

REICE  
Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas  
Abriendo Camino al Conocimiento  
Facultad de Ciencias Económicas, UNAN-Managua

Vol. 8, No. 16, Julio – Diciembre 2020

REICE ISSN: 2308-782X

REICE | 68

<http://revistacienciaseconomicas.unan.edu.ni/index.php/REICE>  
[revistacienciaseconomicas@gmail.com](mailto:revistacienciaseconomicas@gmail.com)

Crecimiento de la productividad total de los factores en la agricultura:  
análisis del índice de Malmquist de 14 países, 1979-2008

Total factor productivity growth in agriculture: Malmquist index analysis of  
14 countries, 1979-2008

Fecha recepción: julio 12 del 2020  
Fecha aceptación: septiembre 23 del 2020

Carlos Alberto Zuniga González  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.  
Centro de investigación en ciencias agrarias y economía aplicada.  
Correo: [czuniga@ct.unanleon.edu.ni](mailto:czuniga@ct.unanleon.edu.ni)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2545-8304>

[DOI 10.5377/reice.v8i16.10661](https://doi.org/10.5377/reice.v8i16.10661)



Derechos de autor 2020 REICE: Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas. Esta obra está bajo licencia internacional [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Copyright (c) Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas de la Unan- Managua

## **Resumen.**

La investigación se centró en estudiar el comportamiento de la productividad en la producción agrícola en 14 países en desarrollo de la región de Centroamérica y el Caribe. Se utilizaron datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación en el período 1979-2008. El estudio utilizó el análisis envolvente de datos (DEA) para derivar los índices de productividad de Malmquist. Se examinaron las tendencias de la productividad agrícola durante el período. Las cuestiones de la puesta al día y la convergencia, o en algunos casos la posible divergencia, en la productividad en la agricultura se examinó dentro de un marco global. 1.5% de la PTF, con el cambio de eficiencia (o puesta al día) contribuyendo con 0.1% por año y el cambio técnico (o cambio de frontera) proporcionando el otro 1.4% como resultado. El desempeño más espectacular lo presenta República Dominicana, por lo que representó 3.9% en la PTF durante el período de estudio un crecimiento anual promedio. Cuba, Barbados, Costa Rica, Panamá y Guatemala han registrado una tasa de crecimiento de la PTF de solo 2,9 cada uno.

**Palabras claves:** Crecimiento de la productividad total de los factores; Índice de Malmquist; Análisis Envolvente de Datos

## **Abstract**

The research was focused on studying the behavior of productivity in agricultural production in 14 developing countries of the Central American and Caribbean region. Food and Agricultural Organization of the United Nations data in the period 1979-2008 was used. The study used data envelopment analysis (DEA) to derive Malmquist productivity indexes. Trends in agricultural productivity over the period was examined. Issues of catch-up and convergence, or in some cases possible divergence, in productivity in agriculture are examined within a global framework. 1.5 % of TFP, with efficiency change (or catch-up) contributing 0.1 % per year and technical change (or frontier shift) providing the other 1.4 % was found as result. The most spectacular performance is posted by Dominican Republic, so it represented 3.9 % in TFP over the study period an average annual growth. Cuba, Barbados, Costa Rica, Panama and Guatemala have posted a TFP growth rate of only 2.9 every one.

**Keywords:** Total Factor Productivity Growth; Malmquist Index; Data Envelopment Analysis

## **Introducción**

En los países de Centroamérica y el Caribe, el crecimiento de la productividad de la agricultura ha sido objeto de intensas investigaciones durante las últimas seis décadas. Se ha incluido en el estudio mundial, donde el economista del desarrollo y el economista agrícola han examinado las fuentes del crecimiento de la productividad a lo largo del tiempo y de las diferencias de productividad entre países y regiones durante este período, donde Centroamérica y el Caribe se incluyen como países individuales. El crecimiento de la productividad en el sector agrícola se considera esencial para que la producción del sector agrícola crezca a un ritmo lo suficientemente rápido como para satisfacer las demandas de alimentos y materias primas derivadas del crecimiento constante de la población. Durante las décadas de 1980 y 2010 se realizaron varios análisis importantes de las diferencias entre países en la productividad agrícola (Coelli y Rao: 2003)<sup>1</sup>.

La mayoría de estos estudios utilizaron datos transversales de aproximadamente 40 países para estimar una tecnología de producción Coob-Douglas utilizando métodos de regresión. En general, la atención se centró en la estimación de las elasticidades de la producción y la investigación de las contribuciones de la escala agrícola, la educación y la investigación para explicar los diferenciales de productividad laboral entre países<sup>2</sup>.

En la última década, el número de artículos que investigan las diferencias entre países en los niveles de productividad agrícola y las tasas de crecimiento se ha expandido significativamente. Lo más probable es que esto se deba a tres factores. Primero, la

---

<sup>1</sup> The authors include Hayami and Ruttan (1970, 1971), Kawagoe and Hayami (1983, 1985), awagoe et al.,(1985), Capalbo and Antle (1988), and Lau and Yotopoulos (1989).

<sup>2</sup> Lau and Yotopolous (1980) also estiamted a translog functional form so as to illustrate the restrictions inherent in the Coob-Douglas production technology.

disponibilidad de algunos conjuntos de datos de paneles de noticias, como el producido por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). En segundo lugar, el desarrollo de nuevas técnicas empíricas para analizar el tipo de datos, como el análisis envolvente de datos (DEA) y técnicas de análisis de frontera estocástica (SFA), descritas en Coelli et al. (1998). En tercer lugar, el deseo de evaluar el grado en que la Revolución Verde y otros programas han mejorado la productividad agrícola en los países en desarrollo.

**Table 1**

Analyses of inter-country agricultural total factor productivity (TFP) growth, 1993-2011

Authors	Method	Years	Countries
Fulginiti and Perrin (1993)	CD	1961-85	18LDC
Bureau et al. (1995)	DEA & Fisher	1973-89	10 DC
Fulginiti and Perrin (1995)	DEA	1961-85	18 LDC
Craig et al(1997)	CD	1961-90	98
Lusigi and Thirtle (1997)	DEA	1961-91	47 Africa
Fulginiti and Perrin (1998)	CD (VC)	1961-85	18 LDC
Rao and Coelli (1998)	DEA	1961-95	97
Amade (1998)	DEA	1961-93	70
Fulginiti and Perrin (1999)	DEA & CD	1961-85	18 LDC
Martin and Mitra (1999)	Translog	1967-92	49
Wiebe et al. (2000)	CD	1961-97	110
Chavas (2001)	DEA	1960-95	12
Ball et al. (2001)	Fisher (EKS)	1973-93	10 DC
Suhariyanto et al. (2001)	DEA	1961-96	65 Asia/Africa
Suhariyanto and Thirtle (2001)	DEA	1961-96	65 Asia
Trueblood and Coggins (2003)	DEA	1961-91	115
Nin et al (2003)	DEA	1961-94	20 LDC
Rao and O'Donnell(2004)	DEA-SFA MF	1986-90	97
Coelli and Rao (2005)	DEA	1980-00	93
Coelli et al (2005)	DEA	1987-02	100 Belgium farms
Tong et al (2009)	DEA-SFA	1994-05	29 Chinese provinces
Hoang and Coelli (2009)	DEA	1990-03	28 OECD
Yeboah et al (2011)	DEA	1980-07	3 DC

En la tabla 1 enumero 23 estudios que se han realizado en las últimas tres décadas. El objetivo principal de este estudio es brindar información actualizada sobre el crecimiento

de la productividad total de los factores agrícolas (PTF) durante las dos últimas décadas (1994-2010) de 7 productores agrícolas de Centroamérica. Cabe señalar que el estudio de Wiebe et al. (2000), analiza el crecimiento de la productividad total de los factores (PTF) para 110 países durante el período 1961-1997; Sin embargo, sí utiliza la función de producción Cobb-Douglas, que introduce una serie de supuestos restrictivos, como elasticidades de producción constantes (y, por lo tanto, participación de los insumos) en todos los países, cambio técnico neutral de Hicks, más el requisito de que se agreguen los productos agrícolas y ganaderos. en una única medida de salida. El análisis en el presente estudio utiliza la técnica DEA para calcular los números índice de Malmquist TFP. Este método no hace ninguna de las suposiciones anteriores. Sin embargo, es susceptible a los efectos del ruido de datos y puede sufrir el problema de precios sombras inusuales, cuando los grados de libertad son limitados.

## **Material y Método**

En este artículo, la productividad total de los factores (PTF) se mide utilizando los métodos del índice de Malmquist descritos en Färe et al. (1994 y Coelli et al. 1998, Capítulo 10). Este enfoque utiliza métodos de análisis envolvente de datos (DEA) para construir una frontera de producción lineal por partes para cada año de la muestra. Por lo tanto, se proporciona una breve descripción de los métodos DEA antes de una descripción de los cálculos de TPF de Malmquist.

### **1.1 Análisis envolvente de datos (DEA)**

DEA es una metodología de programación lineal, que utiliza datos sobre las cantidades de entrada y salida de un grupo de países para construir una superficie lineal por partes sobre los puntos de datos. En ésta frontera la superficie se construye mediante la solución

de una secuencia de problemas de programación lineal, uno para cada país de la muestra. El grado de ineficiencia técnica de cada país (la distancia entre el punto de datos observado y la frontera) se produce como subproducto del método de construcción de la frontera. DEA puede estar orientado a entradas o salidas. En el caso orientado a insumos, el método DEA define la frontera buscando la máxima reducción proporcional posible en el uso de insumos con el nivel de producción mantenido constante, para cada país. Mientras que, en el caso orientado a la producción, el método DEA busca el aumento proporcional máximo en la producción de la producción, con niveles de entrada fijos. Las dos medidas proporcionan los mismos puntajes de eficiencia técnica, cuando se aplica una tecnología de rendimientos constantes a escala (CRS), pero son desiguales cuando se asumen rendimientos variables a escala (VRS). En este artículo se asume una tecnología CRS (las razones de esto se describen en la discusión de Malmquist a continuación). Por lo tanto, la elección de la orientación no es un gran problema en este caso. Sin embargo, se ha seleccionado una orientación de producción porque sería justo suponer que, en la agricultura, normalmente se intenta maximizar la producción de un conjunto dado de insumos, en lugar de lo contrario<sup>3</sup>.

Dados los datos de N países en un período de tiempo particular, el problema de programación lineal (LP) que se resuelve para el i-ésimo país en un modelo DEA orientado a resultados es el siguiente:

$$\begin{aligned} & \max_{\phi, \lambda} \phi, \\ & \text{st } -\phi y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \quad x_i + X\lambda \geq 0, \\ & \quad \lambda \geq 0, \end{aligned} \tag{1}$$

<sup>3</sup> There are obvious exceptions to this. For example, where dairy farmers are required to fill a particular output quota, and attempt to do this with minimum inputs.

donde

$y_i$  is a  $M \times 1$  vector of output quantities for the  $i$ th country;

$x_i$  is a  $K \times 1$  vector of input quantities for the  $i$ th country;

$Y$  is a  $N \times M$  matrix of output quantities for all  $N$  countries;

$X$  is a  $N \times K$  matrix of input quantities for all  $N$  countries;

$\lambda$  is a  $N \times 1$  vector of weights; and

$\phi$  is a scalar.

Observe que  $\phi$  tomará un valor mayor o igual a 1, y que  $\phi - 1$  es el aumento proporcional en los productos que podría lograr el  $i$ -ésimo país, manteniendo constantes las cantidades de insumos. Tenga en cuenta también que  $1 / \phi$  define un puntaje de eficiencia técnica (TE) que varía entre 0 y 1 (y que este es el puntaje de TE orientado a resultados que se informa en mis resultados).

El LP anterior se resuelve  $N$  veces, una para cada país de la muestra. Cada LP produce un vector  $\phi$  y  $\lambda$ . El parámetro  $\phi$  proporciona información sobre el puntaje de eficiencia técnica del  $i$ -ésimo país. Los pares del  $i$ -ésimo país son aquellos países eficientes que definen la faceta de la frontera contra la que se proyecta el  $i$ -ésimo país (ineficiente).

El problema de la DEA se puede ilustrar con un ejemplo sencillo. Considere el caso en el que hay un grupo de cinco países que producen dos productos (por ejemplo, trigo y carne de res). Suponga por simplicidad que cada país tiene vectores de entrada idénticos. Estos cinco países se muestran en la Figura 1.

Los países A, B y C son países eficientes porque definen la frontera. Los países D y E son países ineficientes. Para el país D, el puntaje de eficiencia técnica es igual a

$$TE_D = \frac{OD}{OD'} \quad (2).$$

Y sus pares son los países A y B. En la lista de salida de la DEA, este país tendría un puntaje de eficiencia técnica de aproximadamente 70 % y tendría pesos  $\lambda$  distintos de



salidas sin la necesidad de especificar un objetivo de comportamiento (como la minimización de costos o la maximización de ganancias). Se pueden definir tanto las funciones de distancia de entrada como las funciones de distancia de salida. Una función de distancia de entrada caracteriza la tecnología de producción al observar una contracción proporcional mínima para el vector de entrada, dado un vector de salida. Una función de distancia de salida considera una expansión proporcional máxima del vector de salida, dado un vector de entrada. En este documento solo se considera en detalle una función de distancia de salida. Sin embargo, las funciones de distancia de entrada se pueden definir y utilizar de manera similar. Una tecnología de producción puede definirse utilizando el conjunto de salida,  $P(x)$ , que representa el conjunto de todos los vectores de salida,  $y$ , que se puede producir utilizando el vector de entrada,  $x$ . Es decir,

$$P(x) = \{y: x \text{ puede producir } y\} \quad (4)$$

Se supone que la tecnología satisface los axiomas enumerados en Coelli et al. (1998, Carta 3). La función de distancia de salida se define en el conjunto de salida,  $P(x)$ , como:

$$d_o(x, y) = \min\{\delta: \left(\frac{y}{\delta}\right) \in P(x)\} \quad (5)$$

La función de distancia,  $d_o(x, y)$ , tomará un valor menor o igual a 1 si el vector de salida,  $y$ , es un elemento del conjunto de producción factible,  $P(x)$ . Además, la función de distancia tomará un valor de unidad si está ubicada en el límite exterior del conjunto de producción factible, y tomará un valor mayor que uno si  $y$  está ubicada fuera del conjunto de producción factible. En este estudio se utilizan métodos similares a la DEA para calcular la medida de distancia. Estos se comentan en breve. El índice de TFP de Malmquist mide el cambio de la PTF entre dos puntos de datos (por ejemplo, los de un país en particular en dos períodos de tiempo adyacentes), calculando la razón de la distancia de cada punto

de datos en relación con una tecnología común. Siguiendo a Färe et al. (1994), el índice de cambio de la PTF de Malmquist (orientado a la producción) entre el período s (el período base) y el período t está dado por

$$m_o(y_s, x_s, y_t) = \left[ \frac{d_o^s(y_t, x_t)}{d_o^s(y_s, x_s)} X \frac{d_o^t(y_t, x_t)}{d_o^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (6)$$

Donde la notación  $d_o^s(y_t, x_t)$  representa la distancia desde la observación del período hasta la tecnología del período. Un valor de  $m_o$  mayor que 1 indicará un crecimiento positivo de la PTF de un período a otro, mientras que un valor menor que uno indicará una disminución de la PTF. Tenga en cuenta que la ecuación (6) es, de hecho, la media geométrica de dos índices de PTF. El primero se evalúa con respecto a la tecnología de período y el segundo con respecto a la tecnología de período.

Una forma equivalente de escribir este índice de productividad es

$$m_o(y_s, x_s, y_t, y_t) = \left[ \frac{d_o^s(y_t, x_t)}{d_o^s(y_t, x_t)} X \frac{d_o^s(y_s, x_s)}{d_o^s(y_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (7)$$

Donde la relación fuera de los corchetes mide el cambio en la medida orientada a la producción de la eficiencia técnica de Farrel entre los períodos s y t. Es decir, el cambio de eficiencia es equivalente a la relación entre la eficiencia técnica en el período y la eficiencia técnica en el período s. La parte restante del índice de la ecuación (2) es una medida del cambio técnico. Es la media geométrica del cambio de tecnología entre los dos períodos, evaluada en  $x_{s_t}$  y también en  $x_s$ . Siguiendo a Färe et al. (1994), y dado que se dispone de datos de panel adecuados, las medidas de distancia requeridas para el índice de TFP de Malmquist se calculan utilizando programas lineales similares a DEA.

Para el  $i$ -ésimo país, se calculan cuatro funciones de distancia para medir la variación de la PTF entre dos períodos,  $s$  y  $t$ . Esto requiere la resolución de cuatro problemas de programación lineal (LP). Färe y col. (1994) asumen una tecnología de rendimientos constantes a escala (CRS) en su análisis. Los LP requeridos son:

$$\begin{aligned}
 d_o^s(y_t, x_t)^{-1} &= \max_{\phi, \lambda, \phi}, \\
 \text{st } -\phi y_{it} + Y_t \lambda &\geq 0, \\
 x_{it} + X_t \lambda &\geq 0, \\
 \lambda &\geq 0,
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

$$\begin{aligned}
 d_o^t(y_s, x_s)^{-1} &= \max_{\phi, \lambda, \phi}, \\
 \text{st } -\phi y_{is} + Y_s \lambda &\geq 0, \\
 x_i + X_s \lambda &\geq 0, \\
 \lambda &\geq 0,
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
 d_o^s(y_t, x_t)^{-1} &= \max_{\phi, \lambda, \phi}, \\
 \text{st } -\phi y_{it} + Y_t \lambda &\geq 0, \\
 x_i + X_t \lambda &\geq 0, \\
 \lambda &\geq 0,
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Tenga en cuenta que en los LP (9) y (10), donde los puntos de producción se comparan con tecnologías de diferentes períodos de tiempo a 1, como debe ser cuando se calculan las eficiencias técnicas estándar orientadas a la producción. El punto de datos podría estar por encima de la frontera de producción. Lo más probable es que esto ocurra en LP (10) donde un punto de producción de un período se compara con la tecnología de un período anterior,  $s$ . Si se ha producido un progreso técnico, entonces es posible un valor de  $\phi < 1$ . Tenga en cuenta que también podría ocurrir en LP (9) si se ha producido una regresión técnica, pero esto es menos probable.

Un aspecto que debe destacarse es que las propiedades de rendimiento a escala de la tecnología son muy importantes en la medición de la PTF. En este estudio se utiliza una tecnología CRS por dos razones. Primero, dado que el análisis implica el uso de datos

agregados a nivel de país, no parece sensato considerar una tecnología de SRV. Es decir, ¿cómo es posible que un sector logre economías de escala? Por ejemplo, el índice de producción agrícola de Nicaragua es similar, pero el tamaño promedio de sus fincas es bastante diferente. Por lo tanto, ¿qué se puede concluir razonablemente si se estima una tecnología de SRV y se informa que estos países enfrentan rendimientos decrecientes a escala? Se podría discutir el uso de una tecnología VRS cuando los datos resumidos se expresan en un "promedio por finca", pero cuando se trata de datos agregados (como es el caso en este estudio), el uso de una tecnología CRS es la única opción sensata.

Además del comentario anterior sobre el uso de datos agregados, un segundo argumento para el uso de una tecnología CRS es aplicable tanto a nivel de empresa como a datos agregados. Grifell-Tatjé y Lovell (1995) utilizan un ejemplo simple de una entrada y una salida para ilustrar que un índice de TFP de Malmquist puede no medir correctamente los cambios de la PTF cuando se asume VRS para la tecnología. Por lo tanto, es importante que se utilice una tecnología CRS para calcular los índices de TFP de Malmquist utilizando DEA. De lo contrario, es posible que las medidas resultantes no reflejen adecuadamente las ganancias o pérdidas de la PTF resultantes de los efectos de escala.

## **2. Datos**

El presente estudio se basa en datos extraídos del sistema FAOSTAT de la División de Estadística de la FAO de FAOSTAT Agricultura. Es posible acceder y descargar todos

los datos necesarios desde el sitio web de la FAO<sup>4</sup>. Las siguientes son las características de la serie de datos utilizada.

## 2.1 Cobertura de país

El estudio incluye 14 países. Estos son países de América Central y el Caribe, que representan aproximadamente el 7% de la producción agrícola de América Latina, así como el 32% de la población agrícola de América Latina. Los países incluidos en el estudio son:

REICE | 80

- 1 Bahamas
- 2 Barbados
- 3 Belize
- 4 Costa Rica
- 5 Cuba
- 6 Dominican Republic
- 7 El Salvador
- 8 Guatemala
- 9 Honduras
- 10 Jamaica
- 11 Nicaragua
- 12 Panamá
- 13 Saint Lucia
- 14 Saint Vicent and the Grenadines

## 2.2 Periodo de tiempo

Los resultados se presentan para el período 1979 a 2008. La intención inicial era estudiar el período 1969-2010; sin embargo, el análisis se ha restringido a este período más corto, ya que los datos sobre la fuerza de trabajo no estaban disponibles para los años 1979-2008 de fuentes de la FAO o la OIT. Estos años se incluirán en las etapas posteriores del proyecto cuando se obtengan los datos laborales adecuados.

## 2.3 Serie de salida o output<sup>5</sup>

Debido a los problemas de grados de libertad asociados con la aplicación de los métodos DEA, el presente estudio utiliza dos variables de producción, a saber, cultivos y variables

---

<sup>4</sup> <http://www.fao.org/corp/statistics/es/>

<sup>5</sup> Data was estimated with database of CEPAL: Latin America Economic Commission. The ratio for agricultural production was estimated with data 2010, using Central America agricultural production and total agricultural production in Latin America. The ratio for agricultural population was estimated for 2011 using ECLAC-CAPALSTAT Social Indicators and statistics population, total population; it is given in thousands of persons projected to 2011.

de producción ganadera. La serie de producción para estas dos variables se obtiene agregando datos detallados sobre la cantidad de producción de 160 productos agrícolas. Los siguientes pasos se utilizan en la construcción de datos.

Para el año 1999-2001, los agregados de producción se extraen del Cuadro 5.4 en Rao (1993). Estos agregados se construyen utilizando precios promedio internacionales (expresados en dólares estadounidenses) derivados usando el método Geart-khamis (Ver Rao, 1993, Capítulo 4 para detalles) para el año de referencia 1990. Así, las series de producción para 1999-2001 están a precios constantes, expresados en una unidad de moneda única.

La serie de producción de 1999-2001 se amplía luego para cubrir el período de estudio 1979-2009 utilizando la serie de índices de producción de la FAO para cultivos y ganado por separado. Las series que se derivan utilizando este enfoque son esencialmente equivalentes a las series construidas utilizando precios promedio internacionales y las cantidades reales producidas en diferentes países en varios años.

Los cuadros de los agregados de producción para los 7 países para los años 1979 y 2009 están disponibles a los autores a pedido. Estas tablas demuestran las diferencias en la combinación de productos entre diferentes países. Hay muchos países que son principalmente productores, mientras que los países restantes tienen un equilibrio justo entre cultivos y ganado. Un punto a tener en cuenta aquí es la definición del índice de producción de la FAO, el concepto de producción utilizado aquí es la producción del sector agrícola, neta de las cantidades de diversos productos básicos utilizados como piensos y semillas. Esta es la razón por la que no se incluyen piensos y semillas en la serie de insumos.

Otro punto sobre la serie de producción que es importante recordar es el hecho de que las series de producción se basan en precios promedio internacionales de 1999-2001. Por lo tanto, la serie de producción cambiaría cuando la base se cambiara de 1999-2001 a otro período, lo que podría influir en los resultados finales. En este estudio se decidió

que es más apropiado usar los precios de 1999-2001 como base para el estudio que abarca de 1979 a 2009 en lugar de usar los precios promedio internacionales de 1979 o 2009.

Los índices de producción agrícola de la FAO muestran el nivel relativo del volumen agregado de producción agrícola para cada año en comparación con el período base 1999-2001. Se basan en la suma de cantidades ponderadas por precio de diferentes productos agrícolas producidos después de deducir las cantidades utilizadas como semillas y piensos ponderadas de manera similar. El agregado resultante representa, por lo tanto, producción desechable para cualquier uso excepto como semilla y alimento. Todos los índices a nivel de país se calculan mediante la fórmula de Laspeyers. Las cantidades de producción de cada producto se ponderan según los precios internacionales medios de los productos básicos de 1999-2001 y se suman para cada año. Para obtener el índice, el agregado de un año determinado se divide por el agregado promedio del período base 1999-2001.

Dado que los índices de la FAO se basan en el concepto de agricultura como una sola empresa, las cantidades de semillas y piensos se restan de los datos de producción para evitar el doble conteo, una vez en los datos de producción y una vez con los cultivos o el ganado producido a partir de ellos. Las deducciones por semillas (en el caso de huevos, para incubar) y por piensos para ganado y aves de corral se aplican tanto a los productos de producción nacional como a los importados. Cubren solo los productos agrícolas primarios destinados a la alimentación animal (por ejemplo, maíz, patatas, leche, etc.). Los alimentos elaborados y semielaborados como el salvado, las tortas oleaginosas, las harinas y la melaza se han excluido por completo de los cálculos en todas las etapas.

Cabe señalar que al calcular los índices de producción agrícola, alimentaria y no alimentaria, se deducen todos los insumos primarios intermedios de origen agrícola. Sin embargo, para los índices de cualquier otro grupo de productos básicos, solo se deducen los insumos que se originan dentro del mismo grupo; por tanto, sólo se elimina la semilla del grupo "cultivos" y de todos los subgrupos de cultivos, como cereales, oleaginosas, etc

.; y tanto los piensos como las semillas procedentes del sector ganadero (por ejemplo, piensos lácteos, huevos para incubar) se eliminan del grupo "productos ganaderos". Para los dos subgrupos principales de ganado, a saber, la carne y la leche, solo se elimina el pienso procedente del subgrupo respectivo.

Los "precios internacionales de las materias primas" se utilizan para evitar el uso de tipos de cambio para obtener agregados continentales y mundiales, y también para mejorar y facilitar el análisis comparativo internacional de la productividad a nivel nacional. Estos "precios internacionales", expresados en los llamados "dólares internacionales", se obtienen utilizando una fórmula de Geary-Khamis para el sector agrícola. Este método asigna un único "precio" a cada producto. Por ejemplo, una tonelada métrica de trigo tiene el mismo precio independientemente del país donde se produjo. La unidad monetaria en la que se expresan los precios no influye en los índices publicados.

Los productos incluidos en el cálculo de los índices de producción agrícola son todos los cultivos y productos ganaderos originarios de cada país. Prácticamente todos los productos están cubiertos, con la principal excepción de los cultivos forrajeros. La categoría de producción de alimentos incluye productos que se consideran comestibles y que contienen nutrientes. En consecuencia, el café y el té se excluyen junto con los productos no comestibles porque, aunque son comestibles, prácticamente no tienen valor nutritivo. Los índices de producción de carne se calculan sobre la base de datos de producción de animales autóctonos, que tienen en cuenta el equivalente en carne de los animales vivos exportados pero excluyen el equivalente en carne de los animales vivos importados. A los efectos del índice, no se tienen en cuenta los cambios anuales en la cantidad de ganado y aves de corral o en su peso vivo promedio.

Los índices se calculan a partir de los datos de producción presentados por año calendario.

Los índices de la FAO pueden diferir de los elaborados por los propios países debido a diferencias en los conceptos de producción, cobertura, ponderaciones, referencia temporal de los datos y métodos de cálculo.

#### 2.4 Serie de entrada

Dadas las restricciones sobre el número de variables de entrada que se pueden utilizar en un análisis DEA, este análisis considera solo seis variables de entrada. Los detalles de estas variables se dan a continuación.

Tierra: Esta variable cubre la tierra arable, la tierra con cultivos permanentes y el área con prados y pastos permanentes. El área está dada en 1000 Ha por país.

Tractores: esta variable cubre la cantidad total importada de terreno agrícola, pero excluye los tractores de jardín, utilizados en la agricultura. Es importante señalar que solo se utiliza el número de tractores como variable de entrada sin tener en cuenta los caballos de fuerza de los tractores.

Mano de obra: esta variable se refiere a la población económicamente activa en la agricultura. Esta población se define como todas las personas que participan o buscan empleo en una actividad económica, ya sea como empleadores, trabajadores por cuenta propia, asalariados o trabajadores no remunerados, que ayudan en la operación de una granja o negocio familiar. La población económicamente activa en la agricultura incluye a toda la población económicamente activa en la agricultura que se dedica a la agricultura, la silvicultura, la caza o la pesca. Esta variable obviamente exagera el insumo de trabajo utilizado en la producción agrícola, donde el grado de exageración depende del nivel de desarrollo del país.

Ganadería: La variable de entrada de ganado utilizada en el estudio es el equivalente en oveja de siete categorías de animales utilizadas para construir esta variable. Las categorías consideradas son: asnos, bovinos, caprinos, equinos, mulos, porcinos y

ovinos. Los números de estos animales se convierten en equivalentes de ovejas utilizando factores de conversión: 8,0 para bovinos; 1,00 para ovino, caprino y porcino<sup>6</sup>.

Fertilizante: Esta variable se mide como la suma de amoníaco, nitrato de amonio, fosfato de amonio (P2o5), fosfato de amonio (N), sulfato de amonio, nitrato de sulfato de amonio, escoria básica, nitrato de calcio y amonio, cianamida de calcio, nitrato de calcio, fertilizante complejo (K2). ), Superfosfato concentrado, sales brutas al 20% de K2o, fosfato de roca molido, muriato 20-45% K2o, muriato superior al 45% K2o, fertilizantes nitrogenados, otro fertilizante complejo (P2o5), otro fertilizante nitrogenado, otro fertilizante fosfatado, otros fertilizantes potásicos , Sulfato de potasio, superfosfato simple, nitrato de sodio y urea contenidos en los fertilizantes comerciales consumidos. Esta variable se expresa en toneladas (toneladas métricas).

Irrigación<sup>7</sup>: En este estudio, el área equipada para irrigación se utiliza como un indicador de la infraestructura de capital asociada con la irrigación de las tierras agrícolas.

## Resultados y Análisis

Los resultados de los cálculos de DEA y TFP se resumen en esta sección. Dado que hay 30 observaciones anuales en 14 países de Centroamérica y el Caribe, hay muchos resultados de computadora para describir. Los cálculos involucraron la resolución de 14 x (30 X 3 - 2) = 1232 LP problemas.

Table 2

### Means of technical efficiency for the Central American and Caribbean countries, 1979-2008

Country	1980	1990	2000	2008
Bahamas	0.94	1	1	1
Barbados	1	1	1	1
Belize	1	1	1	1
Costa Rica	1	1	1	1

<sup>6</sup> The conversion figures used in this study correspond very closely with those used in the 1870 study of Hayami and Ruttan and Coelli and Rao. In this calculation buffalo is don't included because in Central

<sup>7</sup> Esta variable de riego incluye el área total equipada para riego. Debido al uso de diferentes datos fuente y superposiciones en definiciones y clasificaciones, la suma de los datos de las categorías de uso de la tierra excede el "superficie total" que viene dada por (1000 Ha).

Cuba	0.85	0.96	1	1
Dominican Republic	1	1	1	1
El Salvador	1	1	1	1
Guatemala	1	1	1	1
Honduras	1.08	1	0.99	1
Jamaica	1	1	1	1
Nicaragua	0.93	0.76	1	1
Panama	1.12	1	1	1
Saint Lucia	1	1	0.86	1
Saint Vicent and the Grenadines	0.96	1	1	1
Mean	0.99	0.98	1.0	1.0

Hay miles segmentos de información sobre los puntajes de eficiencia y los pares de cada país en cada año. Además, se han calculado medidas de cambio de eficiencia técnica, cambio técnico y cambio de PTF para cada país en cada par de años adyacentes.

Por lo tanto, en este documento solo se presentan necesariamente selecciones de los resultados. La información sobre los medios de las medidas de cambio de eficiencia técnica, cambio técnico y cambio de PTF para cada país (durante el período de muestra de 30 años) y los cambios medios entre cada par de años adyacentes (en los 14 países de América Central y el Caribe) son previsto. Además, se presentan los promedios para ciertos grupos de países y gráficos de las tendencias de la PTF de algunos países seleccionados. Además de esto, se proporciona una tabla de pares para todos los países en el primer año (1979), el primero y el último año (2008)<sup>8</sup>. Cada uno de estos conjuntos de resultados se analiza a continuación.

Los puntajes promedio de eficiencia técnica en 1980, 1989, 2000 y 2008 se reportan en el cuadro 2 para los países y la muestra completa. Tenga en cuenta que el puntaje promedio de eficiencia técnica de 0.98 en 1979 implica que estos países están, en promedio, produciendo el 98% de la producción que podría producirse potencialmente utilizando las cantidades de insumos observadas<sup>9</sup>. Es interesante notar que aquellos países con las puntuaciones medias de eficiencia técnica más bajas en 1979 (Bahamas,

<sup>8</sup> Como se refiere a la teoría, estos obviamente pueden cambiar de un año a otro, pero no es factible presentar esta información para todos los años (Coelli y Roa: 2003).

<sup>9</sup> Esta cifra debe interpretarse con cuidado. No se ha intentado ajustar los datos por diferencias en el clima, la calidad del suelo, la calidad del trabajo, etc.

Cuba, Honduras y Panamá) también lograron el mayor aumento en la eficiencia técnica media durante el período de la muestra. Esto proporciona evidencia de recuperación en estos países, que no se encontró en muchos de los estudios. enumerados en la tabla 1. Esto se debe probablemente al hecho de que los datos de este estudio abarcan las últimas tres décadas, mientras que la mayoría de estos otros estudios consideran el período 1960-2003.

**Table 3**  
**Peers from DEA, 1979 and 2008**

Country	Peer		Count*
	1979	2008	
1 Bahamas	1	1	0 0
2 Barbados	2	2	0 0
3 Belize	3	3	1 0
4 Costa Rica	4	4	0 0
5 Cuba	5	5	0 0
6 Dominican Republic	6	6	0 0
7 El Salvador	7	7	0 0
8 Guatemala	8	8	0 0
9 Honduras	10 11 3	9	0 0
10 Jamaica	10	10	1 0
11 Nicaragua	11	11	1 0
12 Panama	12	12	0 0
13 Saint Lucia	13	13	0 0
14 Saint Vicent and the Grenadines	14	14	0 0

\*The count is the peer count. That is, the number of time that country acts as a peer of another country.

Esta información sobre los cambios en la eficiencia técnica promedio solo cuenta la parte de “recuperación” de la historia de la productividad. El cambio de PTF también puede aparecer en forma de cambio técnico (o cambio de frontera). Las medias de las medidas de cambio de eficiencia técnica, cambio técnico y cambio de la PTF para cada país (durante el período de muestra de 30 años) se presentan en el cuadro 4. Los cuadros 5 y 6, respectivamente, muestran los promedios anuales ponderados y no ponderados (promediados en los 14 países) de cambio de eficiencia, cambio técnico y cambio de PTF.

**Table 4**

<b>Mean technical efficiency change, technology change, and TFP change, 1979-2008</b>				
<b>Country</b>	<b>Efficiency Change</b>	<b>Technical Change</b>	<b>TFP Change</b>	
6 Dominican Republic	1.000	1.039	1.039	
5 Cuba	0.996	1.035	1.031	
2 Barbados	1.000	1.029	1.029	
4 Costa Rica	1.000	1.029	1.029	
12 Panama	1.004	1.025	1.029	
8 Guatemala	1.000	1.025	1.025	
7 El Salvador	1.000	1.021	1.021	
10 Jamaica	1.000	1.019	1.019	
1 Bahamas	1.002	1.009	1.011	
11 Nicaragua	1.000	1.001	1.001	
13 Saint Lucia	1.000	0.999	0.999	
9 Honduras	1.003	0.99	0.993	
14 Saint Vicent and the Grenadines	1.000	0.991	0.991	
3 Belize	1.000	0.989	0.989	
Mean	1.01	1.014	1.015	

**Table 5**

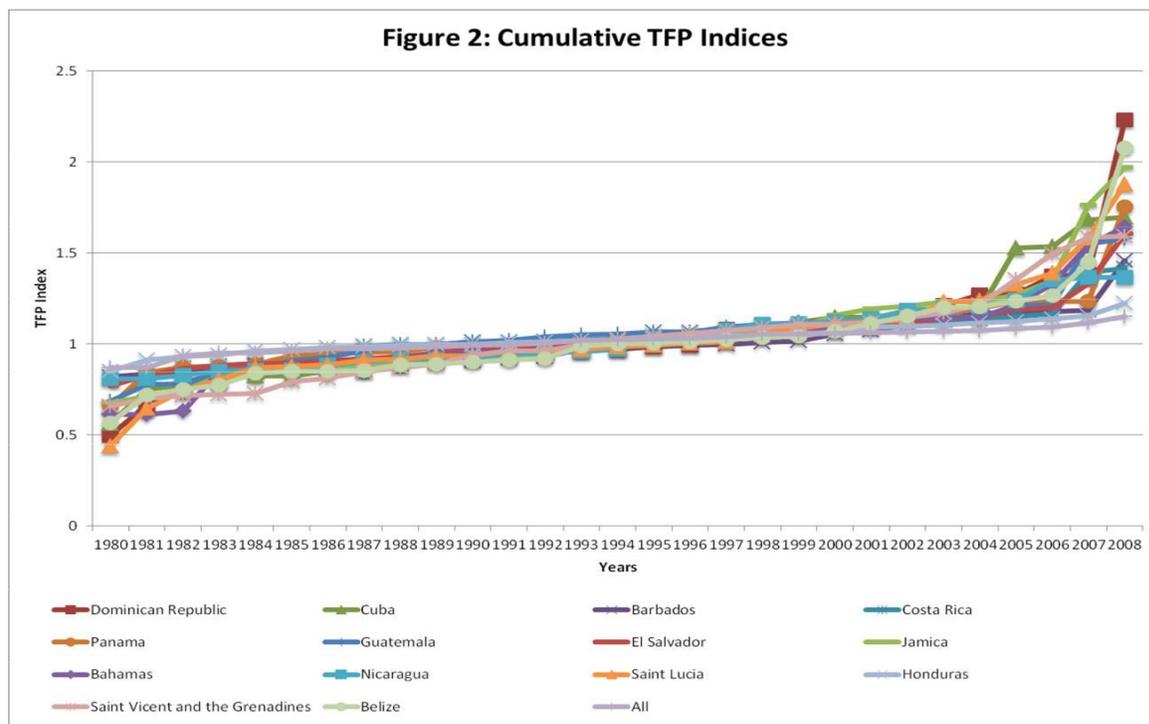
**Annual mean technical efficiency, technology change, and TFP change, 1979-2008**

<b>Year* Change</b>	<b>Efficiency</b>	<b>Technical Change</b>	<b>TFP Change</b>
1980	0.989	0.946	0.935
1981	0.998	1.056	1.055
1982	1.015	1.136	1.153
1983	0.989	1.01	0.999
1984	1.008	0.954	0.962
1985	0.992	1.084	1.075
1986	0.994	0.877	0.872
1987	1	0.985	0.985
1988	0.988	1.076	1.062
1989	1.042	0.935	0.975
1990	0.977	1.142	1.116
1991	1.013	0.861	0.872
1992	1.01	1.059	1.07
1993	0.998	1.06	1.058
1994	1.01	1.021	1.031
1995	0.975	1.003	0.977
1996	1.012	1.082	1.095
1997	0.985	0.967	0.953
1998	0.997	1.042	1.038
1999	1.01	1.016	1.026
2000	0.989	1.099	1.086
2001	1.011	1.053	1.065
2002	1.008	0.996	1.005
2003	1.009	1.017	1.027
2004	1	0.995	0.995
2005	1.003	0.971	0.974
2006	0.988	0.962	0.95
2007	1.004	1.018	1.022
2008	0.999	1.057	1.055
<b>Mean</b>	<b>1.01</b>	<b>1.014</b>	<b>1.015</b>

\*Note that 1981 refers to the change between 1980 and 1981, etc.

En el cuadro 3 podemos identificar todos aquellos países que definen la tecnología de frontera para los años 1979 y 2008 (en las cercanías de sus combinaciones de producción e insumos observadas). La tabla muestra que hay 13 y 14 países que están en la frontera en 1979 y 2008, respectivamente. Todos los países, que estaban en la frontera en 1979, (excepto Honduras), estuvieron más tiempo en la frontera en 2008. La Tabla 3 también proporciona una lista de países que definen las mejores prácticas (pares) para cada uno de los países que no están en la frontera. Es interesante observar los cambios en los conjuntos de países pares durante los tres períodos. Por ejemplo, en 1979 sólo Honduras tenía a Jamaica, Nicaragua y Belice como pares. Sin embargo, en 2008 todos

los países permanecieron en el grupo de países pares, siendo Honduras el otro país del nuevo grupo. Los conjuntos de países pares que definen las mejores prácticas para los países en Cuba parecen ser relativamente estables durante el período de estudio.



Las dos últimas columnas del Cuadro 3 muestran el número de veces que cada uno de los países eficientes de la frontera aparece como un par de los países técnicamente ineficientes. Los países que no aparecen como pares de ningún otro país pueden considerarse en la frontera debido a la naturaleza única de sus combinaciones de insumos. Por ejemplo, Bahamas, Barbados, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, El Salvador, Guatemala, Panamá, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas no aparecen como pares para ningún país en 1979. Por el contrario, todos los países aparecen como par para 14 países en 2008.

El cuadro 4 muestra el cambio medio en la eficiencia técnica, el cambio técnico y el cambio de la PTF para los 14 países durante el período de 1980 a 2008. Los países del

cuadro se presentan en orden descendente de la magnitud de los cambios de la PTF. La tabla muestra a República Dominicana y Cuba como los dos países con máximo crecimiento de la PTF. República Dominicana Crecimiento promedio de 4.0% en la PTF, que se debe al crecimiento del 4% en el cambio técnico. . Barbados, Costa Rica, Panamá y Guatemala, respectivamente, exhiben una tasa de crecimiento de la PTF de 2.9, 2.9, 2.5 y 2.5%. El crecimiento medio no ponderado (en todos los países) de la PTF es del 1,5%.

Los cuadros 5 y 6 muestran el cambio de eficiencia técnica promedio anual, el cambio técnico y el cambio de la PTF utilizando, respectivamente, no ponderado (donde cada cambio de país está ponderado por la participación del país en la producción agrícola total). Estas tablas muestran el efecto de usar ponderaciones sobre los promedios anuales derivados. El promedio no ponderado muestra solo un 1,5% de crecimiento en la PTF, mientras que el crecimiento de la PTF ponderado durante el período es del 3,0%. Los resultados muestran que el uso de promedios no ponderados subestima los cambios en la PTF y en sus componentes. Otra implicación de esta diferencia es que el crecimiento de la PTF ha sido mayor en los países con una mayor participación en la producción agrícola mundial. Parece razonable argumentar que para evaluar los países y el desempeño mundial es más apropiado un promedio ponderado (entre países) de las tasas de crecimiento anual.

Los cuadros 5 y 6 muestran que durante todo el período no ha habido regresión tecnológica, aunque durante algunos años individuales ha habido evidencia de regresión tecnológica. El alcance de la regresión tecnológica parece ser menos serio cuando se consideran los cambios en el promedio ponderado.

La Figura 2 muestra los índices de PTF acumulados de 1979 a 2008 para diferentes países. Del gráfico se desprende que República Dominicana tiene el mayor crecimiento acumulado en 2008, seguida de Cuba.

La Figura 3 resume nuestras cuotas de sombra estimadas obtenidas de las fronteras de la DEA utilizadas en el cálculo de los índices de TFP de Malmquist. En los cuadros 9 y

10 también se proporciona información resumida sobre estos porcentajes. Las dos series principales de la figura 3 representan los porcentajes de valor de los cultivos y el ganado (ambos suman la unidad) durante el período de estudio. Estas proporciones parecen ser bastante estables durante el período, y los cultivos representan más del 50% de la producción total en la mayoría de los años.

Las seis series graficadas en la parte inferior de la Figura 3 representan las participaciones de entrada sombra que resultan de la aplicación de la metodología DEA. La figura sirve para demostrar la plausibilidad de las cuotas de entrada derivadas aquí. La participación media de la mano de obra muestra una disminución constante del 28,5% en 1979 al 24,2% en 2008. La participación de la tierra, agregada en todos los países, parece bastante estable en alrededor del 11%. Si bien la proporción de tractores siguió siendo esencialmente la misma, la proporción de fertilizantes y ganado mostró un pequeño aumento.

El cuadro 10 muestra las participaciones de insumos y productos específicos de cada país que subyacen a los índices de PTF que se informan aquí. Estos porcentajes se promedian durante el período de estudio de 1997 a 2008. Estos porcentajes de sombra parecen ser bastante significativos. Por ejemplo, India muestra un 71% de participación en cultivos y un 29% en ganado, lo que confirma la importancia de los cultivos en India. Del mismo modo, en los Países Bajos, la proporción de ganado es del 97,1%. Se muestran proporciones similares de ganado para Noruega (99,4%), Suiza (95,1%) y Finlandia (96,6%).

Las últimas seis columnas de la Tabla 10 muestran la participación de las seis entradas. Estos porcentajes también parecen ser significativos y consistentes con la dotación general de factores de que disfrutaron estos países. Por ejemplo, la participación de la mano de obra en las sombras es bastante alta en países como Estados Unidos (64,1%), Canadá (53,9%) y Australia (58,6%). La participación del trabajo es abundante y la agricultura es muy intensiva en mano de obra. India e Indonesia, respectivamente, tienen porcentajes de mano de obra en la sombra de 44,5 y 42,2%, respectivamente. En países

donde la tierra es un factor limitante, su porcentaje de sombra es bastante alto. Por ejemplo, en los Países Bajos la proporción es del 27,7%. En Japón e Israel, las cuotas de tierra son, respectivamente, 56,4% y 47,2%. Esta gran parte de la tierra también refleja la escasez de tierra como resultado de la creciente urbanización de las tierras agrícolas.

## **Conclusiones**

Este documento presenta algunos hallazgos importantes sobre los niveles y tendencias de la productividad de Centroamérica y el Caribe durante las últimas tres décadas. Los resultados aquí presentados examinan el crecimiento de la productividad agrícola en 14 países durante el período de 1979 a 2008. Los resultados muestran un crecimiento anual de la PTF del 1,5%, con el cambio de eficiencia (o puesta al día) contribuyendo con un 0,1% anual y el cambio técnico (o cambio de frontera) proporcionando el otro 1,4%. Hay poca evidencia de la regresión tecnológica discutida en varios de los documentos enumerados en el Cuadro 1. Es muy probable que esto sea una consecuencia del uso de un período de muestra diferente y un grupo ampliado de países. En términos de desempeño de cada país, el desempeño más espectacular lo registra República Dominicana con un crecimiento anual promedio de 3.9% en la PTF durante el período de estudio. Otros países con buen desempeño son, entre otros, Cuba, Barbados, Costa Rica, Panamá y Guatemala. Cuba tiene una tasa de crecimiento de la PTF de 3,1, mientras que Barbados, Costa Rica y Panamá han registrado una tasa de crecimiento de la PTF de solo el 2,9% cada uno.

Al examinar las cuestiones de la puesta al día y la convergencia, encuentro que aquellos países que estaban muy por debajo de la frontera en 1979. Estos resultados indican un grado de puesta al día en los niveles de productividad entre los países de alto y bajo rendimiento. Estos resultados son de interés ya que indican una reversión alentadora (durante 1979-2008) en el fenómeno de tendencia negativa de la productividad y regresión tecnológica reportado en algunos de los estudios anteriores para el período 1961-1985.

Aunque los resultados son bastante plausibles y significativos, el autor es bastante consciente de las limitaciones de los datos y de la necesidad de seguir trabajando en esta área. El trabajo futuro podría incluir: a) un examen de la solidez de los resultados a los cambios en el período base para el cálculo de los agregados de producción; b) la inclusión de plaguicidas, herbicidas y piensos y semillas comprados en el conjunto de insumos; c) una investigación de los efectos de la calidad de la tierra, el riego y las lluvias; y d) utilización de funciones de distancia paramétricas para estudiar la solidez de los hallazgos a la elección de la metodología.

### **Referencias Bibliográficas**

- Arnade, C. (1998): "Using a Programming Approach to Measure International Agricultural Efficiency and Productivity," *Journal of Agricultural Economics* 49(1998), 67-84.  
<https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.1998.tb01252.x>
- Ball, V. E., J. C. Bureau, J. P. Butault, and R. Nehring (2001): "Levels of Farm Sector Productivity: An International Comparison," *Journal of Productivity Analysis* 15(2001), 5-29.  
<https://doi.org/10.1023/A:1026554306106>
- Barro, R., and X. Sala-i-Martin (1991): "Convergence across States and Regions," *Brookings Paper on Economic Activity* (1991), p. 107.  
<https://doi.org/10.2307/2534639>
- Bureau, C., R. Färe, and S. Grosskopf (1995): "A Comparison of Three Nonparametric Measures of Productivity Growth in European and United States Agriculture," *Journal of Agricultural Economics* 46 (1995), 309-326. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.1995.tb00778.x>
- Capalbo, S. M., and J. M. Antle, eds. (1998): *Agricultural Productivity: Measurement and Explanation* (Resources for the Future: Washington, DC: 1988).
- Chavas, J. P. (2001): "An International Analysis of Agricultural Productivity," in L. Zepeda, ed., *Agricultural Investment and Productivity in Developing Countries* (FAO: Rome, 2001).
- Coelli, T. J., and D. S. P. Rao. (2001): "Implicit Value Shares in Malmquist TFP Index Numbers," *CEPA Working Papers No. 4/2001* (School of Economics, University of New England: Armidale, 2001), pp.27. Coelli, T. J., and D.S. P. Rao (2003): *Total factor productivity growth in agriculture: a Malmquist index analysis of 93 countries, 1980-2000*.

Coelli, T. J., D. S. P. Rao, and G. E. Battese (1998): *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis* (Kluwer Academic Publishers: Boston, 1998).  
<https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5493-6>

Craig, B. J., P. G. Pardey, and J. Roseboom (1997): "International Productivity Patterns: Accounting for Input Quality, Infrastructure, and Research," *American Journal of Agricultural Economics* 79 (1997), 1064-1077. <https://doi.org/10.2307/1244264>

Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris, and Z. Zhang (1994): "Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Changes in Industrialised Countries.: " *American Economic Review* 84 (1994), 66-83.

Fulginiti, L., and R. Perrin (1993): "Prices and Productivity in Agriculture, " *Review of Economics and Statistics* 75(1993), 471-482. <https://doi.org/10.2307/2109461>

Fulginiti, L. E., and R. K. Perrin (1997): "LDC Agriculture: Nonparametric Malmquist Productivity Indexes," *Journal of Development Economics* 53(1997), 373-390.  
[https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(97\)00022-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3878(97)00022-9)

Fulginiti, L. E., and R. K. Perrin (1998): "Agricultural Productivity in Developing Countries," *Journal of Agricultural Economics* 19 (1998), 45-51.  
[https://doi.org/10.1016/S0169-5150\(98\)00045-0](https://doi.org/10.1016/S0169-5150(98)00045-0)  
<https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.1998.tb00513.x>

Fulginiti, L. E., and R. K. Perrin (1999): "Have Price Policies Damaged LDC Agricultural Productivity?" *Contemporary Economic Policy* 17 (1999), 469-475.  
<https://doi.org/10.1111/j.1465-7287.1999.tb00697.x>

Grifell-Tatje, E., and C. A. K. Lovell (1995): "A Note on the Malmquist Productivity Index," *Economics Letters* 47 (1995), 169-175. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(94\)00497-P](https://doi.org/10.1016/0165-1765(94)00497-P)

Hayami, Y., and V. Ruttan (1970): "Agricultural Productivity Differences among Countries," *American Economic Review* 40 (1970), 895-911.

Hayami, Y., and V. Ruttan (1971): *Agricultural Development: An International Perspective* (Johns Hopkins University Press: Baltimore, 1971).

Kawagoe, T., and Y. Hayami (1983): "The Production Structure of World Agriculture: An Inter-country Cross-Section Analysis," *Developing Economies* 21(1983), 189-206.  
<https://doi.org/10.1111/j.1746-1049.1983.tb01082.x>

Kawagoe, T., and Y. Hayami (1985): "An Inter-country Comparison of Agricultural Production Efficiency," *American Journal of Agricultural Economics* 67(1985), 87-92.  
<https://doi.org/10.2307/1240827>

Kawagoe, T., Y. Hayami, and V. Ruttan (1985): "The Inter-country Agricultural Production Function and Productivity Differences among Countries," *Journal of Development Economics* 19 (1985), 113-132.

[https://doi.org/10.1016/0304-3878\(85\)90041-0](https://doi.org/10.1016/0304-3878(85)90041-0)

Lau, L., and P. Yotopoulos (1989): "The Meta-Production Function Approach to Technological Change in World Agriculture," *Journal of Development Economics* 31(1989),241-269.

[https://doi.org/10.1016/0304-3878\(89\)90014-X](https://doi.org/10.1016/0304-3878(89)90014-X)

REICE | 96

A.,Lusigi, and C. Thirtle (1997): "Total Factor Productivity and the Effects of R&D in African Agriculture," *Journal of International Development*9(1997),529-538.

[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1328\(199706\)9:4<529::AID-JID462>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1328(199706)9:4<529::AID-JID462>3.0.CO;2-U)

Maddison, A. (1995): *Monitoring the World Economy: 1820-1992* (OECD: Paris, 1995).  
Maddison, A. (1997): *Chinese Economic Performance in the Long Run* (OECD: Paris, 1997).

Martin, W., and Mitra, D. (1999): "Productivity Growth and Convergence in Agriculture and Manufacturing," *Agriculture Policy Research Working Papers No. 2171*(World Bank: Washington, DC, 1999). <https://doi.org/10.1596/1813-9450-2171>

Nin, A., C. Arndt, and P. V. Preckel.(2003): "Is Agricultural Productivity in Developing Countries Really Shrinking? New Evidence Using a Modified Nonparametric Approach," *Journal of Development Economics* 71 (2003),395-415.

[https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(03\)00034-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3878(03)00034-8)

Rao, D. S. P. (1993): *Inter-country Comparisons of Agricultural Output and Productivity* (FAO: Rome, 1993). Rao, D. S. P., and T. J. Coelli (1998): "Catch-up and Convergence in Global Agricultural Productivity, 1980-1995," *CEPA Working Papers*No.4/98(Department of Econometrics, University of New England:Armidale, 1998), pp. 25.

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

<https://doi.org/10.1257/089533002320951028>

Suhariyanto, K., and C. Thirtle., (2001): "Asian Agricultural Productivity and Convergence," *Journal of Agricultural Economics* 52 (2001), 96-110.

<https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2001.tb00941.x>

Suhariyanto, K., A. Lusigi, and C. Thirtle.(2001): "Productivity Growth and Convergence in Asian and African Agriculture," in P. Lawrence and C. Thirtle, eds., *Asia and Africa in Comparative Economic Perspective* (Palgrave: London, 2001), pp. 258-274.

[https://doi.org/10.1057/9781403905406\\_14](https://doi.org/10.1057/9781403905406_14)

Trueblood, M. A., and J. Coggins., (2003): Inter-country Agricultural Efficiency and Productivity: A Malmquist Index Approach (World Bank: Washington, DC, 2003) mimeo.

Wiebe, K., M. Soule, C. Narrod, and V. Breneman.(2000): Resource Quality and Agricultural Productivity: A Multi -Country Comparison (USDA: Washington, DC, 2000) mimeo. REICE | 97