Productividad del sector agrícola: una mirada global

Claudio Bravo - Ortega

ODEPA
Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

Chile en marcha

www.odepa.gob.cl

Productividad del sector agrícola: una mirada global

Abril 2019

Autor:
Claudio Bravo – Ortega

Sistema de Información Estratégica – Odepa
Ministerio de Agricultura
Notas de Políticas Agrarias

Artículo producido y editado por la Oficina de
Estudios y Políticas Agrarias –Odepa. Ministerio de Agricultura

Directora Nacional y Representante Legal: María Emilia Undurraga Marimón

Informaciones:
Centro de Información Silvoagropecuaria, CIS
Valentín Letelier 1339. Código postal 6501970
Teléfono: (56-2) 2397 3000
www.odepa.gob.cl
e-mail: odepa@odepa.gob.cl

Foto de portada: Germán Easton

.

ÍNDICE

1. Resumen 4
2. Introducción 8
3. Metodología 11
4. Datos 13
5. Estimaciones de la función de producción y productividad 14
6. Determinantes de la productividad 23
7. Conclusiones 27
8. Bibliografía 28
9. Anexo 34

1. Resumen [1]

En este documento, estimamos la evolución de la productividad agrícola durante un período cercano a los últimos 60 años, para ello proporcionamos estimaciones del crecimiento de la productividad total de los factores de la agricultura (PTF) para un grupo de más de 60 países para el período 1960-2017. En una segunda etapa, también examinamos los determinantes de la productividad agrícola controlando por infraestructura, variables macroeconómicas y otros determinantes.

Para las estimaciones de productividad, se estima una función de producción translogarítmica, cuya variable dependiente es el PIB agrícola en dólares constantes, en función de la superficie de tierra de pastoreo, superficie de tierra para cultivos, total de tractores, fuerza laboral agrícola y stock de animales.

Nuestra base de datos y las estimaciones de productividad (Tabla R1) indican que los países latinoamericanos han experimentado un crecimiento promedio del PIB agrícola de 2,8% anual en el período 1961-2017, mientras que su productividad creció a una tasa de 1,5% anual. Lideran este crecimiento Argentina y Brasil, con crecimientos de la productividad de 1,9% anual, seguidos de Chile y México con crecimientos de 1,7% anual. El crecimiento del PIB agrícola de Brasil creció un 3,7% anual, México un 3,0%, Chile un 2,5% y Argentina un 2,3%. Este desempeño latinoamericano, es razonablemente bueno comparado con países de altos ingresos, no obstante, el desempeño latinoamericano es peor que el de este grupo de países en lo que respecta a productividad. Lideran el desempeño de la productividad del grupo de altos ingresos Canadá, Italia y España con crecimientos de la productividad de 2,9% para Canadá y 2,5% anual para Italia y España, seguidos de Estados Unidos y Francia con 2,3% anual. A diferencia de lo que ocurre con Latinoamérica, el crecimiento del producto es menor con un 1,7% para Canadá, 1,9% para España, 0,6% para Italia, 0,4% para Francia y 1,6% para Estados Unidos.

El Gráfico R1 muestra la evolución de la productividad agrícola en el tiempo para el caso de Argentina, Brasil, Chile, Francia, Italia y Estados Unidos. En él se observa la superioridad en el

[1] Agradezco los comentarios y sugerencias de Maria Emilia Undurraga, Alberto Valdés, Joseph Ramos y Patricio Riveros. Estudio comisionado por ODEPA, Ministerio de Agricultura, Chile. Todas las opiniones contenidas en este trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor y no representan al gobierno de Chile. Agradezco la excelente ayuda de investigación provista por Claudio Rojas y Rodrigo Miranda.

desempeño de los países desarrollados, y pese a que globalmente el desempeño de Chile no es bajo en términos relativos, es el menor de este grupo.

Gráfico R1. Evolución del crecimiento de la productividad

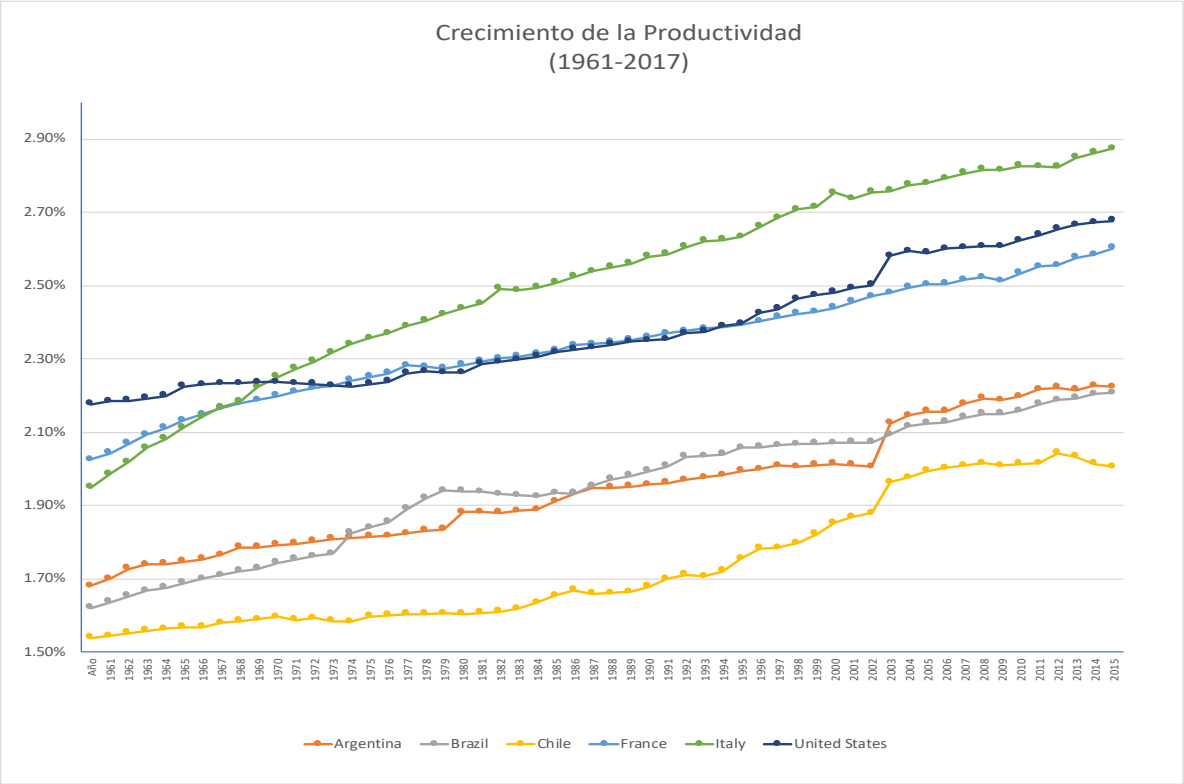


Tabla R1. Crecimiento de la productividad agrícola

Crecimiento de la productividad Agrícola. Estimación Translog

(1961-2017)

	Crecimiento Pormedio PTF (%)	Crecimiento PTF en 56 años (%)	Ccrecimiento promedio Producto por trabajador (%)	Crecimiento Producto por trabajador en 56 años (%)	Ccrecimiento Promedio Producto por ha	Crecimiento Producto por ha en 56 años (%)	Ccrecimiento Promedio Producto Agrícola (%)	Crecimiento Producto Agricola en 56 años (%)
Latinoamérica								
Argentina	1,9	106,2	2,6	145,2	2,5	138,4	2,3	129,4
Brazil	1,9	105,7	4,5	251,1	2,8	157,9	3,7	205,6
Chile	1,7	94,9	2,0	111,7	1,8	98,1	2,5	138,8
Colombia	1,6	87,0	2,1	118,0	2,2	122,0	2,5	139,0
Ecuador	1,7	92,9	2,1	118,1	2,1	119,5	2,7	153,8
El Salvador	1,3	75,0	0,7	39,9	1,4	76,5	1,5	86,5
Mexico	1,7	94,6	2,5	141,2	2,9	162,3	3,0	168,6
Nicaragua	1,3	70,2	2,6	147,8	2,2	123,3	2,9	164,9
Peru	1,3	74,3	1,6	92,0	2,5	139,6	3,0	166,2
Uruguay	1,4	77,0	2,0	113,2	2,0	111,9	1,7	96,6
Promedio grupo	**1,4**	**78,3**	**3,0**	**168,7**	**2,4**	**133,0**	**2,3**	**128,4**
Altos Ingresos								
Australia	1,9	107,0	2,4	136,0	2,7	150,1	2,1	119,9
Austria	2,0	109,9	4,4	246,6	1,1	63,5	0,5	28,3
Canada	2,9	161,1	4,0	223,6	2,5	142,6	1,7	97,9
Denmark	1,4	78,9	4,2	234,9	2,1	116,7	0,7	39,2
Finland	1,1	59,8	4,1	230,2	5,7	316,6	0,2	10,9
France	2,3	128,3	4,7	265,8	1,1	62,5	0,4	24,4
Germany	1,9	108,4	5,0	279,8	1,3	72,1	0,6	33,2
Greece	2,2	124,5	3,6	204,0	2,0	113,7	1,2	67,1
Ireland	0,9	51,0	3,6	202,2	1,5	82,9	1,3	75,5
Italy	2,5	137,9	5,0	278,2	1,0	58,6	0,6	31,6
Japan	1,7	95,5	4,5	251,4	1,7	93,0	0,0	-2,2
Netherlands	1,5	85,9	3,5	198,3	2,7	148,7	1,6	89,5
Portugal	2,1	116,5	3,5	198,0	-0,2	-11,3	1,0	54,1
Spain	2,5	142,4	5,8	325,9	2,3	128,3	1,9	107,2
United Kingdom	1,6	91,1	2,1	115,1	0,7	40,0	0,5	27,9
USA	2,3	129,9	3,1	172,6	1,7	93,6	1,6	88,2
Promedio grupo	**1,3**	**74,6**	**2,8**	**154,0**	**2,4**	**133,5**	**2,5**	**139,7**
Otros países								
China	1,2	65,7	3,1	174,3	3,1	174,7	4,1	230,9
India	1,2	64,9	1,5	85,1	2,5	139,5	2,8	159,1
South Africa	1,6	90,8	3,6	201,3	2,1	120,2	2,0	114,1
Zambia	0,6	32,1	2,3	130,3	4,1	227,4	4,4	246,0
Promedio grupo	**1,3**	**72,3**	**2,9**	**161,0**	**2,5**	**138,7**	**2,5**	**142,4**

En una segunda etapa, investigamos los determinantes de la productividad agrícola considerando entre otras variables: consumo de energía eléctrica, líneas telefónicas, crédito doméstico, educación de la población mayor de 15 años, apertura comercial, inversión, productividad relativa a estados, y anomalías de temperatura. Los resultados indican que el acceso al crédito, el consumo de electricidad, las líneas telefónicas, la superficie irrigada, la apertura comercial, y la escolaridad son motores del crecimiento de la productividad agrícola. Por otra parte, la brecha de productividad agregada respecto a Estados Unidos y el calentamiento global inciden negativamente en la productividad agrícola.

2. Introducción

La productividad agrícola ha sido foco de intenso escrutinio desde los tiempos de Adam Smith. Incluso hasta hoy en día, la mayoría de los economistas asume que el crecimiento de la productividad agrícola es inferior al de la industria manufacturera. No obstante, esta observación ha sido desafiada una y otra vez. Martin y Mitra (2001) encuentran que la productividad agrícola creció más rápido en un amplio conjunto de países en vías de desarrollo y desarrollados durante parte importante de la segunda mitad del siglo XX. En este documento, indagamos en la evolución de la productividad agrícola durante un período cercano a los últimos 60 años, para ello proporcionamos estimaciones del crecimiento de la productividad total de los factores de la agricultura (PTF) para un panel de países a partir de la estimación de una función de producción de translog para el período 1960-2017. En una segunda etapa también examinamos los determinantes de la productividad agrícola controlando por infraestructura, variables macroeconómicas y otros determinantes.

La literatura que investiga la productividad agrícola encuentra amplia evidencia que ésta es un factor determinante para la productividad agregada y por ende para el crecimiento económico. Gollin (2010) encuentra que para el caso de países con alta proporción de población rural y acceso limitado a los mercados internacionales, la productividad agrícola es fundamental para el crecimiento económico; Thirtle et al (2003) encuentra que durante las décadas de 1980 y 1990, en países donde la pobreza se concentra en las zonas rurales, como Latinoamérica, Asia y África, el cambio tecnológico en la agricultura ha sido determinante para aumentar la productividad agregada y reducir los niveles de pobreza. Este resultado contrasta con los modestos efectos en estos dos ámbitos de la productividad en manufacturas; finalmente Bustos et al (2016) y Huang et al (2004) muestran que, para los casos de Brasil y China, la introducción de la biotecnología y los productos genéticamente modificados en la agricultura tiene efectos significativos en la productividad del sector. Restuccia et al (2008) utilizan una muestra de países en la que encuentran que el porcentaje del empleo en el sector agrícola junto con una baja productividad de ese sector inciden en un bajo nivel de productividad agregada en los países de bajos ingresos (explicado posiblemente por barreras a la incorporación de insumos agrícolas modernos y barreras en el mercado laboral); Alston et al (2009) utilizan datos de la FAO para estimar para el sector agrícola la producción (en toneladas métricas) por trabajador y por hectárea, para los periodos 1961-1990 y 1990-2005 y enfocado en la soya, arroz, maíz y trigo, encontrando una

desaceleración significativa del crecimiento de la productividad agrícola ligado en parte a una desaceleración de la investigación ligada a la agricultura; Lio y Liu (2006) utilizan un panel de 85 países para el periodo 1995-2000, relacionando la productividad laboral agrícola con la incorporación de tecnologías de la información y comunicación (TICs) en el sector agrícola, explicando la brecha entre países pobres y ricos por la temprana adopción de las TICs por estos últimos.

La literatura centrada en productividad sectorial muestra evidencia de brechas de productividad entre países ricos y pobres que son persistentes. Lio y Lui (2006) muestran que el retorno a la introducción de tecnología en el sector agrícola es mayor en los países ricos respecto a los pobres, lo que puede ser una señal de escasez de factores complementarios a las tecnologías en el sector (por ejemplo, una base sustancial de capital humano) y que pueden potencialmente explicar la persistencia de estas brechas.

Según Ruttan (2002), el estudio de la productividad en la agricultura ha pasado por tres etapas. Inicialmente, la investigación se centró en la medición de índices como el producto por trabajador o por hectárea. Estos primeros estudios mostraron grandes diferencias en la productividad de la tierra y del trabajo en todo el mundo. La segunda etapa de la investigación sobre cambios técnicos en la agricultura involucró la estimación de las funciones de producción entre países y las estimaciones de productividad multifactoriales. Estas estimaciones se realizaron utilizando, por ejemplo, funciones de producción Cobb Douglas. Los resultados encontraron que las dotaciones de tierra y ganado, la maquinaria, el fertilizante y el capital humano explican aproximadamente una cuarta parte de la brecha de productividad entre el mundo en desarrollo y el desarrollado. Recientemente, los análisis de productividad se han centrado en el análisis de las productividades multifactoriales mediante enfoques no paramétricos. Esta investigación mostró una ampliación de la brecha de productividad agrícola entre los países desarrollados y en desarrollo entre los años sesenta y principios de los años noventa.

Recientemente, la literatura da cuenta de una convergencia en la productividad agrícola a nivel global. En general, de acuerdo con Alston et al (2010), la productividad agrícola en los países desarrollados (Estados Unidos, Unión Europea, Canadá y Australia) ha tendido a desacelerarse en el periodo 1990-2005. En contraste, en los países en desarrollo no se observa una caída en las tasas de crecimiento, sino que, en ciertos casos, una aceleración. Para el caso de Brasil y Colombia para la

década de 1990, utilizando un índice de Tornquist-Theil que incorpora empleo, tierra, fertilizantes y tractores como insumos, Avila et al (2010) encuentran un crecimiento sostenido de 3.4% para Brasil y una caída de 1.2% para Colombia. En el caso de Estados Unidos, Fuglie et al (2007) muestra un decrecimiento desde 1980 a 2004, explicado principalmente por el cambio tecnológico, ante el cual la agricultura es mucho más sensible que otros sectores. Fuglie (2008), utilizando un panel de países, no encuentra en general una evidencia de desaceleración de la PTF agrícola, pero si una ralentización de la inversión en el sector.

Otros autores, como Coelli y Rao (2005) estiman la evolución de la productividad en términos relativos mediante la Data Envelopment Analysis (DEA), consistente en una estimación no paramétrica de la función de producción y cálculo de la productividad en función de la frontera para 93 países, y encuentran que en el periodo 1980-2000 la productividad crece 2,1% anual, donde 1,2 puntos son explicados por el avance de la frontera y 0,9 puntos por la convergencia hacia la frontera (catching up), donde China es el que registra mayores tasas de crecimiento. Asimismo, Alston et al (2010) registran una aceleración para los casos de Brasil y China, mientras que Trindade y Fulginiti (2015) registran una aceleración mayor a 1 punto porcentual en Latinoamérica, al igual que Nin Pratt y Yu (2009). Estos últimos encuentran que buena parte de esta aceleración se debe a cambios en política económica destinados a atraer inversión en investigación y desarrollo, así como la incorporación de tecnología agrícola, a partir de las décadas de 1980 y 1990, teniendo como consecuencia que en estos países la aceleración de la productividad agrícola se explique en buena proporción al proceso de convergencia hacia la frontera (catch up).

Respecto a los determinantes de la productividad, Isakson (2007) revisa diversos estudios micro, sectoriales y macro, encontrando como los principales determinantes de la productividad agrícola el nivel educacional, salud, infraestructura, importaciones, calidad institucional, apertura comercial, desarrollo financiero, condiciones geográficas y la capacidad de absorción. Avila y Evenson (2010) encuentra que los años de escolaridad y el estado nutricional del capital humano explican buena parte de la calidad del capital humano y su aporte a la PTF. Domanska et al (2014) analiza la productividad y sus determinantes para 27 países de la Unión Europea entre 2007 y 2011, encontrando un bajo crecimiento de la PTF, encontrando como determinantes del crecimiento de esta el porcentaje de administradores de granjas con educación agrícola completa, el tamaño medio de las granjas y la

apertura económica (exportaciones sobre importaciones), pero la calidad del suelo, grants de inversión y la cantidad de estudiantes en agricultura no resultaron significativos. Po-Chin et al (2008) encuentran que para el caso de China en el periodo 1990-2003 y a nivel de provincias, que la principal fuente de crecimiento de la productividad agrícola es el progreso tecnológico. En una estimación de segunda etapa se encuentra que entre los determinantes del progreso tecnológico se encuentran los recortes de impuestos al sector, la inversión pública en investigación y desarrollo e infraestructura, y la mecanización del sector.

3. Metodología

En este estudio seguiremos la metodología de Bravo-Ortega y Lederman (2004) la cual a su vez sigue a Kawagoe, Hayami y Ruttan (1985) y Lau y Yotoupoulos (1989), asumiendo que los países desarrollados y en desarrollo exhiben diferentes funciones de producción agrícolas, principalmente debido a diferencias en la calidad de los insumos. Por ejemplo, primero supongamos que el insumo j de un país desarrollado en términos del insumo en un país en desarrollo r se puede expresar como, donde a es un factor de conversión tecnológica. Entonces la función de producción translogarítmica se expresa de la siguiente manera:

(1) $$\ln(Y) = \alpha_0' + \sum_i \alpha_i' \ln(A_{ir} X_i) + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \cdot \ln(A_{ir} X_i) \cdot \ln(A_{jr} X_j)$$,

Lo que es equivalente a:

(2) $$\ln(Y) = \alpha_0' + \sum_i \alpha_i' \ln(A_{ir}) + \sum_i \alpha_i' \ln(X_i) + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \cdot \left[\left(\ln(A_{ir}) + \ln(X_i) \right) \cdot \left(\ln(A_{jr}) + \ln(X_j) \right) \right]$$.

Lo que se simplifica a:

(3) $$\ln(Y) = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln(X_i) + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \cdot \ln(X_i) \cdot \ln(X_j)$$,

donde $\alpha_0 = \alpha_0' + \sum_i \alpha_i' \ln(A_{ir}) + \sum_i \sum_j \beta_{ij} ln(A_{ir}) \cdot \ln(A_{jr})$, and $\alpha_i = \alpha_i' + \sum_k \ln(A_{kr})(\beta_{ij} + \beta_{ji})$.

Debemos tener en cuenta que, para un país en el grupo de referencia, todos los coeficientes son iguales a 1, por lo tanto, la ecuación (3) se reduce a la función translogaritmica estándar. Para

capturar los parámetros de aumento de factor para todos los países no incluidos en el grupo de referencia, el modelo econométrico debe incluir una variable definida como la interacción entre una variable dummy de identificación de grupo y el factor de producción correspondiente.

Como estamos interesados en la evolución del progreso técnico, idealmente de manera diferenciada para cada país, siguiendo a Kim (1992), agregamos una tendencia temporal y su término cuadrático al modelo (3); adicionalmente interactuamos un término de tendencia con cada factor productivo de modo que podamos capturar la tasa promedio de crecimiento de la TFP, que es la parte del crecimiento de la producción que no se explica por el stock utilizado de factores de producción. Por ello nuestra función de producción puede ser especificada de la siguiente manera:

(4) $$\ln(Y) = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln(X_i) + \frac{1}{2}\sum_i \sum_i \beta_{ij} \cdot \ln(X_i) \cdot \ln(X_j) + \sum_i \gamma_{iT} T \cdot \ln(X_i) + \delta_T T + \frac{1}{2}\delta_{TT} T^2 .$$

La formulación anterior corresponde a una tecnología Cobb-Douglas si $\beta_{ij} = 0$, $\gamma_{iT} = 0$ y $\delta_{TT} = 0$. si $\sum_i \beta_{ij} = 0$ y $\sum_i \alpha_i = 1$, entonces hay homogeneidad y linealidad. La aproximación de Kmenta a una función CES es obtenida si $\sum_i \beta_{ij} = 0$. Finalmente, si $\gamma_{iT} = 0$ entonces hay cambio tecnológico Hicks neutral.

Derivando la ecuación (4) respecto de T se obtiene la tasa de crecimiento de la TFP:

(5) $$TFPgrowth = \delta_T + \delta_{TT} T + \sum_i \gamma_{iT} \cdot \ln(X_i)$$

En nuestras estimaciones consideramos seis insumos que entran en la función de producción agrícola: mano de obra rural, capital físico aproximado por el número de tractores, superficie de cultivos, superficie de pastoreo, ganado y fertilizantes. La construcción de la serie de ganado siguió a Sere y Steinfeld (1996). Es decir, expresamos el ganado en unidades equivalentes a vacas. Finalmente, usamos el total de toneladas métricas de fertilizante que se utiliza cada año.

4. Datos

Este trabajo construye una base de datos compuesta por un panel de 60 países para el período 1961-2017. Para las estimaciones de productividad se compilaron o se construyeron las series de datos de las siguientes variables: PIB agrícola en dólares constantes, superficie de tierra irrigada, superficie de tierra de pastoreo, superficie de tierra para cultivos y total de tractores tomadas de FAOSTAT (on line). Ésta última serie está disponible desde 1961 hasta años variables entre el año 2000 y 2009, por ello fue necesario proyectar el número de tractores en base a datos históricos y crédito doméstico, hasta llegar al año 2017. Se construyó adicionalmente la serie de fuerza laboral agrícola en base a estimaciones de la FAO por décadas interpoladas con frecuencia anual. La serie de stock de animales en vacas equivalentes en base a los stocks de vacunos, corderos, caballos, mulas, gansos, pollos, y patos también tomadas estas últimas de FAOSTAT. Finalmente se compilo la serie de toneladas de fertilizantes de la Asociación Internacional de Productores de Fertilizantes (on line).

Para el estudio de los determinantes de productividad se compilaron las series de consumo de energía eléctrica, líneas telefónicas, crédito domestico del Banco Mundial, las series de educación de la población mayor de 15 años, exportaciones más importaciones sobre PIB, inversión y productividad relativa a Estados Unidos de la compilación de Alvarez (2018), y anomalías de temperatura de la NASA (on line[2]).

La base de datos construida contiene información completa para un panel de 60 países para el periodo 1961-2017, sin embargo, en algunas variables la cobertura temporal y de países puede variar.

La Tabla 1 muestra las estadísticas descriptivas de la base de datos de productividad, y da cuenta de la cobertura temporal y de países de la base de datos.

[2] https://www.ifastat.org/databases/plant-nutrition

Tabla 1. Estadísticas Descriptivas. Muestra Completa (1961-2017)						
Estadísticas	**PIB Agrícola (millones US$)**	**Tractores (unidades)**	**Tierra irrigada (ha)**	**Tierra cultivos (ha)**	**Trabajo (miles)**	**Stock animal (unidades equivalentes)**
N	1030	657	1030	1030	1030	1030
Promedio	37.172,6	500,695	5.501.362	2.018,16	24,231	3,59E+07
Desv. Standard	78.162,3	1.016.013	1,35E+07	3.097,84	89,489	6,98E+07
Min	380,2	0	7	2	19	68670
Max	623.129,4	5.120.000	7,04E+07	22,5	510,796	3,39E+08

La Tabla A1 en el Anexo, muestra las estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en el análisis de los determinantes de la productividad de la sección 5, mostrando explícitamente su variación dentro y entre unidades de análisis, en este caso países.

5. Estimaciones de la función de producción y productividad

A continuación, en la Tabla 2 presentamos cuatro estimaciones de distintas funciones de producción. En la columna 1 estimamos una función de producción Cobb Douglas sin restricciones y en la columna 2 se incluye efectos fijos por país, la tercera columna muestra una función translogarítmica sin tendencias, y la cuarta columna muestra la estimación que utilizamos para construir la serie de crecimiento de la productividad y que utiliza tendencias por factores productivos y términos de tendencia y su cuadrado, más efectos fijos por país. Todas las estimaciones fueron computadas estimando errores estándar robustos. En todas las estimaciones se observa la significancia de los distintos factores productivos tanto para el caso de la estimación Cobb Douglas como translogarítmica. La función translogarítmica es una aproximación de segundo orden a cualquier función de producción por lo que si sus términos de orden superior a uno resultan ser estadísticamente significativos debe ser preferida a funciones más restrictivas como la Cobb Douglas o CES. Por lo anterior y dada la significancia de términos cuadráticos e interactivos de los factores productivos preferimos la especificación translogarítmica para estimar las series de crecimiento de la productividad agrícola. Es relevante mencionar que una de las propiedades de las funciones translogarítmica es que se acomodan flexiblemente formas funcionales específicas para cada país. A diferencia de las funciones Cobb

Douglas que tienen elasticidades constantes para cada factor y para todos los países, las translogarítmica tienen elasticidades que son distintas para cada factor productivo y país.

La Tabla 3 pone en perspectiva las estimaciones de crecimiento de la productividad comparándolas con el crecimiento del producto por trabajador, por hectárea y total para un grupo seleccionado de países en tres categorías (altos ingresos, Latinoamérica incluyendo aquellos países de altos ingresos, y otros países en desarrollo), más el promedio aritmético para cada categoría de países.

El gráfico 1 muestra el crecimiento del producto agrícola para un grupo seleccionado de países por grupo de ingreso. El gráfico 2 muestra el crecimiento de la productividad para el mismo grupo de países.

Para el caso de los países Latinoamericanos, este grupo ha experimentado un crecimiento promedio del PIB agrícola de 2,8% anual en el período 1961-2017, mientras que su productividad creció a una tasa de 1,5% anual. Lideran este crecimiento Argentina y Brasil con crecimientos de la productividad de 1,9% anual, seguidos de Chile y México con crecimientos de 1,7% anual.[3] El crecimiento del PIB agrícola de Brasil creció un 3,7% anual, México un 3,0%, Chile un 2,5% y Argentina un 2,3%.

Este desempeño latinoamericano, es razonablemente bueno comparado con países de altos ingresos, no obstante, el desempeño Latinoamericano es peor que el de este grupo de países en lo que respecta a productividad. Lideran el desempeño de la productividad del grupo de países de altos ingresos Canadá, Italia y España con crecimientos de la productividad de 2,9% para Canadá y 2,5% anual para Italia y España, seguidos de Estados Unidos y Francia con 2,3% anual. A diferencia de lo que ocurre con Latinoamérica, el crecimiento del producto es menor con un 1,7% para Canadá, 1,9% para España, 0,6% para Italia, 0,4% para Francia y 1,6% para Estados Unidos. Que el producto crezca menos que la productividad no debiera extrañar, ya que este hecho es consistente con un sector agrícola que reduce su importancia en el empleo, inversión total y PIB total tal como argumentaran Chenery and

[3] Riveros (2019) encuentra un crecimiento promedio de 1,1% para el caso Chileno durante las últimas dos décadas. Encontrando una desaceleración que no muestran nuestros resultados. Por el contrario, nuestros resultados son consistentes con la literatura revisada en la introducción que encuentra una aceleración de la productividad en países en desarrollo.

Syrquin en la década de los setenta. De hecho, este resultado es consistente con una “expulsión de factores productivos” que se reubican desde el sector agrícola a otros sectores de la economía, en el caso de los países desarrollados.

El Gráfico 3 muestra la evolución de la productividad agrícola en el tiempo para el caso de Argentina, Brasil, Chile, Francia, Italia y Estados Unidos. En el se observa la superioridad en el desempeño de los países desarrollados, y pese a que globalmente el desempeño de Chile no es bajo, es el menor de este grupo. Para ver el desempeño de Chile en una perspectiva global y de largo plazo debemos ver la productividad promedio que nos muestra el Gráfico 2.

Tabla 2. Funciones de Producción Cobb Douglas y Translogarítmica.

(1961-2017)

Dep Var	Agricultural Output	Agricultural Output	Agricultural Output	Agricultural Output		Agricultural Output	Agricultural Output	Agricultural Output	Agricultural Output
	(1)	(2)	(3)	(4)		(1)	(2)	(3)	(4)
Stock Animal	0,19999***	0,32517***	-0,09128	0,03312	T.Cultivos* Trabajo			-0,05163***	0,01404
	(0,01758)	(0,0138)	(0,21539)	(0,22494)				(0,00671)	(0,00866)
Tierras Pastoreo	-0,01822**	0,07325***	-0,66190***	-0,47848***	T.Cultivos* Tractores			-0,00739	0,00119
	(0,0083)	(0,0133)	(0,12938)	(0,12527)				(0,00604)	(0,0055)
Tierras Cultivos	0,11978***	0,09122***	-0,16014	-0,05297	Trabajo* Tractores			0,03148***	0,03614***
	(0,00626)	(0,01088)	(0,11805)	(0,11958)				(0,00771)	(0,00665)
Trabajo	0,08778***	0,18366***	0,64148***	0,24111	Tiempo* T Pastoreo				0,00026
	(0,00995)	(0,01097)	(0,16006)	(0,15955)					(0,00026)
Tractores	0,25099***	0,01603**	0,02481	-0,17949**	Tiempo* T.Cultivos				0,00247***
	(0,00783)	(0,00679)	(0,10494)	(0,09134)					(0,00028)
Tierra Pastoreo^2			-0,01482***	0,00335	Tiempo* Trabajo				-0,00204***
			(0,00457)	(0,00464)					(0,00038)
Tierras Cultivos^2			0,05066***	0,02411***	Tiempo* Tractores				0,00165***
			(0,00365)	(0,0033)					(0,00027)
Stock Animal^2			0,04151***	0,02135	Tiempo* S. Animal				-0,00140***
			(0,01289)	(0,01347)					(0,00053)
lTrabajo^2			0,13763***	0,02717***	Tiempo* Fertiliz.				-0,00044
			(0,00808)	(0,0082)					(0,00033)
Tractores^2			0,03546***	0,01209***	Fertilizant e			0,24273***	0,43781***
			(0,00349)	(0,00296)				(0,0861)	(0,07839)
Tiempo				0,01763***	Fertiliz.^2			0,04397***	0,02950***
				(0,0059)				(0,00397)	(0,00328)
Timepo^2				0,00001	Fertiliz* Trabajo			-0,07972***	-0,01541**
				(0,00002)				(0,00926)	(0,00747)
S.Animal* T.Pastoreo			0,04338***	0,03151***	Fertiliz.* T. Pastoreo			0,0014	-0,00304
			(0,01041)	(0,01126)				(0,00409)	(0,00362)
S.Animal* T. Cultivos			0,02383**	0,00573	Fertiliz* T. Cultivos			0,01725***	-0,02072***
			(0,00978)	(0,0099)				(0,00519)	(0,0051)
S.Animal* Trabajo			-0,16782***	-0,06386***	Fertiliz* Tractores			-0,06698***	-0,03106***
			(0,01545)	(0,01491)				(0,00762)	(0,00602)
S.Animal* Tractores			-0,03252***	-0,01412	Fertiliz.* S. Animal			0,03974***	-0,00309
			(0,01033)	(0,0095)				(0,00883)	(0,00828)
T.Pastoreo *T. Cultivos			-0,01184**	-0,02456***					
			(0,00573)	(0,00587)					
T.Pastoreo* Trabajo			0,04222***	0,02201***					
			(0,00807)	(0,00769)	Observ.	3.725	3.725	2.821	2.821
T.Pastoreo* Tractores			0,00002	-0,00206	R2	0,894	0,992	0,992	0,995
			(0,00443)	(0,0039)	Países		79	79	79

Errores Estándar Robustos entre paréntesis. Todas las variables en logaritmos

***** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1**

Tabla 3. Crecimiento de la productividad agrícola. Estimación Translog

(1961-2017)

	Crecimiento Promedio PTF (%)	Crecimiento PTF en 56 años (%)	Crecimiento promedio Producto por trabajador (%)	Crecimiento Producto por trabajador en 56 años (%)	Crecimiento Promedio Producto por ha	Crecimiento Producto por ha en 56 años (%)	Crecimiento Promedio Producto Agrícola (%)	Crecimiento Producto Agrícola en 56 años (%)
Latinoamérica								
Argentina	1,9	106,2	2,6	145,2	2,5	138,4	2,3	129,4
Brasil	1,9	105,7	4,5	251,1	2,8	157,9	3,7	205,6
Chile	1,7	94,9	2,0	111,7	1,8	98,1	2,5	138,8
Colombia	1,6	87,0	2,1	118,0	2,2	122,0	2,5	139,0
Ecuador	1,7	92,9	2,1	118,1	2,1	119,5	2,7	153,8
El Salvador	1,3	75,0	0,7	39,9	1,4	76,5	1,5	86,5
México	1,7	94,6	2,5	141,2	2,9	162,3	3,0	168,6
Nicaragua	1,3	70,2	2,6	147,8	2,2	123,3	2,9	164,9
Perú	1,3	74,3	1,6	92,0	2,5	139,6	3,0	166,2
Uruguay	1,4	77,0	2,0	113,2	2,0	111,9	1,7	96,6
Promedio grupo	**1,4**	**78,3**	**3,0**	**168,7**	**2,4**	**133,0**	**2,3**	**128,4**
Altos Ingresos								
Australia	1,9	107,0	2,4	136,0	2,7	150,1	2,1	119,9
Austria	2,0	109,9	4,4	246,6	1,1	63,5	0,5	28,3
Canadá	2,9	161,1	4,0	223,6	2,5	142,6	1,7	97,9
Denmark	1,4	78,9	4,2	234,9	2,1	116,7	0,7	39,2
Finland	1,1	59,8	4,1	230,2	5,7	316,6	0,2	10,9
France	2,3	128,3	4,7	265,8	1,1	62,5	0,4	24,4
Germany	1,9	108,4	5,0	279,8	1,3	72,1	0,6	33,2
Greece	2,2	124,5	3,6	204,0	2,0	113,7	1,2	67,1
Ireland	0,9	51,0	3,6	202,2	1,5	82,9	1,3	75,5
Italy	2,5	137,9	5,0	278,2	1,0	58,6	0,6	31,6
Japan	1,7	95,5	4,5	251,4	1,7	93,0	0,0	-2,2
Netherlands	1,5	85,9	3,5	198,3	2,7	148,7	1,6	89,5
Portugal	2,1	116,5	3,5	198,0	-0,2	-11,3	1,0	54,1
Spain	2,5	142,4	5,8	325,9	2,3	128,3	1,9	107,2
United Kingdom	1,6	91,1	2,1	115,1	0,7	40,0	0,5	27,9
USA	2,3	129,9	3,1	172,6	1,7	93,6	1,6	88,2
Promedio grupo	**1,3**	**74,6**	**2,8**	**154,0**	**2,4**	**133,5**	**2,5**	**139,7**
Otros países								
China	1,2	65,7	3,1	174,3	3,1	174,7	4,1	230,9
India	1,2	64,9	1,5	85,1	2,5	139,5	2,8	159,1
South Africa	1,6	90,8	3,6	201,3	2,1	120,2	2,0	114,1
Zambia	0,6	32,1	2,3	130,3	4,1	227,4	4,4	246,0
Promedio grupo	**1,3**	**72,3**	**2,9**	**161,0**	**2,5**	**138,7**	**2,5**	**142,4**

Gráfico 1. Crecimiento promedio de la productividad agrícola (%) 1961-2015

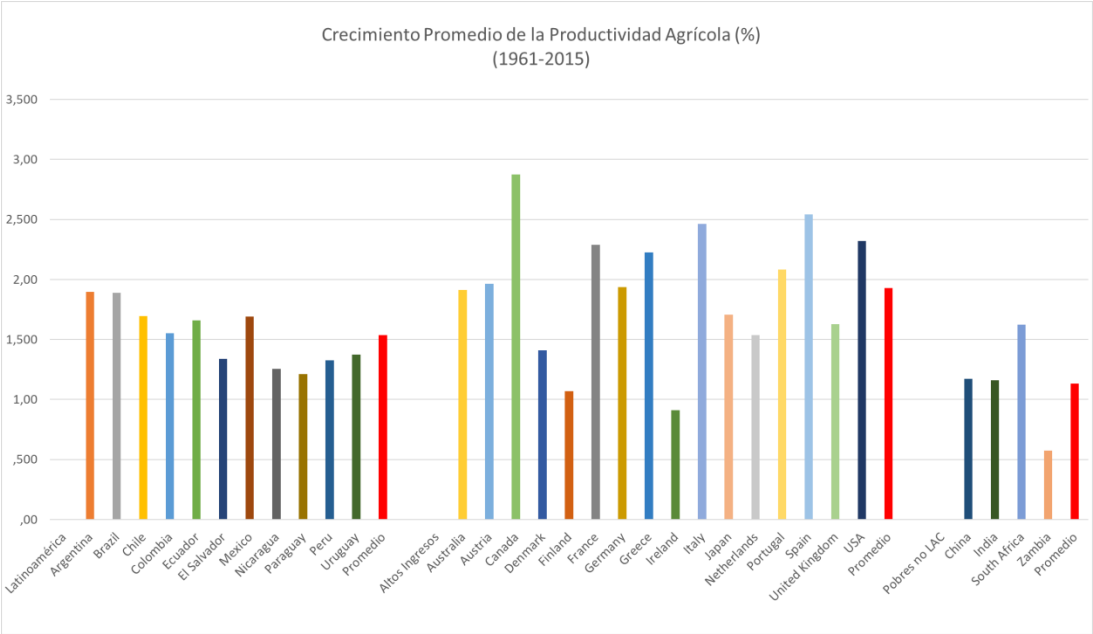


Gráfico 2. Crecimiento promedio del producto agrícola (%) 1961-2015

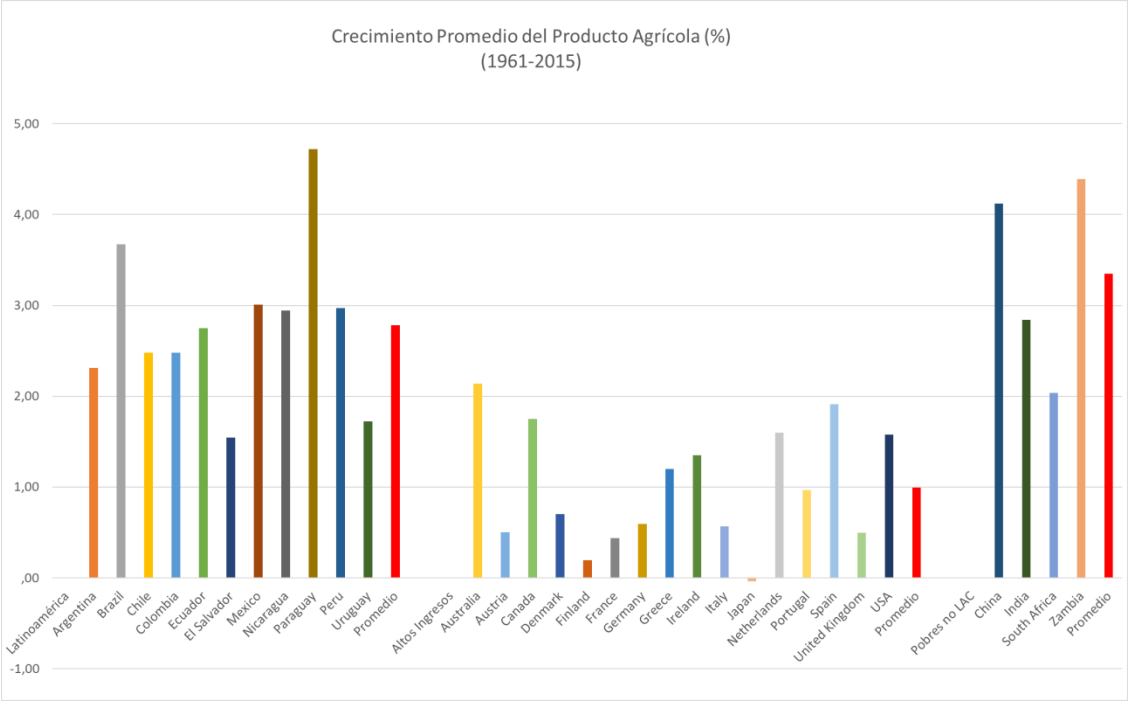
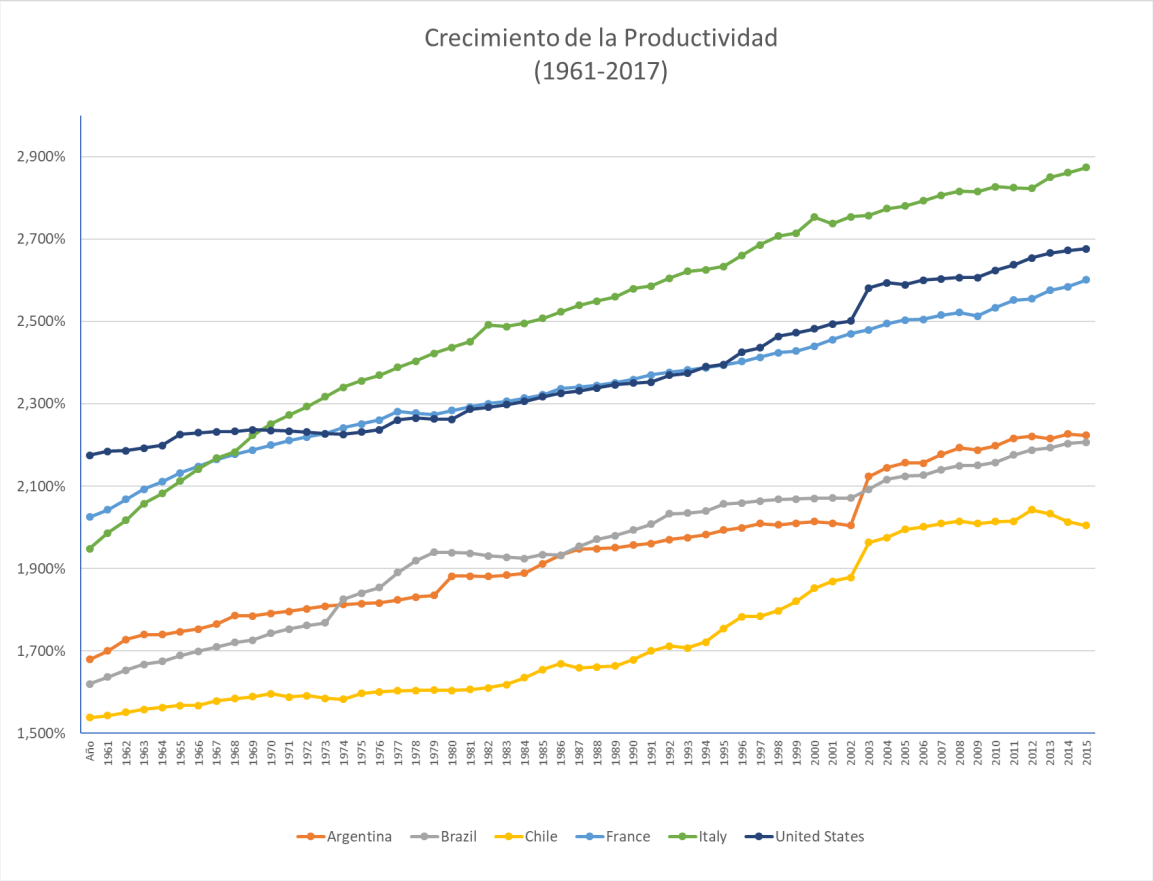


Gráfico 3. Crecimiento de la Productividad (1961 – 2017)



La Tabla 4 presenta un resumen de las estimaciones de las elasticidades de factores productivos compilados por Mundlak (2000) que nos permite poner en perspectiva los resultados de las estimaciones de este estudio.

La Tabla 5 estima, en base a la columna 4 de la Tabla 2, las elasticidades por factor productivo junto con los retornos de escala para un grupo seleccionado de países y promedios para tres grupos de países y el mundo. Respecto a los resultados resumidos en la Tabla 4 se observa que en la Tabla 5 caen las elasticidades de empleo y maquinaria[4]. Esto último puede deberse a que la serie de tractores de FAOSTAT esta descontinuada y tuvimos que predecirla en base a datos históricos, análogamente la serie de empleo de FAOSTAT también es de pobre calidad y tuvimos que interpolar las cifras de empleo en base a proyecciones por décadas realizadas por la FAO. No obstante, la escala de producción es consistente con lo que se observa en la realidad, siendo China, India y Brasil, México, Estados Unidos y Argentina los países con los mayores retornos de escala.

Tabla 4. Funciones de producción para muestras de países: Comparación de resultados

	Bhattacharjee	Hayami & Ruttan	Evenson & Kislev	Yamada & Ruttan	Antle	Hayami & Ruttan	Nguyen	Evenson & Kislev	Mundlak & Hellinghausen	Bravo-Ortega & Lederman
Fecha del estudio	1955	1970	1975	1980	1983	1970	1979	1975	1982	2004
Muestra:										
Número de países	22	37	36	41	43	36	40*	36	58	77
Período de Tiempo	1949	1960	1955, 1960, 1965,1968	1970	1965	1955,1960	1955, 1960, 1970, 1975	1955, 1960, 1965, 1968	1960,1965 1970, 1975	1961-2000
Técnica de estimación	OLS	OLS	OLS	OLS	PCR	OLS	OLS	OLS	PCR	OLS;IV
Efectos Fijos						Año	Año	País	País	País
Elasticidades										
Equipamiento/maquinaría/tractores		0.12	0.10	0.11		0.11	0.14	0.06	0.07	0.05
Animales y Cultivos		0.23	0.30	0.23	0.14**	0.28	0.33	0.35	0.19	0.22
Tierra	0.42	0.08**	0.04**	0.02**	0.16	0.07	0.02**	0.14	0.16	0.01
Trabajo	0.28	0.41	0.23	0.33	0.38	0.40	0.39	0.03**	0.46	0.51
Fertilizante	0.29	0.12	0.10	0.24	0.07**	0.14	0.10	0.09	0.11	0.09
Irrigación									0.01	
Escolaridad		0.32**		0.08**	0.25**	0.24	0.10**			
Educación Ténica		0.14	0.04	0.14		0.12	0.17	0.00**		
Investigación y extensión			0.14		0.17			0.07		
Infraestructura					0.21					
Suma de las elasticidades	0.99	0.96	0.77	0.93	0.75	1.00***	0.98	0.67	1.00***	0.91

[4] Riveros (2019) también observa para el caso Chileno una caída muy pronunciada de la relación capital/PIB post 90s para el sector silvoagropecuario.

Tabla 5. Elasticidades y retornos de escala. Estimación Translog (1961-2017)

	Animales	Tierra de Pastoreo	Tierra de Cultivos	Trabajo	Tractores	Fertilizantes	Retornos de Escala
Latinoamérica							
Argentina	0,49	0,09	0,17	0,14	0,05	0,02	0,95
Brazil	0,38	0,12	0,24	0,21	0,02	0,09	1,07
Chile	0,38	0,03	0,13	0,16	0,01	0,13	0,84
Colombia	0,39	0,07	0,22	0,15	0,00	0,11	0,95
Ecuador	0,36	0,02	0,25	0,14	0,00	0,09	0,86
El Salvador	0,28	0,00	0,20	0,11	0,00	0,16	0,75
Mexico	0,36	0,10	0,21	0,21	0,03	0,10	1,00
Nicaragua	0,41	0,01	0,18	0,05	-0,03	0,14	0,76
Peru	0,35	0,06	0,18	0,17	0,02	0,11	0,89
Uruguay	0,51	0,06	0,05	0,00	0,00	0,12	0,74
Promedio	**0,32**	**0,04**	**0,19**	**0,12**	**0,01**	**0,11**	**0,78**
Altos Ingresos							
Australia	0,58	0,07	0,02	0,09	-0,03	0,16	0,89
Austria	0,35	0,00	0,08	0,13	0,04	0,13	0,73
Canada	0,45	-0,02	0,21	0,20	-0,02	0,10	0,92
Denmark	0,33	0,03	0,00	0,00	0,00	0,23	0,59
Finland	0,25	0,05	-0,02	0,00	0,05	0,22	0,54
France	0,38	0,04	0,16	0,15	0,00	0,16	0,89
Germany	0,33	0,06	0,11	0,14	0,02	0,18	0,84
Greece	0,32	-0,01	0,19	0,23	0,03	0,10	0,86
Ireland	0,41	0,09	-0,09	-0,03	0,00	0,25	0,63
Italy	0,31	0,02	0,23	0,23	0,04	0,09	0,91
Japan	0,15	0,06	0,19	0,24	0,05	0,15	0,84
Netherlands	0,36	0,04	0,05	0,03	0,00	0,20	0,68
Portugal	0,28	-0,01	0,21	0,19	0,04	0,09	0,81
Spain	0,34	0,00	0,23	0,25	0,02	0,10	0,94
United Kingdom	0,41	0,07	0,03	0,07	0,00	0,21	0,78
USA	0,45	0,09	0,12	0,18	0,00	0,17	1,00
Promedio	**0,28**	**0,05**	**0,21**	**0,20**	**0,03**	**0,09**	**0,85**
Otros Países							
China	0,16	0,19	0,26	0,36	0,07	0,14	1,19
India	0,15	0,19	0,34	0,22	0,07	0,11	1,08
South Africa	0,42	0,08	0,10	0,17	0,02	0,13	0,91
Zambia	0,30	0,09	0,07	0,17	0,05	0,13	0,81
Promedio	**0,29**	**0,04**	**0,21**	**0,12**	**0,02**	**0,10**	**0,80**
Mundo	**0,33**	**0,03**	**0,18**	**0,13**	**0,00**	**0,12**	**0,79**

6. Determinantes de la productividad

En esta sección exploramos los determinantes del crecimiento de la productividad agrícola derivado a partir de las estimaciones de la sección anterior. Las variables explicativas de nuestras estimaciones incluyen el crédito como porcentaje del PIB, el logaritmo del consumo eléctrico, el logaritmo número de líneas telefónicas, el porcentaje de tierra irrigada, la apertura comercial de la economía medido como porcentaje de exportaciones más importaciones sobre PIB, el porcentaje inversión sobre PIB, la productividad total relativa respecto de Estados Unidos, el logaritmo del número de años de escolaridad de la población mayor de 15 años y las anomalías de temperatura por país en grados Celsius[5].

La Tabla A1 en el Anexo nos muestra los estadísticos descriptivos que pueden ser usados para estimar los órdenes de magnitud de los efectos encontrados para cada variable explicativa.

La Tabla 6 muestra los resultados de las estimaciones de los determinantes del crecimiento de la productividad. Las primeras 5 estimaciones utilizan OLS como técnica de estimación y las cuatro últimas variables instrumentales (IV). Todas las estimaciones, salvo las dos últimas, incluyen efectos fijos por país, y las estimaciones 4 a la 7, efectos fijos de tiempo. Todos los errores estándar de las estimaciones son robustos, y las estimaciones IV muestran también el test F de validez de instrumentos y el test de sobre-identificación.

La columna 1 muestra el impacto de variables de infraestructura como consumo eléctrico, telefonía, tierra irrigada, más variables macroeconómicas como apertura comercial, crédito doméstico e inversión. Todas las variables salvo inversión son significativas a niveles superiores al 5% y tienen impactos positivos sobre productividad agrícola. La columna 2 agrega a las variables anteriores una medida de la productividad relativa respecto a Estados Unido y los años de escolaridad. Productividad relativa tiene impactos positivo y significativo, mientras escolaridad no es significativa. La columna 3 agrega las anomalías de temperatura que no resultan ser significativas, la columna 4 agrega a las

[5] En unidades de 0,01 grados Celcius.

variables de la columna 3 efectos temporales y la columna 5 controla por anomalías de temperatura positivas más efectos temporales junto a todas las variables incluidas en la regresión 3. En este caso solo sobreviven como variables significativas y con efectos positivos crédito doméstico, telefonía, irrigación, apertura y productividad relativa.

Las regresiones discutidas hasta ahora podrían estar sujetas a endogeneidad. En particular, variables como escolaridad y apertura comercial, medida como la suma de exportaciones e importaciones sobre PIB, podrían ser fuertemente afectadas por la productividad agrícola, razón por la cuál en columnas 6 y 7 usamos variables instrumentales como técnica de estimación[6]. En la columna 6 crédito, electricidad, irrigación, apertura y productividad relativa inciden positivamente en productividad agrícola y son estadísticamente significativas. Una vez usado variables instrumentales las anomalías positivas de temperatura resultan tener un impacto negativo sobre productividad. La columna 7 desagrega los efectos de escolaridad y anomalías positivas de temperatura en el grupo de altos ingresos y resto de los países al utilizar una dummy interactiva de altos ingresos. En esta última estimación crédito, electricidad, telefonía, irrigación, apertura, productividad relativa resultan ser estadísticamente significativos y con efectos positivos sobre productividad agrícola, mientras que anomalías de temperatura positivas son significativas y tienen impacto negativo en los países que no pertenecen al grupo de altos ingresos, y positivo para el grupo de altos ingresos. Escolaridad en países de alto ingreso tiene efecto negativo, y en el resto de los países efecto positivo y significativo.

Las regresiones de las columnas 8 y 9 son estimadas sin efectos fijos, donde la primera tampoco tiene efectos temporales mientras que la segunda si los tiene, con el fin de poder desarrollar un análisis de sensibilidad de los resultados y su poder explicativo. La Tabla 7 nos muestra el poder explicativo de las estimaciones de la columna 7 (con efectos fijos y temporales) y 8 (sin efectos fijos ni temporales). El primer insumo para este análisis es identificar el valor promedio de crecimiento de la TFP, junto con su máximo y mínimo. El promedio es 1,7%, mientras que el máximo es 3,1% y el mínimo es -0,2%, con una desviación estándar al interior de cada país de 0,1%. Luego es prudente preguntarse cuanto de la variación al interior de cada país es explicada por aumentos de una desviación estándar en las variables

[6] Utilizamos los valores rezagados de las variables endógenas como instrumentos, eligiendo un conjunto que permita una estimación con test de exogeneidad y de instrumentos débiles que entreguen estimaciones validas

independientes, en este caso es 0,1% también en ambos casos. Finalmente, cabe preguntarse cuál es el valor predicho de las estimaciones en la media de cada variable y como se compara con la media muestral de 1,7%. El valor de los efectos de las variables independientes de las regresiones de las columnas 7 y 8 evaluadas en la media es de 1,4% y 2,7%. Claramente, existe una sobreestimación de los efectos de cada variable en las regresiones que no controlan por efectos fijos o temporales, mientras que aquellas estimaciones que si los tienen predicen un valor promedio más cercano al muestral explicando la misma varianza al interior de cada país. Si bien los R2 cuadrado (porcentaje de varianza explicado) con variables instrumentales no tienen una interpretación clara no pierden sus propiedades ordinales, es decir R2 más alto son considerados mejor. Lo anterior también mueve a privilegiar los resultados de las estimaciones de la columna 7 versus la columna 8.

Tabla 6. Determinantes del Crecimiento de la Productividad Agrícola (1961 – 2017). Toda la Muestra.

Dep Var	Crec PTF	Crec PTF	Crec PTF	Crec PTF	Crec PTF	Crec PTF	Crec PTF	Crec PTF	Crec PTF
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	FE	FE	FE	FE	FE	FE IV	FE IV	IV	IV
Crédito	0,00002***	0,00002***	0,00001***	0,00001**	0,00001**	0,00001***	0,00001***	0,00000*	0,00000*
	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)
Electricidad	0,00084***	0,00065	0,00065	0,00044	0,00044	0,00053***	0,00080***	0,00030**	0,00028*
	(0,00031)	(0,00039)	(0,00039)	(0,00041)	(0,00041)	(0,00012)	(0,00013)	(0,00015)	(0,00015)
Telefonía	0,00037***	0,00038**	0,00035*	0,00029*	0,00029*	0,00025***	0,00038***	0,00150***	0,00156***
	(0,00012)	(0,00019)	(0,00018)	(0,00015)	(0,00015)	(0,00005)	(0,00006)	(0,00006)	(0,00007)
Irrigación	0,00001**	0,00001***	0,00001***	0,00001*	0,00001*	0,00001***	0,00000	0,00001***	0,00001**
	(0,00001)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)
Apertura	0,00001**	0,00001***	0,00001***	0,00001***	0,00001***	0,00001***	0,00001***	0,00002***	0,00003***
	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00000)
Inversión	-0,00001	-0,00001	-0,00001	-0,00001	-0,00001	-0,00001	-0,00001	-0,00011***	-0,00012***
	(0,00001)	(0,00001)	(0,00001)	(0,00001)	(0,00001)	(0,00000)	(0,00000)	(0,00002)	(0,00002)
ptf_rel_usa		0,00129*	0,00127**	0,00127**	0,00127**	0,00106***	0,00057***	0,00206***	0,00161***
		(0,00065)	(0,00062)	(0,00054)	(0,00054)	(0,00017)	(0,00018)	(0,00046)	(0,00049)
Escolaridad		0,00079	0,00073	0,00012	0,00012	0,00007	0,00045***	0,00097***	0,00102***
		(0,00054)	(0,00052)	(0,00049)	(0,00049)	(0,00017)	(0,00017)	(0,00034)	(0,00035)
Escolaridad							-0,00095***		
(Alto Ingreso)							(0,00013)		
Anomalias Temp			0,00022	-0,00016					
			(0,00018)	(0,00024)					
Anomalias Temp >0					-0,00017	-0,00020*	-0,00080***	-0,00156***	-0,00134**
					(0,00025)	(0,00011)	(0,00013)	(0,00033)	(0,00056)
Anomalias Temp >0							0,00156***		
(Alto Ingresos)							(0,00026)		
Time dummies				Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Observations	2.137	1.814	1.814	1.814	1.814	1.751	1.751	1.782	1.782
Países	77	66	66	66	66	65	65	66	66
Hansen						0,27	0,75	0,25	0,33
F-Test						124	27,97	1337	1433
R2	0,6695	0,70448	0,70587	0,73846	0,73849	0,75212	0,7606	0,52909	0,53829
Errores Estándar Robustos entre paréntesis									
***** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1**									

Tabla 7. Poder Explicativo de las regresiones estimadas. Toda la Muestra.

				Regression (7) FE y Efectos de Tiempo		Regression (8)	No FE No Efectos de Tiempo	
Variable	Media	**Within**	**Coef**	**within**	**Media *Coef**	**Coef**	**Within**	**Media *Coef**
		D.E.		D.E.*Coef			D.E.*Coef	
Crédito	70,28	22,115	0,000%	0,000%	0,000%	0,000%	0,000%	0,000%
Anom Temp Posit	0,69	0,255	-0,080%	-0,020%	-0,056%	-0,156%	-0,040%	-0,108%
Anom Temp Posit*Hi	0,10	0,176	0,156%	0,027%	0,015%			
Electricidad	7,85	0,331	0,080%	0,026%	0,628%	0,030%	0,010%	0,235%
Telefonía	15,22	0,652	0,038%	0,025%	0,578%	0,150%	0,098%	2,283%
Irrigacion	21,99	6,499	0.00000	0,000%	0,000%	0,001%	0,006%	0,022%
Apertura	65,95	12,313	0,001%	0,012%	0,066%	0,002%	0,025%	0,132%
Inversión	22,47	3,572				-0,011%	-0,039%	-0,247%
ptf_rel_usa	0,71	0,088	0,057%	0,005%	0,040%	0,206%	0,018%	0,145%
Escolaridad	2,10	0,149	0,045%	0,007%	0,095%	0,097%	0,014%	0,204%
Crec. TFP	1,7%	0,1%	Efecto Total	0,1%	1,4%	Efecto Total	0,1%	2,7%

Nota: D.E. es el acrónimo para desviación estándar. Coef corresponde al coeficiente estimado.

Within identifica la desviación estándar dentro de cada país para la correspondiente variable. Hi: corresponde a Altos Ingresos

7. Conclusiones

En este estudio hemos investigado la evolución de la productividad total de factores del sector agrícola, para un panel de países que incluye países Latinoamericanos y otros en vías de desarrollo junto con países desarrollados. Esta etapa del estudio ha debido hacer frente a una serie de limitantes de los datos compilados por FAO-Stat, donde durante las últimas dos décadas se ha observado un deterioro en la calidad de los datos y en la continuidad de las series relevantes para este estudio que cubren el período 1961-2015. En la segunda parte de este estudio hemos investigado la relevancia de distintas variables como posibles determinantes del crecimiento de la productividad y que incluyen variables de infraestructura, variables macroeconómicas, junto con variables asociadas al cambio climático.

En nuestros resultados obtenemos que la mejor representación para la función de producción agrícola, al igual que en Bravo-Ortega y Lederman (2004), sigue siendo la función translogarítmica, cuya flexibilidad asegura hacerse cargo de la heterogeneidad que tienen distintos insumos para distintos países.

Los resultados de la investigación de los determinantes de la productividad nos muestran que existe un número importante de factores que inciden en la productividad agrícola, no obstante, las elasticidades asociadas a cada factor son pequeñas fluctuando su impacto desde cifras menores a 0,01% como en el caso de crédito doméstico y apertura comercial, hasta -0,08% en el caso de calentamiento global ó 0,08% en el caso de consumo eléctrico. Lo anterior no debe mover a confusión respecto de su efecto acumulado sobre períodos largos de tiempo. Por ejemplo, disminuir o aumentar la media muestral de 1,7% a 1,62% en un período de 50 años implica perder o ganar aproximadamente 10 puntos porcentuales de crecimiento de la TFP y en consecuencia del PIB[7]. En el caso del coeficiente de calentamiento global su impacto depende fuertemente de los escenarios posibles. Si como se estima, en Chile la temperatura sube 2 o 3 grados Celcius al año 2100, será sin duda la fuerza mas importante para la caída de la productividad agrícola.

8. Bibliografía

Alston, J. M., Beddow, J. M., & Pardey, P. G. (2009). Agricultural research, productivity, and food prices in the long run. Science, 325(5945), 1209-1210.

Alston, J. M., Babcock, B. A., & Pardey, P. G. (2010). The shifting patterns of agricultural production and productivity worldwide. Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center.

Arnade, Carlos (1998). “Using a Programming Approach to Measure International Agricultural Efficiency and Productivity.” Journal of Agricultural Economics. 49:1, pp. 67-84.

[7] Vale la pena mantener en mente que las variables independientes explican un crecimiento de TFP de 1,4% anual mientras que la media muestral es de 1,7%. Las cifras de nuestras estimaciones en consecuencia explican gran parte de la variación entre países y la varianza que tiene la TFP al interior de un país, no obstante ello, ésta última resulta ser pequeña

Avila, A. F. D., & Evenson, R. E. (2010). Total factor productivity growth in agriculture: the role of technological capital. Handbook of agricultural economics, 4, 3769-3822.

Avila, A. F. D., Romano, L., & Garagorry, F. (2010). Agricultural productivity in Latin America and the Caribbean and sources of growth. Handbook of agricultural economics, 4, 3713-3768.

Basu, Susanto and John Fernald (1997). "Returns to Scale in U.S. Production: Estimates and Implications," Journal of Political Economy, 105(2) pp. 249-283, April.

Binswanger, Hans and Vernon Ruttan eds (1978). Induced Innovation: Technology, Institutions and Development. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Bernard, Andrew and Charles Jones (1996). "Productivity Across Industries and Countries: Time Series Theory and Evidence," Review of Economic and Statistics, 78(1) pp.1535-46, February.

Bhalla, Surjit (1988). " Mis-Sopecification in Farm Productivity Analysis: The Role of Land Quality," Oxford Economic Papers, 40(1) pp.55-73, March.

Bravo-Ortega y Lederman (2004). "Agricultural Productivity and its Determinants: Revisiting International Experiences." Estudios de Economía, 31(2):133-163.

Bustos, P., Caprettini, B., & Ponticelli, J. (2016). Agricultural productivity and structural transformation: Evidence from Brazil. American Economic Review, 106(6), 1320-65.

Crego, Al, Donald Larson, Rita Butzer and Yair Mundlak (1998). " A new database on Investment and Capital for Agriculture and Manufacturing," World Bank Working Paper 2013, World Bank.

Chavas, Jean Paul; Michael Aliber and Thomas Cox (1997). " An Analysis of the Source and Nature of Technical Change: The Case of U.S. Agriculture," Review of Economics and Statistics, 79(3) pp.482-92, August.

Coelli, T. J., & Rao, D. P. (2005). Total factor productivity growth in agriculture: a Malmquist index analysis of 93 countries, 1980–2000. Agricultural Economics, 32, 115-134.

Domanska, K., Kijek, T., & Nowak, A. (2014). Agricultural total factor productivity change and its determinants in European Union countries. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 20(6), 1273-1280.

Fulginiti, Lilyan and Richard Perrin (1993). " Prices and Productivity in Agriculture," Review of Economics and Statistics, 75(3) pp.471-82, August.

Fulginiti, Lilyan and Richard Perrin (1998). "Agricultural Productivity in Developing Countries." Agricultural Economics, 19, 45-51.

Fulginiti, Lilyan and Richard Perrin (1999). "Have Prices Policies Damaged LDC agricultural Productivity? Contemporary Economic Policy, 17, 469-475.

Fuglie, K., MacDonald, J. M., & Ball, V. E. (2007). Productivity growth in US agriculture. USDA-ERS Economic Brief, (9).

Fuglie, K. O. (2008). Is a slowdown in agricultural productivity growth contributing to the rise in commodity prices?. Agricultural Economics, 39, 431-441.

Gollin, D. (2010). Agricultural productivity and economic growth. Handbook of agricultural economics, 4, 3825-3866.

Griliches, Zvi (1963a) "The Sources of Measured Productivity Growth: United States Agriculture, 1940-1960." Journal of Political Economy 71(4):331-46.

Griliches, Zvi (1963b) "Estimates of the Aggregate Agricultural Production Function from Cross-Sectional Data." Journal of Farm Economics 45:419-28.

Hayami, Yujiro (1969). “Industrialization and Agricultural Productivity: An International and Comparative Study.” Developing Economics, 7, pp. 3-21.

Hayami, Yujiro (1970). “On the use of the Cobb-Douglas Production Function on the Cross-Country Analysis of Agricultural Production.” American Journal of Agricultural Economics 52:327-9.

Hayami, Yuyiro and Vernon Ruttan (1970). “Agricultural Productivity Differences among Countries.” American Economic Review, 60(5), pp:895-911.

Hayami, Yuyiro and Vernon Ruttan (1985). Agricultural Development. An International Perspective. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London.

Henrichsmeyer, W. ; Ostermeyer-Schloder (1988). “A Productivity Growth and Factor Adjustment in EC Agriculture.” European Review of Agricultural Economics 15(2/3), pp: 137-54.

Huang, J., Hu, R., van Meijl, H., & van Tongeren, F. (2004). Biotechnology boosts to crop productivity in China: trade and welfare implications. Journal of Development Economics, 75(1), 27-54.

Isaksson, A. (2007). Determinants of total factor productivity: a literature review. Research and Statistics Branch, UNIDO.

Jorgenson, D.W Gollop, F.M, (1992) “Productivity growth in U.S. agriculture: A postwar perspective.”, American Journal of Agricultural Economics 74 (3), 745-750, pp.

Kawagoe, Tishihico, Yuyiro Hayami and Vernon Ruttan (1985). “The Intercountry Agricultural Production Function and Productivity Differences among Countries.” Journal of Development Economics 19, pp:113-132.

Kim, H. Youn (1992). “The Translog Production function and Variable Returns to Scale,” Review of Economics and Statistics, 74(3) pp.546-52, August.

Lau, Lawrence and Pan Yotopoulus (1989). “The Meta Production Function Approach to Technological Change in World Agriculture.” Journal of Development Economics 31, pp:241-269

Lio, M., & Liu, M. C. (2006). ICT and agricultural productivity: evidence from cross-country data. Agricultural Economics, 34(3), 221-228.

Lusigi, Angela and Colin Thirtle (1997). “Total Factor Productivity and the Effects of R&D in African Agriculture.” Journal of International Development, 9(4), pp:529-538.

Lopez, Ramon and Alberto Valdes (2000). “ Fighting Rural Poverty in Latin America: New Evidence of the Effects of Education, Demographics and Access to Land,” Economic Development and Cultural Change, 49(1), pp:197-211.

Martin, Will and Devanish Mitra (2001). “Productivity Growth and Convergence in Agriculture and Manufacturing,” Economic Development and Cultural Change, 49(2), pp: 403-21.

Mundlak, Yair (2001). Agriculture and Economic growth. Theory and Measurement. Harvard University Press.

Mundlak Yair, Donald Larson, Rita Butzner (1997). “The Determinants of Agricultural Production Function: A Cross Country Analysis,” Draft September.

Murgai, Rinku Mubarik Ali, and Derek Byelee (2001). Productivity Growth and Sustaintability in Post Green Revolution Agriculture: The case of the Indian and Pakistan Punjabs. The World Bank Research Observer 16(2) pp199-218, Fall.

Nin, Alejandro Channing Arndt, Paul Preckel (2003). “Is agricultural productivity in developing countries really shrinking? New evidence using a modified nonparametric approach,” Journal of Development Economics 71 pp395-415, August.

Nin Pratt, A., & Yu, B. (2009). An updated look at the recovery of agricultural productivity in sub-Saharan Africa (No. 1005-2016-79084).

Po-Chi, C. H. E. N., Ming-Miin, Y. U., Chang, C. C., & Shih-Hsun, H. S. U. (2008). Total factor productivity growth in China's agricultural sector. China Economic Review, 19(4), 580-593.

Restuccia, D., Yang, D. T., & Zhu, X. (2008). Agriculture and aggregate productivity: A quantitative cross-country analysis. Journal of monetary economics, 55(2), 234-250.

Riveros, Patricio (2019). "Evolución de la productividad silvoagropecuaria y una aproximación a sus determinantes." Oficina de Estudios y Políticas Agrarias -Odepa. Gobierno de Chile.

Ruttan, Vernon (2002). "Productivity Growth in World Agriculture: Sources and Constraints." Journal of Economic Perspectives, 16(4), pp:161-184.

Seré, C., H. Steinfeld (1996). "World livestock production systems. Current status, issues and trends." Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Thirtle, Colin, Lin Lin and Jenifer Piesse (2003). "The Impact of Research Led Agricultural Productivity Growth on Poverty Reduction in Africa, Asia and Latin America." World Development 31(12), pp: 1959-1975.

Tintner, G. (1944) "A note on the Derivation of Production Functions from Farms Records." Econometrica 12:26-34.

Trindade, F. J., & Fulginiti, L. E. (2015). Is there a slowdown in agricultural productivity growth in South America?. Agricultural Economics, 46(S1), 69-81.

9. Anexo

Tabla A1. Estadísticos Descriptivos. Toda la Muestra.

Variable		Media	Desv. Est	Min	Max			Observaciones
Crédito (%PIB)	overall	70,279	50,405	2,476	253,26	N	=	1030
	between		46,516	4,399	196,33	n	=	62
	within		22,115	-17,288	159,23	T	=	17
Anomalías	overall	0,695	0,344	0,000	1,41	N	=	1030
Temperatura (0.01 C)	between		0,246	0,246	1,10	n	=	62
	within		0,255	-0,101	1,47	T	=	17
Anomalías	overall	0,097	0,266	0,000	1,41	N	=	1030
Temperatura	between		0,212	0,000	1,10	n	=	62
Positivas (0.1 C)	within		0,176	-0,323	1,03	T	=	17
Electricidad	overall	7,846	1,235	3,832	10,15	N	=	1030
(Kwh per capita)	between		1,335	4,401	10,02	n	=	62
	within		0,331	6,572	9,51	T	=	17
Telefonía	overall	15,218	1,799	9,197	19,72	N	=	1030
(líneas)	between		1,901	9,584	18,73	n	=	62
	within		0,652	12,281	18,25	T	=	17
Irrigación (% land)	overall	21,989	20,251	0,304	123,80	N	=	1030
	between		20,481	0,316	83,59	n	=	62
	within		6,499	-16,562	96,84	T	=	17
Apertura ((X+M)/PIB (%))	overall	65,954	35,367	9,100	220,41	N	=	1030
	between		32,868	21,322	172,00	n	=	62
	within		12,313	16,574	114,36	T	=	17
Inversión (%PIB)	overall	22,469	5,229	6,756	45,51	N	=	1030
	between		3,859	13,183	36,73	n	=	62
	within		3,572	9,791	39,54	T	=	17
Produtividad	overall	0,705	0,248	0,139	1,62	N	=	1030
rel Usa	between		0,245	0,191	1,23	n	=	62
	within		0,088	0,257	1,13	T	=	17
Escolaridad	overall	2,102	0,362	0,077	2,58	N	=	1030
(Años)	between		0,437	0,077	2,51	n	=	62
	within		0,149	1,503	2,67	T	=	17
Crec. TFP	overall	0,017	0,005	-0,002	0,031	N	=	1751
(%/100)	between		0,006	-0,001	0,029	n	=	65
	within		0,001	0,012	0,020	T	=	26,9385

ODEPA
Ministerio de Agricultura

Gobierno de Chile

Chile
en marcha

www.odepa.gob.cl