2010	16.728	7.952	2.104	1.197	0.471	2.542	0.639	0.194	3.301	0.617	0.190	3.252
2011	17.349	8.494	2.043	1.266	0.512	2.473	0.669	0.222	3.016	0.615	0.178	3.455
2012	17.248	8.827	1.954	1.258	0.525	2.396	0.546	0.187	2.921	0.643	0.180	3.582

Cuadro A.II.2 Sector Agropecuario Argentina - Índices Färe-Primont - Base Argentina 1961=1

Año	dQ	dX	dPTF	dTech	dPTFE	dOTE	dOSME
1961	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1962	1.014	0.895	1.133	1.000	1.133	1.000	1.133
1963	1.109	0.860	1.289	1.000	1.289	1.000	1.289
1964	1.159	0.907	1.277	1.000	1.277	1.000	1.277
1965	1.079	0.960	1.124	1.000	1.124	0.997	1.127
1966	1.141	1.125	1.014	1.000	1.014	1.000	1.014
1967	1.256	1.121	1.121	1.000	1.121	1.000	1.121
1968	1.115	1.195	0.932	1.000	0.932	0.993	0.939
1969	1.149	1.185	0.970	1.000	0.970	1.000	0.970
1970	1.206	1.230	0.981	1.016	0.966	1.000	0.966
1971	1.274	1.300	0.981	1.016	0.965	1.000	0.965
1972	1.239	1.273	0.973	1.111	0.876	1.000	0.876
1973	1.292	1.406	0.919	1.111	0.827	1.000	0.827
1974	1.469	1.389	1.058	1.111	0.952	1.000	0.952
1975	1.436	1.400	1.026	1.111	0.923	1.000	0.923
1976	1.533	1.380	1.111	1.111	1.000	1.000	1.000
1977	1.485	1.343	1.105	1.111	0.995	1.000	0.995
1978	1.548	1.342	1.153	1.111	1.038	1.000	1.038
1979	1.641	1.283	1.279	1.111	1.151	1.000	1.151
1980	1.524	1.163	1.311	1.111	1.180	1.000	1.180
1981	1.606	1.322	1.215	1.111	1.094	1.000	1.094
1982	1.802	1.371	1.315	1.111	1.183	1.000	1.183
1983	1.765	1.310	1.347	1.111	1.212	1.000	1.212
1984	1.802	1.353	1.332	1.111	1.199	1.000	1.199
1985	1.736	1.373	1.265	1.111	1.138	0.990	1.149
1986	1.741	1.321	1.318	1.111	1.186	1.000	1.186
1987	1.834	1.370	1.339	1.111	1.205	1.000	1.205

1988	1.909	1.347	1.417	1.111	1.275	1.000	1.275
1989	1.721	1.320	1.303	1.111	1.173	1.000	1.173
1990	1.865	1.235	1.510	1.111	1.359	1.000	1.359
1991	1.913	1.154	1.657	1.111	1.492	1.000	1.492
1992	1.972	1.318	1.496	1.111	1.347	1.000	1.347
1993	1.945	1.519	1.280	1.111	1.152	1.000	1.152
1994	2.145	1.519	1.412	1.111	1.271	1.000	1.271
1995	2.326	1.422	1.636	1.111	1.472	1.000	1.472
1996	2.386	1.318	1.810	1.111	1.629	1.000	1.629
1997	2.474	1.400	1.767	1.111	1.590	1.000	1.590
1998	2.750	1.445	1.903	1.111	1.713	1.000	1.713
1999	2.858	1.435	1.991	1.111	1.792	1.000	1.792
2000	2.821	1.440	1.959	1.111	1.763	0.998	1.766
2001	2.933	1.434	2.045	1.111	1.841	1.000	1.841
2002	2.806	1.333	2.106	1.111	1.895	1.000	1.895
2003	2.993	1.340	2.235	1.111	2.011	1.000	2.011
2004	2.976	1.405	2.119	1.111	1.907	1.000	1.907
2005	3.384	1.719	1.968	1.111	1.771	1.000	1.771
2006	3.489	1.822	1.915	1.111	1.723	1.000	1.723
2007	3.816	1.856	2.056	1.111	1.850	1.000	1.850
2008	3.732	1.770	2.108	1.111	1.897	1.000	1.897
2009	3.068	1.496	2.050	1.111	1.845	1.000	1.845
2010	4.058	1.860	2.182	1.111	1.964	1.000	1.964
2011	4.154	2.059	2.017	1.111	1.815	1.000	1.815
2012	3.705	2.089	1.774	1.111	1.596	0.952	1.676