

Evaluación del desempeño medioambiental de Sector Agrícola de América Latina y el Caribe utilizando el DEA e Índice de Malmquist.

Juan-Javier Moreno-Moreno ^a, Francisco Velasco Morente ^b, María Teresa Sanz Díaz ^{*c}
Carlos E. Ludena^e

^{a, b} Departamento de Economía Aplicada I.

^c Departamento de Análisis Económico y Economía Política.

^c Economista, Especialista en Cambio Climático: Consultor Independiente Senior (UNDP, IDB y FAO).

*) Corresponding author.

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Sevilla.

Resumen:

El análisis de la productividad agrícola y su evaluación supone una importante base para elaborar políticas destinadas al desarrollo económico, para garantizar la seguridad alimentaria y mejorar la renta de los agricultores. La literatura es amplia en este tema, si bien son pocos los trabajos que evalúan la eficiencia medioambiental de la agricultura, en particular para América Latina y el Caribe (ALC). Este enfoque es esencial para el diseño de las políticas económicas y ambientales de cualquier Estado y, en definitiva, para el desarrollo sostenible de este sector. Esta investigación utiliza el Análisis Envolvente de Datos para evaluar la eficiencia medioambiental de 25 países de ALC bajo dos conceptos: *natural disposability* y *managerial disposability*. Se incorpora al análisis el índice de Malmquist para determinar el grado de desplazamiento, el progreso tecnológico, y la frontera de eficiencia para el periodo de 2000-2012. La medición de este índice se utiliza considerando que existe un cruce entre las fronteras de eficiencias de los dos años consecutivos. Se han considerado seis variables inputs: alimentación animal, fertilizantes, mano de obra agrícola, reserva de capital-cultivo, reserva de capital-ganado y la tierra agrícola; y dos variables outputs: producción agrícola y las emisiones de CO₂ equivalente agrícolas. Los resultados indican mayor eficiencia bajo el supuesto de *natural disposability* siempre por arriba de la eficiencia bajo *managerial disposability*, sin embargo, en ambas fronteras hay evidencia de mejoras en la productividad debido a los progresos tecnológicos en los países evaluados.

Palabras claves: Agricultura, medioambiente, DEA, eficiencia natural, eficiencia gerencial, índice de Malmquist.

Clasificación JEL: C6, Q5, R5.

1.- Introducción

El cambio climático es un asunto de indudable relevancia y actualidad y se considera uno de los mayores costes que afecta a la sociedad actual y a la futura (IPCC, 2014). El cambio climático se manifiesta de diferentes formas tales como el aumento de la temperatura media global y las modificaciones en el patrón de precipitaciones, entre otros aspectos. Este fenómeno es consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que se originan en diversas actividades antropogénicas (Sánchez y Reyes, 2015).

No obstante, no todas las regiones tienen la misma responsabilidad en las emisiones de GEI. Estas emisiones en el ámbito mundial suponen alrededor de 37.585 millones de Tm de CO₂ equivalente (Tm de CO₂eq), con una tasa media anual de crecimiento del 1,6% entre 1990 y 2012 y una población de alrededor de 7 mil millones de personas. De estas emisiones Asia aporta el 40%, Europa el 20,2%, Norte América un 18,4% y África sólo el 9%. Concretamente, ALC es responsable del 11% (4.096 MtCO₂eq) de esas emisiones de CO₂ con una tasa de crecimiento promedio anual de 1,03% entre 1990-2012 y una población de 604 millones (UNFCCC 2013; CAIT¹ 2017).

El Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC, 2014) señala que entre 2000-2010, las emisiones de GEI causados por la actividad humana han aumentado en 10 GtCO₂eq, más que en cualquier década anterior a pesar de los esfuerzos de las regiones para reducirlas. El aumento proviene del consumo de energía (47%), la industria (30%), el transporte (11%) y los edificios (3%) (IPCC, 2014). Concretamente, en ALC durante el periodo 1990-2012, el 19% de las emisiones provienen la agricultura y 39,5% del cambio de uso del suelo y la silvicultura, y tienen una importancia relevante con respecto al medioambiente, principalmente por deforestación, la gestión del suelo y de los nutrientes y la ganadería (IPCC, 2014; CAIT, 2017).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2014a) señalan que la evolución de la producción agrícola es inestable. Esto se debe a diferentes episodios de crisis en el crecimiento económico, cambio climático, daños al medioambiente y los recursos naturales; en un momento que en el que hay un aumento de la demanda de

¹ Información del World Resources Institute (WRI) - Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) 2.0: [http // cait2.wri.org](http://cait2.wri.org): CAIT se basa en datos claves y relevantes para el clima, provenientes de Centros de investigación respetados, agencias gubernamentales y organismos internacionales. La plataforma contiene emisiones GEI de los seis principales gases, la mayoría de las fuentes principales y sumideros. Los datos son seleccionados en base a criterios como la integridad y exactitud relativa y son producidos por la aplicación de una metodología coherente. En la medida de lo posible, CAIT incluye las emisiones de todos los GEI y las fuentes de emisión principales de cada país.

alimentos, bienes y servicios procedentes de la agricultura, causado por un crecimiento de la población. En consecuencia, la implementación de estrategias que aumenten el crecimiento de la productividad agrícola, la eficiencia agrícola, así como una producción más limpia para reducir la contaminación, son fundamentales para crear una agricultura sostenible que garantice disponibilidad de alimentos, principalmente, de las personas que viven en inseguridad alimentaria (Lal, 2013; FAO, 2014b).

Se han realizado diversos estudios entre regiones, continentes y países individuales que analizan la Productividad Total de los Factores (TFP) agrícola, los cuales incluyen algunos países de ALC. Así, debemos destacar autores como Kudaligama y Yanagida (2000); Trueblood y Coggins (2003); Nin *et al.* (2003); Rao y Coelli (2004); Coelli y Rao (2005); Headey *et al.* (2010); Avila y Evenson (2010); Fuglie (2010); Fuglie *et al.* (2012); Alston y Pardey (2014); Gollin *et al.* (2014) y Mekonnen *et al.* (2015) quienes han estudiado las variaciones en el crecimiento de la TFP, para medir los cambios tecnológicos y cambios de eficiencia de la agricultura. Sin embargo, ninguno de estos estudios incluye un análisis comparativo del crecimiento de la eficiencia agrícola entre los países de ALC, con excepción de Pfeiffer (2003); Bharati y Fulginiti (2007); Hutchinson (2007); Ludena (2010); Martín-Retortillo *et al.* (2014); Nin-Pratt *et al.* (2015) y Trindade y Fulginiti (2015) quienes sí estudiaron la variación de la productividad agrícola en diferentes países de ALC. Las estimaciones de la TFP, en estos estudios, se han realizado con métodos diversos como el índice de Malmquist, *stochastic frontier analysis*, función de producción de Cobb-Douglas, función de producción Traslong, Tornqvist-Theil.

Los resultados de estos estudios muestran un crecimiento positivo de la productividad agrícola en los países de ALC, en las dos últimas décadas del periodo de 1990 al 2008 (Martín-Retortillo *et al.* 2014). Según Ludena (2010); Zúniga (2011) y Martín-Retortillo *et al.* (2014), el crecimiento de la productividad agrícola se debe a la introducción de nuevas tecnologías de ahorro de costes en los procesos productivos. Así, las ganancias en eficiencia han realizado contribuciones significativas al aumento de la productividad del sector agrícola de los países de ALC, (Martín-Retortillo *et al.* 2014). Por otro lado, Moreno-Moreno *et al.* (2015) estudiaron la eficiencia operacional, medioambiental y unificada y su aplicación a la agricultura de ALC. El propósito de ese estudio era examinar la eficiencia operacional y medioambiental y su tratamiento unificado para identificar los países con mejor desempeño en el sector agrícola.

Por tanto, el objetivo de este estudio es realizar un análisis comparativo del desempeño medioambiental bajo el supuesto de *natural disposability* y *managerial disposability* del sector agrícola de 25 países de ALC entre 2000 y 2012. Para ello se ha utilizado la metodología DEA para la evaluación medioambiental e incorporado el índice de Malmquist con el propósito de examinar un posible desplazamiento (progreso tecnológico) en la frontera de eficiencia bajo ambos supuestos (*natural* y *managerial disposability*), considerando períodos de dos años. Por último, con este análisis se pretende identificar a los países más eficientes, para poder dar orientaciones a los países ineficientes para que mejoren su eficiencia, de tal manera que adopten las mejores prácticas para reducir las emisiones de GEI, así como a reducir los impactos negativos al medioambiente.

El DEA es una técnica matemática que estudia las relaciones entre los inputs y los outputs utilizados en un proceso de producción para determinar los niveles de eficiencia, tiene diversas variaciones y formas extendidas, y se ha aplicado en varios campos de la ciencia de la investigación económica (Liu *et al.* 2013). Se trata de una metodología no paramétrica descrita por primera vez por Charnes *et al.* (1978) para medir la eficiencia relativa de un conjunto de unidades de toma de decisiones (DMU) y la formalización posterior por Banker *et al.* (1984). Actualmente, las metodologías más empleadas para calcular las fronteras de eficiencia son el DEA y la que se denomina frontera econométrica (Dios-Palomares *et al.* 2014).

Esta metodología se ha utilizado ampliamente para la evaluación medioambiental (Zhou *et al.* 2008; Halkos y Tzeremes 2014 y Sanz-Díaz *et al.* 2017). Concretamente, este último estudio utiliza el DEA para la evaluación medioambiental propuesto por Sueyoshi y Goto (2013; 2015).

El resto de este trabajo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se explica la metodología; en la sección 3 se describen los datos. La sección 5 está dedicada a los resultados de cada uno de los países, y, por último, en la sección 6 se detallan las conclusiones.

2.- Metodología

Como se ha mencionado anteriormente, este estudio utiliza el DEA para la evaluación medioambiental propuesta por Sueyoshi y Goto (2013; 2015). Esta metodología establece dos conceptos estratégicos para la protección del medioambiente. Estos conceptos son los siguientes:

El primer concepto es *natural disposability*: se refiere a que un país intenta alcanzar la eficiencia medioambiental al disminuir el vector de los inputs para disminuir el vector de los outputs indeseables, pero y al mismo tiempo aumentar los outputs deseables, tanto como sea posible.

Por el contrario, *managerial disposability*: se refiere a que un país intenta alcanzar la eficiencia medioambiental al aumenta el vector de los inputs para disminuir el vector de los outputs indeseables, pero y al mismo tiempo aumentar los outputs deseables tanto como sea posible.

Ambos conceptos (*natural y managerial disposability*) se extiende en un horizonte de tiempo mediante la medición del índice de Malmquist.

Natural disposability (UEN):

Por lo tanto, el índice de Malmquist (INC) con frontera de cruce entre dos periodos bajo el supuesto de *natural disposability* de cada país *k-ésimo* se formula de la siguiente manera:

$$INC_{t-1}^t = \sqrt{\frac{UEN_{t-1}}{IUEN_{t-1 \rightarrow t-1 \& t}} \frac{UEN_t}{IUEN_{t \rightarrow t-1 \& t}}} \quad (3)$$

El grado de UEN_t en cuanto al país *k-ésimo* en el período *t* se obtiene por el siguiente modelo bajo *natural disposability*:

$$\begin{aligned} (P1) \quad & \text{Max } \xi + \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^x + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^g + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^b \right] & (4) \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j \in J_t} x_{ijt} \lambda_{jt} + d_i^x = x_{ikt}; \quad \forall k \in J_t; \quad i=1, \dots, m \\ & \sum_{j \in J_t} g_{rjt} \lambda_{jt} - d_r^g - \xi g_{rkt} = g_{rkt}; \quad \forall k \in J_t; \quad r=1, \dots, s \\ & \sum_{j \in J_t} b_{fjt} \lambda_{jt} + d_f^b + \xi b_{fkt} = b_{fkt}; \quad \forall k \in J_t; \quad f=1, \dots, h \\ & \lambda_{jt} \geq 0; \quad j=1, \dots, n; t=2, \dots, T; \quad \xi \text{ unrestricted}; d_i^x \geq 0; i=1, \dots, m \\ & d_r^g \geq 0; r=1, \dots, s; d_f^b \geq 0; f=1, \dots, h \end{aligned}$$

Por lo tanto, el grado de UEN_{kt} del país *k-ésimo* en el período *t* se obtiene de la siguiente forma:

$$UEN_{kt} = 1 - \left[\xi + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^x + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^g + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^b \right) \right] \quad (5)$$

Entonces, el grado de UEN_{t-1} en cuanto al país *k-ésimo* en el período *t-1* se obtiene reemplazando *t* por *t-1* en el modelo (4).

El grado de $IUEN_{t-1 \rightarrow t-1 \& t}$ con relación al país *k-ésimo* entre dos periodos se calcula por el siguiente modelo:

$$\begin{aligned}
& \text{(P2) Max } \xi + \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^x + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^g + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^b \right] \quad (6) \\
& \text{s.t. } \sum_{j \in J_{t-1 \& t}} x_{ijt-1} \lambda_{jt-1 \& t} + d_i^x = x_{ikt-1}; \quad \forall k \in J_{t-1}; \quad i=1, \dots, m \\
& \sum_{j \in J_{t-1 \& t}} g_{rjt-1} \lambda_{jt-1 \& t} - d_r^g - \xi g_{rkt} = g_{rkt-1}; \quad \forall k \in J_{t-1}; \quad r=1, \dots, s \\
& \sum_{j \in J_{t-1 \& t}} b_{fjt-1} \lambda_{jt-1 \& t} + d_f^b + \xi b_{fkt} = b_{fkt-1}; \quad \forall k \in J_{t-1}; \quad f=1, \dots, h \\
& \lambda_{jt-1 \& t} \geq 0; \quad j=1, \dots, n; t=2, \dots, T; \quad \xi \text{ unrestricted}; d_i^x \geq 0; i=1, \dots, m \\
& d_r^g \geq 0; r=1, \dots, s; d_f^b \geq 0; f=1, \dots, h
\end{aligned}$$

El grado de IUEN_{t → t-1 & t} respecto al país *k-ésimo* entre dos períodos se obtiene por el siguiente modelo:

$$\begin{aligned}
& \text{(P3) Max } \xi + \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^x + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^g + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^b \right] \quad (7) \\
& \text{s.t. } \sum_{j \in J_{t-1 \& t}} x_{ijt} \lambda_{jt} + d_i^x = x_{ikt}; \quad \forall k \in J_t; \quad i=1, \dots, m \\
& \sum_{j \in J_{t-1 \& t}} g_{rjt} \lambda_{jt} - d_r^g - \xi g_{rkt} = g_{rkt}; \quad \forall k \in J_t; \quad r=1, \dots, s \\
& \sum_{j \in J_{t-1 \& t}} b_{fjt} \lambda_{jt} + d_f^b + \xi b_{fkt} = b_{fkt}; \quad \forall k \in J_t; \quad f=1, \dots, h \\
& \lambda_{jt} \geq 0; \quad j=1, \dots, n; t=2, \dots, T; \quad \xi \text{ unrestricted}; d_i^x \geq 0; i=1, \dots, m \\
& d_r^g \geq 0; r=1, \dots, s; d_f^b \geq 0; f=1, \dots, h
\end{aligned}$$

Managerial disposability (UEM):

El índice de Malmquist (IMC) con frontera de cruce entre dos periodos bajo el supuesto de *managerial disposability* de cada país *k-ésimo* se formula de la siguiente manera:

$$IM_{t-1}^t = \sqrt{\frac{UEM_{t-1}}{IUIM_{t-1 \rightarrow t}} \frac{IUIM_{t \rightarrow t-1}}{UEM_t}} \quad (8)$$

El grado de UEM_t en cuanto al país *k-ésimo* en el período *t* se obtiene por el siguiente modelo bajo *natural disposability*:

$$\text{(P4) Max } \xi + \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^x + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^g + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^b \right] \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
\text{s.t. } \sum_{j \in J_t} x_{ijt} \lambda_{jt} - d_i^x &= x_{ikt}; \quad \forall k \in J_t; \quad i=1, \dots, m \\
\sum_{j \in J_t} g_{rjt} \lambda_{jt} - d_r^g - \xi g_{rkt} &= g_{rkt}; \quad \forall k \in J_t; \quad r=1, \dots, s \\
\sum_{j \in J_t} b_{fjt} \lambda_{jt} + d_f^b + \xi b_{fkt} &= b_{fkt}; \quad \forall k \in J_t; \quad f=1, \dots, h \\
\lambda_{jt} \geq 0; \quad j=1, \dots, n; t=2, \dots, T; \quad \xi \text{ unrestricted}; d_i^x \geq 0; i=1, \dots, m \\
d_r^g \geq 0; r=1, \dots, s; d_f^b \geq 0; f=1, \dots, h
\end{aligned}$$

Entonces, el grado de UEM_{kt} del país *k-ésima* en el período *t* se obtiene de la siguiente forma:

$$UEM_{kt} = 1 - [\xi + \varepsilon (\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^x + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^g + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^b)] \quad (10)$$

El grado de UEM_{t-1} en cuanto al país *k-ésima* en el período *t-1* se obtiene reemplazando *t* por *t-1* en el modelo (9).

El grado de IUEM_{t-1 → t-1 &t} con relación al país *k-ésima* entre dos períodos se calcula por el siguiente modelo:

$$\begin{aligned}
\text{(P5) Max } \xi + \varepsilon [\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^x + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^g + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^b] & \quad (11) \\
\text{s.t. } \sum_{j \in J_t} x_{ijt} \lambda_{jt} - d_i^x &= x_{ikt-1}; \quad \forall k \in J_{t-1}; \quad i=1, \dots, m \\
\sum_{j \in J_t} g_{rjt} \lambda_{jt} - d_r^g - \xi g_{rkt-1} &= g_{rkt-1}; \quad \forall k \in J_{t-1}; \quad r=1, \dots, s \\
\sum_{j \in J_t} b_{fjt} \lambda_{jt} + d_f^b + \xi b_{fkt-1} &= b_{fkt-1}; \quad \forall k \in J_{t-1}; \quad f=1, \dots, h \\
\lambda_{jt} \geq 0; \quad j=1, \dots, n; t=2, \dots, T; \quad \xi \text{ unrestricted}; d_i^x \geq 0; i=1, \dots, m \\
d_r^g \geq 0; r=1, \dots, s; d_f^b \geq 0; f=1, \dots, h
\end{aligned}$$

El grado de IUEM_{t → t-1 &t} respecto al país *k-ésima* entre dos períodos se obtiene por el siguiente modelo:

$$\begin{aligned}
\text{(P6) Max } \xi + \varepsilon [\sum_{i=1}^m R_i^x d_i^x + \sum_{r=1}^s R_r^g d_r^g + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^b] & \quad (12) \\
\text{s.t. } \sum_{j \in J_{t-1}} x_{ijt-1} \lambda_{jt-1} - d_i^x &= x_{ikt}; \quad \forall k \in J_t; \quad i=1, \dots, m \\
\sum_{j \in J_{t-1}} g_{rjt-1} \lambda_{jt-1} - d_r^g - \xi g_{rkt} &= g_{rkt}; \quad \forall k \in J_t; \quad r=1, \dots, s \\
\sum_{j \in J_{t-1}} b_{fjt-1} \lambda_{jt-1} + d_f^b + \xi b_{fkt} &= b_{fkt}; \quad \forall k \in J_t; \quad f=1, \dots, h \\
\lambda_{jt-1} \geq 0; \quad j=1, \dots, n; t=2, \dots, T; \quad \xi \text{ unrestricted}; d_i^x \geq 0; i=1, \dots, m \\
d_r^g \geq 0; r=1, \dots, s; d_f^b \geq 0; f=1, \dots, h
\end{aligned}$$

3.- Datos

Los datos de los inputs y outputs se han obtenido de la base de datos del estudio de Nin-Pratt *et al.* (2015) y la FAOSTAT (2016) para el periodo 2000-2012. Este trabajo incluye 25 países de ALC (ver Tabla 1).

Tabla 1: Lista de países de ALC a evaluar por grupos geográficos.

Sub-región	País
Caribe	Bahamas, Barbados, Guyana, Jamaica, La República Dominicana, Suriname y Trinidad y Tobago.
América Central	Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Panamá.
Sur América: Comidad Andina	Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.
Sur América: Cono Sur	Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay.

Fuente: Elaboración propia con información de los perfiles de países de la FAO: <http://www.fao.org/countryprofiles/geographic-and-economic-groups/es/>

De una parte, se consideran seis variables inputs (materia prima para la alimentación animal, fertilizantes, mano de obra agrícola, reserva de capital-cultivo, reserva de capital-ganado y la tierra agrícola). De otro lado, dos variables outputs: deseable (valor de la producción agrícola) e indeseable (emisiones agrícolas agricultura CO₂eq). A continuación, se describen las variables en la Tabla 2.

Inputs:

1. Las materias primas para la alimentación animal (IA-1), expresado en Tmeq de maíz.
2. Consumo de fertilizantes (IF-2) en la agricultura, se refiere a la cantidad de nitrógeno (N), fosfato (P₂O₅) y potasa (K₂O) y se expresa en Tm.
3. La tierra (IT-3) en lo que respecta a la superficie agrícola en miles de hectáreas.
4. Mano de obra agrícola (IM-4) es el total de la población económicamente activa en la agricultura en miles de personas.

5. Reserva de capital-cultivo (IRC-5): el capital de las cosechas, consiste en el desarrollo de la tierra y el equipo, los cultivos de plantación y la maquinaria y equipo, incluye tractores (con accesorios), cosechadoras, máquinas para trillar y herramientas de mano, expresa en precios constantes de 2005 como el año base.
6. Reserva de capital-ganadero (IRG-6) se compone de inventarios de animales y activos fijos de ganado, se expresa en precios constantes de 2005 como el año base.

Output deseable:

1. La producción agrícola total (OGP-1) se expresa en dólares estadounidenses, un precio constante de 2004-2006.

Output indeseable:

1. Las emisiones GIE de la agricultura (OBE-1) procedentes de la base de datos FAOSTAT y expresadas en gigagrams de CO₂eq. se componen de gases distintos del CO₂: metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O).

Tabla 2: Media aritmética de las variables de observación para 2000-2012.

País	Inputs						Outputs	
	(IA-1)	(IF-2)	(IT-3)	(IMO-4)	(IRC-5)	(IRG-6)	(OGP-1)	(OBE-1)
Argentina	20652	1395000	25123	1430	138806	50853	37759480	112521
Bahamas	82	763	21	5	14	9	28432	27
Barbados	142	1687	40	5	16	55	47523	60
Belice	145	5635	114	28	153	85	165624	268
Bolivia	1930	24147	2434	1806	36907	6707	3045849	20083
Brasil	91446	9901918	89184	12055	270358	123894	120355556	405302
Chile	15614	532920	14182	968	15653	8699	7524711	11734
Colombia	11716	719166	14918	3557	42721	87363	13032916	55430
Costa Rica	1806	137971	1367	325	1835	801	2604262	3110
República Dominicana	3053	104430	4236	495	2470	5642	2382549	6765
Ecuador	6078	228632	11938	1228	7510	7967	6618444	13073
El Salvador	1763	68145	1702	618	1539	913	1089782	2897
Guatemala	2918	216170	5164	1882	4499	3666	3685487	7019
Guyana	311	15718	877	52	1688	173	339066	1592
Honduras	1999	119613	2499	685	3132	1768	1800362	5254
Jamaica	786	12315	631	227	463	1573	549391	804
México	26228	1786905	72619	8235	103713	49480	34002631	80140
Nicaragua	233	41622	3729	367	5186	2386	1302455	7140
Panamá	540	28629	1085	253	2249	2559	886832	3230
Paraguay	1268	273476	2286	786	20358	6236	4109079	20489
Perú	3235	323844	10411	3569	21348	12991	7462099	21799
Suriname	39	8382	602	32	78	109	109449	726
Trinidad and Tobago	112	5558	153	48	56	176	149027	265
Uruguay	909	176535	2175	190	14669	21863	3400971	24178
Venezuela	3022	336760	10443	761	21317	18953	6061824	33710

Fuente: Elaboración propia con información de FAOSTAT y Nin-Pratt, *et al.* (2015).

4.- Resultados

Este estudio ha utilizado el DEA para la evaluación medioambiental, una metodología no paramétrica, propuesta por Sueyoshi y Goto (2013; 2015) que incorpora el índice de Malmquist para medir el desempeño medioambiental del sector agrícola de ALC bajo *natural disposability* y *managerial disposability* en el horizonte de tiempo 2000-2012.

El índice de Malmquist se estima asumiendo una frontera con cruce, que permite conocer el desplazamiento en una frontera de eficiencia entre dos años, es decir, el incremento de la productividad por el progreso tecnológico durante el período observado (2000-2012) en relación a cada país evaluado en este estudio. Además, esta metodología utilizó el RAM (Medida de Rango Ajustado) para permitir la fácil incorporación de los outputs deseables y los outputs indeseables un tratamiento unificado.

Resultados por grupo geográfico natural disposability y managerial disposability

Es importante señalar que ambas estrategias (*natural* y *managerial disposability*) buscan la protección del medioambiente. Sin embargo, *natural disposability* es una estrategia que satisface las regulaciones gubernamentales en un corto plazo y dedica un limitado esfuerzo cooperativo para la reducción de las emisiones de GEI, por otro lado, los costes de operación reducen, pero al largo plazo en promedio los costes se incrementan, es decir, este es el modelo de gestión económica convencional. En el otro extremo está *managerial disposability*, este es nuevo modelo para economías sostenibles y amigables con el medioambiente. Asume las regulaciones ambientales como una oportunidad de negocio y dedica esfuerzos gerenciales y de ingeniería para reducir las emisiones mediante la implementación de nuevas tecnologías para la protección del medioambiente (Sueyoshi y Goto, 2013; 2015).

En la Tabla 3 y 4 se puede observar el grado de eficiencia natural y eficiencia gerencial del sector agrícola de cada país evaluado, respectivamente.

Los resultados muestran que los países del Cono Sur son los mejores (eficiencia = 1,0) bajo el supuesto de *natural disposability*, pero son los peores en promedio en eficiencia *managerial disposability* (0,72). Los países del Caribe ocupan el segundo lugar bajo *natural disposability*, con una eficiencia promedio de 0,97 y los que tienen mejor desempeño bajo *managerial disposability*, con una eficiencia de 0,83.

Son excepciones a esto, Chile, que bajo el supuesto del *managerial disposability*, logra la máxima eficiencia (1,0) y Bahamas y Jamaica quienes también alcanzan la máxima eficiencia (1,0) bajo *managerial disposability*. Este último se ve beneficiada por la fuerte recuperación de la agricultura (FMI, 2016).

Tabla 3: Grado de eficiencia bajo *natural disposability* para 25 países de ALC para 2000-2012.

País	Natural Efficiency												Media
	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	
<i>América Central</i>													
Belice	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Costa Rica	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
El Salvador	0,6333	0,7477	0,7019	0,7511	0,6654	0,7546	0,6785	0,6732	0,7149	0,6273	0,6582	0,6469	0,6878
Guatemala	0,8985	0,9572	0,9319	0,9152	0,8899	0,8967	0,9771	1,0000	1,0000	0,9962	0,9613	0,9904	0,9512
Honduras	0,5732	1,0000	1,0000	0,6293	0,5982	0,5115	0,5648	0,6531	0,9369	0,6997	0,8409	0,9989	0,7505
México	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Nicaragua	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Panamá	0,9758	1,0000	0,9794	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,8781	0,8041	0,7661	0,9503
<i>Caribe</i>													
Bahamas	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Barbados	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
República Dominicana	0,8575	0,8797	0,9067	0,9187	0,9676	0,9441	0,9897	0,8411	0,9037	0,9165	0,8571	0,8233	0,9005
Guyana	1,0000	1,0000	1,0000	0,8761	1,0000	1,0000	0,8123	0,7642	1,0000	0,8193	0,7427	0,7557	0,8975
Jamaica	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Suriname	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Trinidad and Tobago	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
<i>Comidad Andina</i>													
Bolivia	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Colombia	0,8024	0,8210	0,8220	0,8752	0,7907	0,8385	0,8360	0,8414	0,8336	0,6976	0,7232	0,8138	0,8080
Ecuador	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Perú	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Venezuela	1,0000	1,0000	1,0000	0,8828	1,0000	1,0000	0,9695	0,8613	0,8836	0,7770	0,8199	0,8651	0,9216
<i>Cono Sur</i>													
Argentina	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Brasil	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Chile	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Paraguay	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Uruguay	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
<i>LAC: Media</i>	0,9452	0,9742	0,9714	0,9499	0,9527	0,9541	0,9490	0,9406	0,9684	0,9309	0,9308	0,9417	0,9508
<i>Des. Estandar</i>	0,1202	0,0663	0,0724	0,0954	0,1126	0,1149	0,1161	0,1110	0,0716	0,1197	0,1103	0,1056	0,0885
<i>América Central</i>	0,8851	0,9631	0,9517	0,9120	0,8942	0,8954	0,9026	0,9158	0,9565	0,9002	0,9081	0,9253	0,9175
<i>Caribe</i>	0,1780	0,0883	0,1037	0,1437	0,1673	0,1780	0,1762	0,1560	0,1001	0,1531	0,1278	0,1388	0,1254
<i>Comunidad Andina</i>	0,9796	0,9828	0,9867	0,9707	0,9954	0,9920	0,9717	0,9436	0,9862	0,9622	0,9428	0,9399	0,9711
<i>Cono Sur</i>	0,0538	0,0455	0,0353	0,0516	0,0123	0,0211	0,0704	0,0988	0,0364	0,0703	0,1031	0,1046	0,0493
<i>Comunidad Andina</i>	0,9605	0,9642	0,9644	0,9516	0,9581	0,9677	0,9611	0,9405	0,9434	0,8949	0,9086	0,9358	0,9459
<i>Cono Sur</i>	0,0884	0,0801	0,0796	0,0663	0,0936	0,0722	0,0712	0,0817	0,0794	0,1466	0,1297	0,0898	0,0843
<i>Cono Sur</i>	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

La Comunidad Andina, sigue la misma línea y se desempeña mejor bajo el supuesto de *natural disposability*, con una eficiencia promedio de (0,94). Resalta, Bolivia que también alcanza la máxima eficiencia (1,0) bajo el *managerial disposability*. No obstante, este grupo es el segundo mejor, después del Caribe en eficiencia bajo *managerial disposability* (0,81). Asimismo, América Central se desempeña mejor bajo *natural disposability*, pero son los que tienen la eficiencia más baja (0,91). También, son los que tienen el segundo nivel de eficiencia más bajo en *managerial disposability* (0,79).

Tabla 4: Grado de eficiencia bajo *managerial disposability* para 25 países de ALC para 2000-2012.

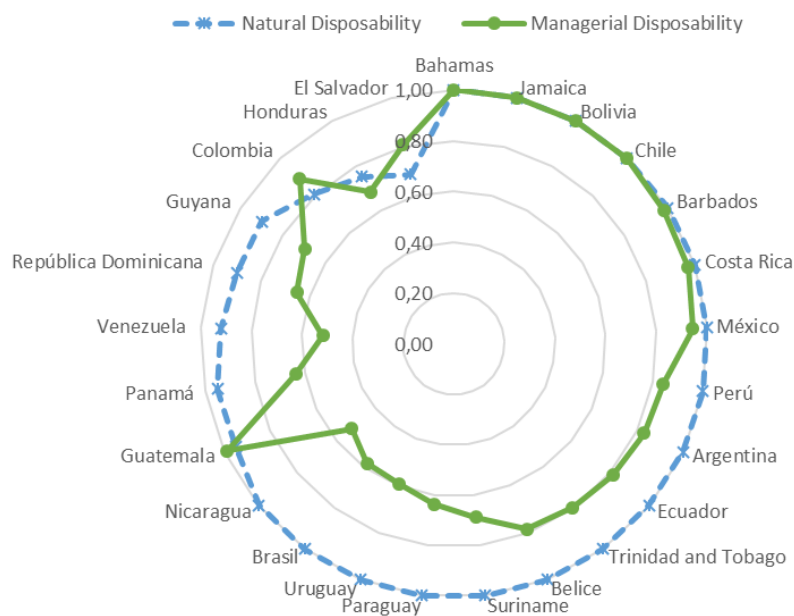
País	Managerial Efficiency													Media
	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012		
<i>América Central</i>														
Belice	0,9033	0,6883	0,5499	0,9987	0,8989	0,8995	0,8211	0,8670	0,8388	0,6378	0,7207	0,5987	0,7852	
Costa Rica	0,9559	1,0000	0,9938	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9812	0,9376	1,0000	0,8059	0,9729	
El Salvador	0,9295	0,8392	0,8340	0,8815	0,8236	0,7339	0,7281	0,7304	0,7322	0,7384	0,9216	0,8095	0,8085	
Guatemala	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9238	1,0000	0,9534	0,9898	
Honduras	0,8727	0,7343	0,6139	0,6915	0,6991	0,7637	0,7709	0,6982	0,5953	0,5751	0,6051	0,5725	0,6827	
México	0,9526	0,9726	0,9480	0,9954	0,9585	0,9415	0,9225	0,9664	0,9386	0,9519	0,8863	0,9137	0,9456	
Nicaragua	0,5686	0,5523	0,5231	0,5591	0,5393	0,5116	0,5109	0,5275	0,5080	0,5152	0,4838	0,4804	0,5233	
Panamá	0,6990	0,6991	0,7021	0,7207	0,7001	0,5965	0,6045	0,6013	0,5788	0,5864	0,5563	0,5765	0,6351	
<i>Caribe</i>														
Bahamas	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
Barbados	1,0000	0,9706	0,9629	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9283	1,0000	0,9241	0,9822	
República Dominicana	0,7696	0,7314	0,7532	0,7353	0,7312	0,6289	0,5718	0,5853	0,5613	0,5327	0,6083	0,6022	0,6509	
Guyana	0,6605	0,7063	0,6555	0,6965	0,7438	0,7508	0,7384	0,6923	0,6979	0,7042	0,6614	0,6491	0,6964	
Jamaica	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
Suriname	0,6487	0,7304	0,6568	0,7144	0,7438	0,7159	0,7523	0,7112	0,6591	0,6474	0,6121	0,6606	0,6877	
Trinidad and Tobago	1,0000	0,6512	0,8498	1,0000	0,9593	0,8832	0,9495	0,6187	0,7511	0,5153	0,8427	0,5444	0,7971	
<i>Comidad Andina</i>														
Bolivia	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
Colombia	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,8027	0,7661	0,7740	0,7661	0,7763	0,8426	0,9400	0,8890	
Ecuador	0,8068	0,8028	0,7894	0,8582	0,8409	0,8003	0,8307	0,8583	0,8306	0,7803	0,7958	0,7693	0,8136	
Perú	0,8973	0,8847	0,8693	0,9124	0,8913	0,8419	0,8058	0,8095	0,7794	0,8158	0,7832	0,8139	0,8420	
Venezuela	0,5672	0,5536	0,5332	0,5428	0,5308	0,4825	0,4746	0,4675	0,4595	0,5623	0,5427	0,4856	0,5169	
<i>Cono Sur</i>														
Argentina	0,7664	0,7649	0,7260	0,7807	0,7984	0,7832	0,8034	0,8348	0,8534	0,9771	0,9293	0,9437	0,8301	
Brasil	0,5953	0,5697	0,5737	0,5813	0,5571	0,5569	0,5809	0,6373	0,6024	0,5618	0,5966	0,5736	0,5822	
Chile	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
Paraguay	0,6262	0,6406	0,5987	0,6858	0,6648	0,6624	0,6410	0,6805	0,6240	0,6384	0,5913	0,5810	0,6362	
Uruguay	0,6749	0,6745	0,6722	0,6629	0,6671	0,5341	0,5325	0,5243	0,5255	0,5508	0,5333	0,5642	0,5930	
<i>LAC: Media</i>	0,8276	0,8034	0,7940	0,8269	0,8195	0,7822	0,7819	0,7703	0,7593	0,7514	0,7736	0,7547	0,7871	
<i>Des. Estandar</i>	0,1662	0,1623	0,1713	0,1663	0,1650	0,1758	0,1795	0,1793	0,1856	0,1859	0,1880	0,1919	0,1676	
<i>América Central</i>	0,8602	0,8107	0,7706	0,8559	0,8274	0,8058	0,7948	0,7988	0,7716	0,7333	0,7717	0,7138	0,7929	
	0,1488	0,1685	0,1990	0,1754	0,1680	0,1851	0,1785	0,1856	0,1956	0,1809	0,2068	0,1779	0,1709	
<i>Caribe</i>	0,8684	0,8271	0,8397	0,8780	0,8826	0,8541	0,8589	0,8011	0,8099	0,7611	0,8178	0,7686	0,8306	
	0,1686	0,1551	0,1536	0,1525	0,1346	0,1556	0,1714	0,1908	0,1866	0,2125	0,1875	0,1980	0,1593	
<i>Comunidad Andina</i>	0,8543	0,8482	0,8384	0,8627	0,8526	0,7855	0,7754	0,7818	0,7671	0,7869	0,7929	0,8018	0,8123	
	0,1796	0,1846	0,1928	0,1888	0,1928	0,1881	0,1904	0,1956	0,1956	0,1556	0,1644	0,1997	0,1798	
<i>Cono Sur</i>	0,7325	0,7299	0,7141	0,7421	0,7375	0,7073	0,7116	0,7354	0,7210	0,7456	0,7301	0,7325	0,7283	
	0,1629	0,1665	0,1708	0,1607	0,1698	0,1911	0,1909	0,1851	0,1982	0,2245	0,2170	0,2195	0,1819	

La figura 1 muestra que los países de ALC en promedio se preocupan, en primer lugar, por obtener altos rendimientos en su producción agrícola y, en segundo lugar, por reducir la contaminación, puesto que la eficiencia bajo *natural disposability* es más uniforme durante el periodo 2000-2012, es decir, adoptan negativamente las regulaciones para la protección del medioambiente. Sin embargo, es destacable que Bahamas, Jamaica, Bolivia y Chile lograron la eficiencia en media bajo *natural disposability*, pero también *managerial disposability*, es decir, estos países adoptan positivamente las regulaciones medioambientales para reducir las emisiones.

De acuerdo con la clasificación de países establecidos por Sain y Ardila (2009) y señalado también por Trigo *et al.* (2013), Brasil, Argentina y Chile tienen una alta capacidad para generar nuevas tecnologías hacia afuera, así como también tienen alta capacidad para adoptar las tecnologías que vienen de afuera.

En base a esta clasificación Chile sobresale ya que alcanza la eficiencia en los dos tipos de estrategias. Respecto a este país, Moreno-Moreno *et al.* (2015) concluyeron que alcanza la eficiencia medioambiental (1,0) comparado con 19 países de ALC. Ludena y Ryfisch (2015) señalan que Chile lleva varios años promoviendo la adaptación y mitigación al cambio climático. Tiene una estrategia nacional de crecimiento verde en la cual las líneas de acción son la implementación de herramientas de manejo ambiental para crear una agricultura más limpia y sostenible. También, fomenta la eco-innovación, el uso de nuevas tecnologías y la capacitación de profesionales del sector agrícola para una mejor gestión de los recursos naturales (MMA, 2013), concretamente como recoge el Ministerio de Agricultura de Chile (2012) ha introducido energías más limpias, modernizado miles de hectáreas, revisado canales, realizado inversiones en el desarrollo tecnológico del riego.

Fig. 1: Comparación en promedio de *natural* y *managerial disposability* para 25 países de ALC para 2000-2012.



Por otro lado, Jamaica y las Bahamas con una clasificación media y baja, respectivamente, para la de generación y aprovechamiento de las tecnologías (Sain y Ardila, 2009 y Trigo *et al.*, 2013), tienen un desempeño medioambiental en el sector agrícola más alto que países como Argentina y Brasil. Sin embargo, la economía de las Bahamas se basa principalmente en el turismo, siendo la agricultura y la pesca el 3 y el 5% del PIB, respectivamente. La

contribución a las emisiones de este país es casi insignificante, si bien reconoce la necesidad urgente de adaptación al cambio climático (FCCC, 2015). También tiene una larga historia de preocupación ambiental en la región del Caribe (BEST, 2001). El enfoque del Gobierno para lograr la sostenibilidad ambiental es una estrategia de desarrollo sostenible a través de leyes, políticas y directrices, convenios con instituciones internacionales para la gestión ambiental (BEST, 2005).

Aunque la contribución de la agricultura al PIB de Jamaica representa el 5% y ha estado disminuyendo constantemente durante las últimas dos décadas, su contribución en el empleo supone un 20%. Jamaica está considerado uno de los países a los que más ha afectado el cambio climático y los agricultores reconocen la necesidad de estrategias para reducir los riesgos de sequía, inundaciones, deslizamientos de tierra y vientos fuertes asociados con huracanes (Selvaraju, 2013). Además, aprobó, en 2004, una estrategia de producción más limpia y consumo sostenible, que ha sido incorporada como plan nacional de acción medioambiental.

Bolivia, con una clasificación baja, según Sain y Ardila (2009) y Trigo *et al.* (2013), para la generación y aprovechamiento de las tecnologías, tiene un buen desempeño bajo *natural y managerial disposability*. Este país, tiene un extenso territorio con abundancia de recursos naturales, una amplia diversidad biológica, abundante agua y recursos minerales. La agricultura supone una parte considerable en el PIB (13,5), a lo que hay que añadir que el 15% de territorio nacional se identifica como área protegida. También, tiene las mayores reservas forestales del mundo certificadas en el marco del manejo sostenible. Su patrimonio natural se encuentra conservado y cuenta con reglamentaciones adecuadas con una sociedad civil atenta a los problemas medioambientales. Cuenta con leyes medioambientales enfocadas al desarrollo sostenible (Comisión Europea, 2007 y CAF, 2013). Las emisiones de GEI de Bolivia son mínimas, aun así tiene la intención de reducir las, con medidas de adaptación y mitigación incorporadas al plan de cambio climático que promueve conservación del medioambiente para el desarrollo sostenible y financiadas por su fondo plurinacional de la Madre Tierra (Ludena *et al.*, 2014). Por último, Bolivia es uno de los países de ALC con mayor potencial de crecimiento verde (Rovira *et al.*, 2017).

Es importante señalar que muchos de países de ALC evaluados en este estudio tienen acceso a tecnología agrícola para la protección del medioambiente (IICA, 2013, ECLAC *et al.*, 2014). Sin embargo, la mayoría de los países evaluados no logran la máxima eficiencia en los modelos de este estudio. Además, hay muchos tipos de estrategias que conforman mejores

prácticas agrícolas (agrosilvicultura, agricultura de conservación y conservación del suelo) que ya existen en diferentes regiones y que son utilizadas en diferentes niveles de intensidad por parte de los agricultores para conciliar su productividad agrícola y su desempeño ambiental (McCarthy, 2014, World Bank *et al.*, 2014).

Por último, es interesante observar que de acuerdo con la clasificación de países de ALC establecidos por Sain y Ardila (2009) y Trigo *et al.* (2013), los países con alta capacidad de articular y aprovechar procesos de desarrollo tecnológicos no son los que tiene mejor desempeño medioambiental en el sector agrícola. No obstante, hay excepciones como Bahamas y Bolivia con bajo nivel de desarrollo tecnológico, tienen un mejor desempeño que países como Argentina, Brasil y México. Sin embargo, este estudio no realiza un análisis para medir la relación que existe entre el grado de I+D+i en el sector agrícola y la eficiencia medioambiental, por lo que resulta interesante realizar una extensión de este trabajo para llegar a una comprensión más amplia del desempeño medioambiental.

Media del Índice de Malmquist bajo natural disposability periodo 2000-2012.

En este apartado, se presenta los resultados correspondientes a los cambios de productividad en el sector agrícola para 25 países de ALC mediante la estimación del índice de Malmquist bajo *natural disposability*. Se ha realizado comparado periodo de dos años considerando cruce en la frontera de eficiencia. Los resultados se resumen en la Tabla 5 y la Figura 2.

El primer resultado destacable es que la Comunidad Andina es la que tiene el mayor índice la productividad (1,12) con una tasa media anual de crecimiento de (0,73) entre el 2000-2012. Cabe resaltar que, Colombia (1,40), Ecuador (1,12) y Venezuela (1,10) presenten los índices mayores en productividad. Además, los dos primeros son los que han crecido a una tasa media anual mayor (1,21%) y (1,57%), respectivamente. En segundo lugar, América Central exhibe un índice de productividad (1,10) con una tasa media anual de crecimiento de (0,46%). Aquí, los países con mayor índice son El Salvador (1,17), Guatemala (1,17), Honduras (1,14) y México (1,29). Siendo Guatemala y Honduras los que tienen una tasa media anual de crecimiento del progreso tecnológico de (1,6%) y (2,7%), respectivamente, por el contrario, El Salvador y México tienen tasa media negativas de (-0,2%) y (0,7%), respectivamente.

Los grupos que han presentado menor índice de productividad en el sector agrícola son el Caribe (1,06) y el Cono Sur (1,08). Además, sus tasas medias anuales de crecimiento del progreso tecnológico son negativas, donde el Cono Sur ha experimentado un retroceso en un -0,66%, seguido por el Caribe con -0,22%. Es importante señalar que Brasil (1,2) y Chile

(1,15) son los países que muestran el mayor índice de la productividad en el Cono Sur, con una tasa media anual de crecimiento de -2,99% y -0,09%, respectivamente. Asimismo, la República Dominicana (1,28) es el que tiene el mejor índice, pero con una tasa media anual de crecimiento negativa en -1,02%.

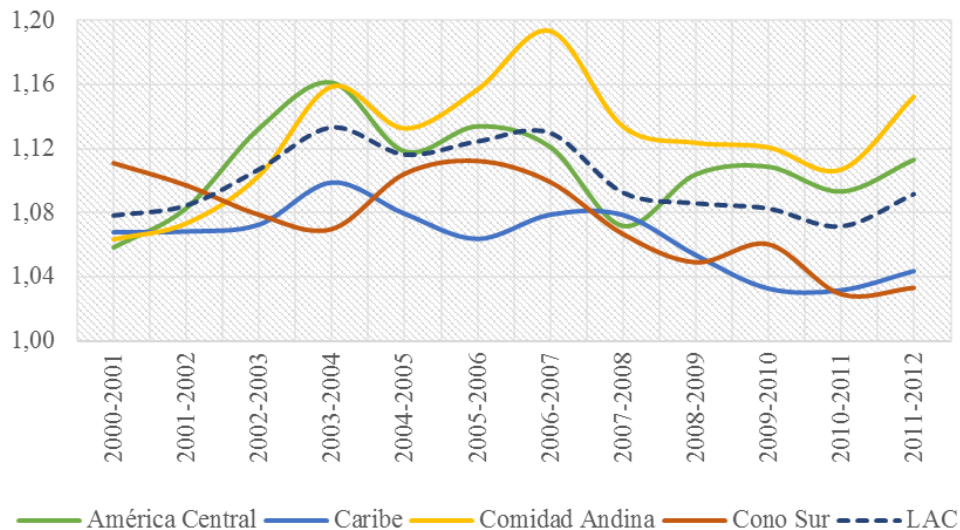
Tabla 5: Índice de Malmquist bajo *natural disposability* para 25 países de ALC para el periodo 2000-2012.

País	Índice de Malmquist Natural												Media
	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	
<i>América Central</i>													
Belize	1,0124	1,0486	1,0159	1,0683	1,0157	1,0000	1,0000	1,0000	1,0939	1,1008	1,0000	1,0293	1,0321
Costa Rica	1,0000	1,0000	1,0030	1,0000	1,0000	1,0043	1,0043	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0010
El Salvador	1,0833	1,1470	1,2381	1,2894	1,2276	1,2859	1,2808	1,1550	1,1053	1,1090	1,0722	1,0805	1,1728
Guatemala	1,0482	1,1025	1,1577	1,1845	1,2124	1,2650	1,2471	1,1610	1,1241	1,1353	1,1887	1,2142	1,1701
Honduras	1,0047	1,0151	1,1783	1,2596	1,1010	1,0833	1,0356	1,0239	1,2057	1,2278	1,2030	1,3444	1,1402
México	1,2969	1,2866	1,3309	1,3863	1,3251	1,4106	1,3990	1,2283	1,1875	1,1867	1,2154	1,2003	1,2878
Nicaragua	1,0006	1,0000	1,0000	1,0000	1,0360	1,0190	1,0000	1,0057	1,0346	1,0000	1,0008	1,0000	1,0081
Panamá	1,0198	1,0621	1,1351	1,0992	1,0264	1,0012	1,0000	1,0000	1,0786	1,1085	1,0648	1,0344	1,0525
<i>Caribe</i>													
Bahamas	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0764	1,0000	1,0000	1,0064
Barbados	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0491	1,0064	1,0000	1,0350	1,0142	1,0000	1,0000	1,0048	1,0091
República Dominicana	1,2890	1,3290	1,2994	1,5413	1,3632	1,2724	1,3853	1,3026	1,2329	1,1255	1,1104	1,1510	1,2835
Guyana	1,0041	1,0462	1,0615	1,0020	1,0206	1,0651	1,0902	1,1359	1,0703	1,0161	1,0832	1,1475	1,0619
Jamaica	1,1711	1,1027	1,1424	1,1503	1,0832	1,1013	1,0300	1,0018	1,0000	1,0082	1,0154	1,0001	1,0672
Suriname	1,0000	1,0000	1,0049	1,0000	1,0402	1,0000	1,0302	1,0000	1,0000	1,0000	1,0099	1,0000	1,0071
Trinidad and Tobago	1,0101	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0162	1,0754	1,0568	1,0000	1,0000	1,0000	1,0132
<i>Comidad Andina</i>													
Bolivia	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0010	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0218	1,0000	1,0000	1,0019
Colombia	1,2341	1,2606	1,3656	1,4068	1,4138	1,5834	1,5924	1,3827	1,3723	1,3740	1,3747	1,4646	1,4021
Ecuador	1,0080	1,0647	1,1029	1,3025	1,1503	1,0838	1,2127	1,1470	1,1055	1,0423	1,0441	1,1503	1,1178
Perú	1,0128	1,0017	1,0026	1,0011	1,0118	1,0345	1,0205	1,0294	1,0093	1,0072	1,0000	1,0097	1,0117
Venezuela	1,0635	1,0410	1,0456	1,0836	1,0870	1,0827	1,1416	1,1108	1,1317	1,1594	1,1166	1,1380	1,1001
<i>Cono Sur</i>													
Argentina	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0226	1,0000	1,0000	1,0279	1,0042
Brasil	1,4283	1,3629	1,2844	1,2375	1,3027	1,3411	1,2794	1,1390	1,0652	1,0645	1,0363	1,0231	1,2137
Chile	1,1234	1,0999	1,1097	1,1121	1,2059	1,2081	1,2049	1,1952	1,1583	1,1484	1,1104	1,1119	1,1490
Paraguay	1,0000	1,0116	1,0000	1,0000	1,0022	1,0123	1,0000	1,0000	1,0000	1,0892	1,0000	1,0039	1,0099
Uruguay	1,0032	1,0111	1,0000	1,0000	1,0109	1,0000	1,0121	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0031
<i>LAC: Media</i>	1,0783	1,0846	1,1069	1,1329	1,1161	1,1242	1,1295	1,0925	1,0859	1,0826	1,0716	1,0916	1,0997
<i>Des. Estandar</i>	0,1220	0,1149	0,1227	0,1633	0,1321	0,1620	0,1666	0,1090	0,0957	0,0942	0,0962	0,1235	0,1125
<i>América Central</i>													
	1,0582	1,0827	1,1324	1,1609	1,1180	1,1337	1,1209	1,0717	1,1037	1,1085	1,0931	1,1129	1,1081
	0,1006	0,0971	0,1202	0,1423	0,1216	0,1625	0,1619	0,0937	0,0698	0,0799	0,0951	0,1260	0,1012
<i>Caribe</i>													
	1,0678	1,0683	1,0726	1,0991	1,0795	1,0636	1,0788	1,0787	1,0534	1,0323	1,0313	1,0433	1,0641
	0,1160	0,1213	0,1132	0,2028	0,1285	0,1003	0,1386	0,1108	0,0843	0,0493	0,0458	0,0724	0,1003
<i>Comunidad Andina</i>													
	1,0637	1,0736	1,1033	1,1588	1,1328	1,1569	1,1934	1,1340	1,1238	1,1209	1,1071	1,1525	1,1267
	0,0985	0,1080	0,1524	0,1857	0,1684	0,2410	0,2396	0,1512	0,1505	0,1537	0,1570	0,1879	0,1623
<i>Cono Sur</i>													
	1,1110	1,0971	1,0788	1,0699	1,1043	1,1123	1,0993	1,0668	1,0492	1,0604	1,0294	1,0333	1,0760
	0,1851	0,1540	0,1243	0,1055	0,1411	0,1555	0,1332	0,0936	0,0665	0,0630	0,0480	0,0455	0,0989

En la Figura 2, el índice de Malmquist bajo *natural disposability* muestra que el desempeño medioambiental de ALC en el sector agrícola se debe a las ganancias en productividad. Nin-Pratt *et al.* (2015) obtienen iguales resultados. Además, los resultados muestran que el índice de Malmquist es de (1,09) en promedio con una tasa media anual de crecimiento de (0,11%). También, se observa que la Comunidad Andina es la que tiene mayor índice de productividad

a partir del periodo 2001-2002, seguido por América Central, luego se ubica el Cono Sur que ha venido presentando retroceso en la productividad al igual que El Caribe.

Fig. 2: Comparación del índice de Malmquist bajo *natural disposability* para 2000-2012.



Media del Índice de Malmquist bajo managerial disposability período 2000-20012.

De igual manera que en el apartado anterior se ha considerado periodo de dos años, con cruce en la frontera de eficiencia. Los resultados se resumen en la Tabla 6 y la Figura 3.

Los mejores en productividad bajo *managerial disposability* son El Caribe y América Central con el mayor índice Malmquist de (1,02) y una tasa media de crecimiento anual de (0,3%) durante el periodo 2000-2012, respectivamente. Es interesante observar que Bahamas es la que tiene el mayor índice (1,06) con una tasa media anual de crecimiento de (1,06%) siendo así el que presenta el mejor desempeño en El Caribe. En América Central el mayor índice lo exhibe Belice (1,05), seguido por El Salvador y Costa Rica. Aquí, resalta que Costa Rica es que tiene mayor tasa media anual de crecimiento de la productividad (0,83%) durante el periodo 2000-2012.

Por otro lado, la Comunidad Andina y el Cono Sur, son los que tienen más bajo índice de Malmquist bajo *managerial disposability* (1,02). Se puede observar que la Comunidad Andina tiene una tasa media anual de crecimiento de la productividad de (0,07%). Además, Brasil es quien muestra el mejor resultado con un índice de 1.02 y una tasa media de crecimiento anual de 0,12%, por el contrario, Chile es el que tiene el índice más bajo 1,002.

En la Comunidad Andina, Ecuador y Bolivia presentan el mayor índice (1,02), aunque Bolivia tiene una tasa media de crecimiento de la productividad de -0,02%.

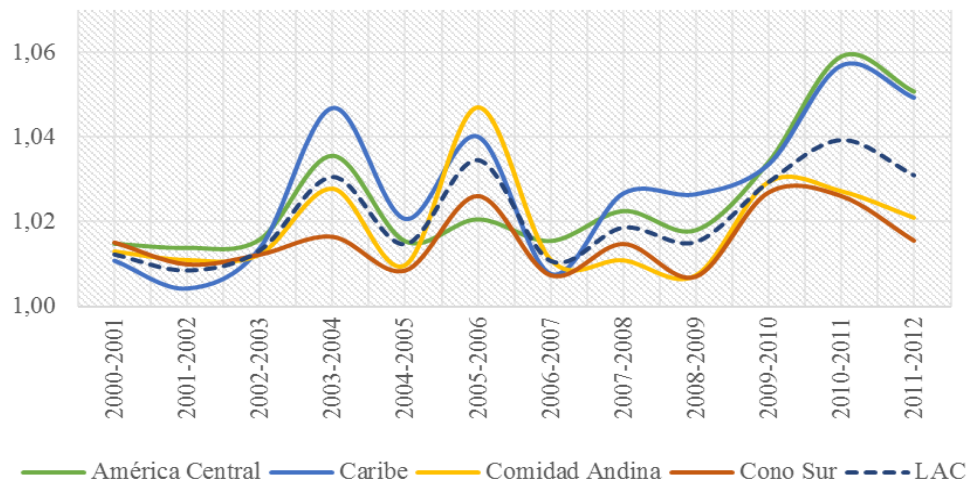
Tabla 6: Índice de Malmquist bajo *managerial disposability* para 25 países de ALC para 2000-2012.

País	Índice de Malmquist Managerial												Media
	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	
<i>América Central</i>													
Belize	1,0414	1,0340	1,0372	1,0894	1,0204	1,0177	1,0035	1,0388	1,0455	1,0561	1,1379	1,1132	1,0529
Costa Rica	1,0138	1,0181	1,0067	1,0436	1,0028	1,0000	1,0214	1,0305	1,0083	1,0604	1,0979	1,1102	1,0345
El Salvador	1,0161	1,0311	1,0229	1,0516	1,0429	1,0240	1,0197	1,0190	1,0284	1,0381	1,0658	1,0632	1,0352
Guatemala	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0024	1,0152	1,0033	1,0181	1,0334	1,0445	1,0477	1,0137
Honduras	1,0186	1,0079	1,0293	1,0405	1,0300	1,0169	1,0365	1,0362	1,0202	1,0412	1,0601	1,0462	1,0320
México	1,0097	1,0099	1,0124	1,0243	1,0102	1,0104	1,0063	1,0187	1,0078	1,0147	1,0241	1,0075	1,0130
Nicaragua	1,0087	1,0087	1,0114	1,0244	1,0095	1,0064	1,0045	1,0193	1,0075	1,0138	1,0252	1,0054	1,0120
Panamá	1,0106	1,0014	1,0070	1,0116	1,0078	1,0875	1,0170	1,0150	1,0089	1,0157	1,0179	1,0135	1,0178
<i>Caribe</i>													
Bahamas	1,0101	1,0000	1,0003	1,1965	1,1017	1,0181	1,0000	1,0695	1,0723	1,0767	1,1501	1,1340	1,0691
Barbados	1,0113	1,0045	1,0206	1,0091	1,0000	1,0113	1,0184	1,0148	1,0041	1,0440	1,0593	1,0487	1,0205
República Dominicana	1,0047	1,0029	1,0094	1,0153	1,0081	1,0804	1,0140	1,0274	1,0240	1,0297	1,0501	1,0541	1,0267
Guyana	1,0133	1,0128	1,0098	1,0265	1,0088	1,0018	1,0036	1,0149	1,0077	1,0284	1,0292	1,0127	1,0141
Jamaica	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,1109	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0087	1,0100
Suriname	1,0044	1,0033	1,0079	1,0303	1,0101	1,0018	1,0016	1,0215	1,0084	1,0027	1,0210	1,0007	1,0095
Trinidad and Tobago	1,0320	1,0062	1,0484	1,0507	1,0163	1,0566	1,0165	1,0388	1,0692	1,0536	1,0889	1,0866	1,0470
<i>Comidad Andina</i>													
Bolivia	1,0298	1,0230	1,0141	1,0409	1,0041	1,0021	1,0037	1,0007	1,0031	1,0647	1,0383	1,0271	1,0210
Colombia	1,0000	1,0000	1,0045	1,0021	1,0000	1,1112	1,0182	1,0101	1,0066	1,0121	1,0108	1,0194	1,0163
Ecuador	1,0094	1,0124	1,0129	1,0542	1,0254	1,0232	1,0088	1,0169	1,0096	1,0228	1,0453	1,0246	1,0221
Perú	1,0145	1,0171	1,0225	1,0285	1,0107	1,0388	1,0093	1,0133	1,0089	1,0230	1,0201	1,0189	1,0188
Venezuela	1,0109	1,0021	1,0074	1,0132	1,0084	1,0597	1,0151	1,0132	1,0082	1,0243	1,0215	1,0146	1,0165
<i>Cono Sur</i>													
Argentina	1,0186	1,0115	1,0120	1,0211	1,0122	1,0074	1,0055	1,0118	1,0061	1,0356	1,0298	1,0148	1,0155
Brasil	1,0207	1,0157	1,0208	1,0262	1,0144	1,0157	1,0104	1,0295	1,0147	1,0451	1,0405	1,0343	1,0240
Chile	1,0000	1,0000	1,0045	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0115	1,0000	1,0014	1,0131	1,0000	1,0025
Paraguay	1,0239	1,0190	1,0163	1,0272	1,0111	1,0070	1,0040	1,0127	1,0083	1,0314	1,0306	1,0101	1,0168
Uruguay	1,0123	1,0033	1,0075	1,0078	1,0045	1,1005	1,0167	1,0083	1,0060	1,0214	1,0167	1,0185	1,0186
<i>LAC: Media</i>	1,0122	1,0084	1,0131	1,0305	1,0146	1,0345	1,0106	1,0185	1,0151	1,0293	1,0393	1,0309	1,0214
<i>Des. Estandar</i>	0,0090	0,0084	0,0109	0,0398	0,0216	0,0382	0,0087	0,0148	0,0189	0,0194	0,0318	0,0315	0,0140
<i>América Central</i>	1,0149	1,0139	1,0159	1,0357	1,0155	1,0206	1,0155	1,0226	1,0181	1,0342	1,0592	1,0509	1,0264
	0,0121	0,0128	0,0127	0,0276	0,0147	0,0282	0,0110	0,0118	0,0134	0,0184	0,0415	0,0430	0,0146
<i>Caribe</i>	1,0108	1,0043	1,0138	1,0469	1,0207	1,0401	1,0077	1,0267	1,0265	1,0336	1,0569	1,0494	1,0281
	0,0104	0,0044	0,0168	0,0680	0,0362	0,0431	0,0082	0,0224	0,0311	0,0274	0,0501	0,0482	0,0222
<i>Comunidad Andina</i>	1,0129	1,0109	1,0123	1,0278	1,0097	1,0470	1,0110	1,0109	1,0073	1,0294	1,0272	1,0209	1,0189
	0,0109	0,0098	0,0069	0,0209	0,0097	0,0416	0,0057	0,0062	0,0026	0,0204	0,0142	0,0050	0,0026
<i>Cono Sur</i>	1,0151	1,0099	1,0122	1,0165	1,0084	1,0261	1,0073	1,0148	1,0070	1,0270	1,0261	1,0155	1,0155
	0,0095	0,0081	0,0066	0,0120	0,0060	0,0420	0,0064	0,0084	0,0053	0,0166	0,0112	0,0126	0,0079

En la Figura 3, el índice de Malmquist bajo *managerial disposability* muestra que el desempeño medioambiental de ALC en el sector agrícola se debe a las ganancias en productividad por los progresos tecnológicos, Nin-Pratt *et al.* (2015) obtienen iguales resultados. Además, los resultados muestran que el índice de Malmquist es de 1,02 en promedio con una tasa media anual de crecimiento de 0,17%. También, se observa que El Caribe es el que tiene mayores ganancias de productividad desde 2002-2003, junto con

América Central, aunque durante del 2004-2006 presentó un retroceso en estas ganancias. La Comunidad Andina y El Cono Sur desde el 2002-2003 se mantiene por debajo de la media de ALC, si bien se tiene que resaltar que durante el 2005-2006 la Comunidad Andina un avance mayor.

Fig. 3: Comparación del índice de Malmquist bajo *managerial disposability* para 2000-2012.



5.- Conclusiones

La estimación del desempeño medioambiental de 25 de ALC se realizó utilizando la metodología DEA e incorporando el índice de Malmquist para el periodo 2000-2012. Esta medición ha resultado interesante en varios aspectos. Primero, ha permitido estimar la eficiencia relativa bajo el supuesto de *natural disposability*. Segundo, mide la eficiencia relativa bajo el supuesto de *managerial disposability*. En tercer lugar, el índice de Malmquist determina los cambios de productividad (progreso tecnológico) de cada país bajo ambas fronteras de eficiencia.

Los resultados muestran que el Cono Sur es quien tiene el mejor desempeño medioambiental bajo *natural disposability* con una eficiencia máxima de (1,00). Le sigue El Caribe con (0,97), luego la Comunidad Andina con (0,95) y por último América Central (0,92). Por el contrario, en la frontera de eficiencia bajo *managerial disposability* ninguno de los grupos alcanza la eficiencia máxima (1,00). Sin embargo, el grado de eficiencia más alto lo presenta El Caribe con (0,83), le sigue la Comunidad Andina con (0,81), luego Central América con (0,79) y por última, el Cono Sur con (0,72). Además, se puede observar que los países de ALC, en promedio, tienen la eficiencia natural siempre por encima (0,95) de la eficiencia

managerial (0,78). Esto quiere decir que se preocupan en primer lugar por obtener altos rendimientos en la producción agrícola y después, por la contaminación.

Por último, el índice de Malmquist ha revelado que la eficiencia media bajo *natural disposability* en los países de ALC se debe a las ganancias en productividad durante el periodo 2000-2012. No obstante, se ha observado que la Comunidad Andina y América Central son los que tienen índices mayores de (1,13) y (1,11), respectivamente. Asimismo, ha revelado que la eficiencia media bajo *managerial disposability* también se debe a la productividad del sector agrícola. Aquí, El Caribe y América Central son los que tienen el mayor índice (1,3). Por último, se observa que el índice de Malmquist bajo *natural disposability*, es siempre mayor que el índice bajo *managerial disposability* durante el periodo 2000-2012.

Finalmente, estos resultados son importantes para las políticas económicas del sector agrícola y sugieren la necesidad de más transferencia de tecnología e inversión en investigación agrícola. También, se recomienda que la DEA se utilice para estudios futuros que evalúen la eficiencia en la agricultura de estos países y que permitan medir la eficiencia relativa concentrándose en las outputs deseables e indeseables.

Agradecimientos

Esta investigación es financiada por la IFHARU y SENACYT del Gobierno panameño. Además, está parcialmente financiado por los proyectos del Ministerio de Economía y Competitividad, HERMES (TIN2013-46801-C4-1-r), Simon (P11-TIC-8052) y Context-Learning (P11-TIC-7124)) Del Consejo de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía. Agradecimiento al PhD. Carlos E. Ludena, Economista, Especialista en Cambio Climático como asesor de este trabajo de investigación. Además, Nin-Pratt *et al.* (2015) del Banco Interamericano de Desarrollo por su colaboración con parte de los datos utilizados en este estudio. Por último, reconocemos los fondos recibidos del proyecto SEJ 132 de la Junta de Andalucía y del Departamento de Economía, Energía y Medio Ambiente de la Universidad de Sevilla y de la Fundación Roger Torné.

Referencias

Alston, J. M., Pardey, P. G. (2014). Agriculture in the global economy. *The Journal of Economic Perspectives*, 28(1): 121-146.

- Avila, A. F., Evenson, R.E. (2010). Total factor productivity growth in agriculture: The role of technological capital. *Handbook of Agricultural Economics*, 4 pp. 3769-3822.
- Banker, R. D., Charnes, A., W.W. Cooper (1984). Some Models for the estimation of technical and scale efficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9): 1078-1092.
- BEST (2001). First national communication on Climate Change, Bahamas. Disponible en: [http://www.best.gov.bs/Documents/FNC main doc.pdf](http://www.best.gov.bs/Documents/FNC_main_doc.pdf) [acceso noviembre, 2016].
- BEST (2005). The Bahamas State of the Environment Report GEO Bahamas 2005, Bahamas. Disponible en: [http://www.best.gov.bs/Documents/GEO Bahamas 2005 Report %28webfile%29.pdf](http://www.best.gov.bs/Documents/GEO_Bahamas_2005_Report%28webfile%29.pdf) [acceso noviembre, 2016].
- Bharati, P., Fulginiti, L. (2007). Institutions and agricultural productivity in Mercosur. Document presented at the 19th international seminar of economic policy and economic development institutions, Federal University of Viços, Minas Gerais, Brazil, Octubre, 2007.
- CAF (Development Bank of Latin America) (2013). Climate change adaptation program. Available at <http://publicaciones.caf.com/media/37041/cambio-climatico.pdf> [accessed November, 2016].
- CAIT Climate Data Explorer (2017). World Resources Institute (WRI)-Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) 2.0. Disponible en: <http://cait2.wri.org> [acceso Febrero 14, 2017].
- Charnes, A., Cooper W.W., Rhodes E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.
- CMNUCC (La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) (2016). Paris Agreement - Status of Ratification. En línea: http://unfccc.int/paris_agreement/items/9444.php [acceso Marzo, 2017].
- Coelli, T.J., Rao, DS P. (2005). Total factor productivity growth in agriculture: a Malmquist Index analysis of 93 countries, 1980-2000. *The Journal of the International Association of Agricultural Economists*, 32(1), pp. 115-134.
- Comisión Europea (2007). Bolivia documento de estrategia de País. Disponible en: http://eeas.europa.eu/archives/docs/bolivia/csp/07_13_es.pdf [acceso marzo, 2017].
- Dios-Palomares, R., Alcaide, D., Pérez, J. D., Bello, M. J., Prieto, A., Zúniga, C. A. (2014). The environmental efficiency using data envelopment analysis: Empirical methods and evidences. Ibero-American programme for science, technology and development Ibero-American network of bioeconomics and climate change. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262181442_42_The_Environmental_Efficiency_using_Data_Envelopment_Analysis_Empirical_methods_and_evidences [acceso Septiembre, 2016].
- ECLAC, FAO, IICA. (2014). The Outlook for Agriculture and Rural Development in the Americas: A Perspective on Latin America and the Caribbean 2014. Available at <http://www.fao.org/americas/recursos/perspectivas/en/>, 02-5-2016.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2014a). Informe temático: Alimentar a las personas, nutrir al planeta. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/userupload/post2015/14_themes_Issue_Papers/EN/12.Sustainable_agriculture_web.pdf [acceso Junio, 2014].
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), (2014b). Políticas agroambientales en América Latina y el Caribe, Análisis de casos de Brasil, Chile,

- Colombia, México y Nicaragua. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/i3523s/i3523s.pdf> [acceso Enero, 2015].
- FAOSTAT (2016). Free access data base about the development indexes of countries around the world: 2012. Available at <http://www.fao.org/statistics/es/>, 02-5-2016.
- FCCC (2015). Intended nationally determined contribution (INDC) under the united nations framework convention on climate change. Disponible en: <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published Documents/Bahamas/1/Bahamas INDC Submission.pdf> [acceso noviembre, 2016].
- FMI (Fondo Monetario Internacional) (2016). Perspectivas económicas Las Américas. América Latina y El Caribe: ¿Se prolongará el actual frente frío? Departamento de Hemisferio Occidental. En Washington, D.C. (Edt): 7, octubre 2016.
- Fuglie, K. (2010). Total factor productivity in the global agricultural economy: Evidence from FAO data. *The Shifting Patterns of Agricultural Production and Productivity Worldwide*, pp. 63-95.
- Fuglie, K. O., Wang, S. L., Ball, V. E. (2012). Productivity growth in agriculture: an international perspective. CABI.
- Gollin, D., Lagakos, D., Waugh, M. E. (2014). Agricultural productivity differences across countries. *The American Economic Review*, 104(5): 165-170.
- Halkos, G. E., Tzeremes, N. G. (2014). Measuring the effect of Kyoto protocol agreement on countries' environmental efficiency in CO2 emissions: an application of conditional full frontiers. *Journal of Productivity Analysis*, 41(3), 367-382.
- Headey, D., Mohammad, A., Rao, DS P. (2010). Explaining agricultural productivity growth: an international perspective. *Agricultural Economics*, 41, pp. 1-14.
- Hutchinson, S.D. (2007). Agricultural productivity changes in the Caribbean: Challenges for Trade. Document presented at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, COSBAE Organized Symposium, Portland, Oregon, 29 de Julio al 1 de Agosto.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – Inter-American Institute of Cooperation for Agriculture) (2013). Annual Report. Available at <http://scm.oas.org/pdfs/2014/CP32384S.pdf>, 02-05-2016.
- IPCC (2014). Summary for policymakers. In *Climate Change 2014: Mitigation of climate change. Contribution of working group III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kudaligama, V.P., Yanagida, J.F. (2000). A comparison of intercountry agricultural production functions: A frontier function approach. *Journal of Economic Development*, 25 (1), pp. 57-74.
- Lal, R., (2013). Food security in a changing climate. *Ecology & Hydrobiology*, 13(1), pp. 8-21.
- Liu, J. S., Lu, L.Y.Y., Lu, W.M., Lin, B.J.Y. (2013). Data envelopment analysis 1978-2010: A citation-based literature survey. *Omega*, 41: 3-15.
- Ludena, C, Sánchez-Aragón, L., de Miguel, C., Martínez, K., Pereira, M. (2014). La economía del cambio climático en el Estado Plurinacional de Bolivia 2014. Banco

- Interamericano de Desarrollo y Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Disponible en: <http://www.cepal.org/es/publicaciones/37280-la-economia-cambio-climatico-estado-plurinacional-bolivia>. [acceso marzo, 2017].
- Ludena, C. E. (2010). Agricultural productivity growth, efficiency change and technical progress in Latin America and the Caribbean. IDB Work document serial No. IDB-WP-186, Mayo. Washington, D.C: Inter-American Development Bank, Department of Research and Chief Economist.
- Ludena, C. E., Ryfisch, D. (2015). Chile: mitigation and adaptation to climate change. Inter-American Development Bank, IDB technical note No. 859, Washington DC, USA.
- Martín-Retortillo, M., Pinilla, V., Velazco, J., Willebald, H. (2014). The Growth of the Latin American Agricultural Production: A Comparative Analysis of Its Causes in the Second Half of the Twentieth Century. Document presented at the Sixth International Congress of the AEHE, Colegio Universitario Nacional de Estudios Financieros (CUNEF) (National College of Financial Studies), Madrid, del 4 al 5 de Septiembre.
- McCarthy, N. (2014). Climate-smart agriculture in Latin America: Drawing on research to incorporate technologies to adapt to climate change. Inter-American Development Bank, IDB IDB technical note No. 622, Washington D.C, USA.
- Mekonnen, D. K., Spielman, D. J., Fonsah, E. G., Dorfman, J. H. (2015). Innovation systems and technical efficiency in developing-country agriculture. *Agricultural Economics*, 46(5): 689-702.
- Ministerio de Agricultura de Chile (2012). Public accounts. Available at <http://www.minagri.gob.cl/wp-content/uploads/2012/11/2012.11.27-Cuenta-P%C3%BAblica-2012-v5-FINAL.pdf>, 02-05-2016.
- MMA (Ministerio de Medioambiente de Chile) (2013). Available at National strategy for green growth. Disponible en: http://www.mma.gob.cl/1304/articles-55866_Estrategia_Nacional_Crecimiento_Verde.pdf, 02-05-2016 [acceso noviembre, 2016].
- Moreno-Moreno, J.J., Morente, F.V., Díaz, M.T.S. (2016). Assessment of the operational and environmental efficiency of agriculture in Latin America and the Caribbean. *Agricultural Economics* (In review).
- Nin, A., Arndt, C., Preckel, P.V. (2003). Is agricultural productivity in developing countries really shrinking? New evidence using a modified nonparametric approach. *Journal of Development Economics*, 71, pp. 395-415.
- Nin-Pratt, A., Falconi, C., Ludena, C.E., Martel, P. (2015). Productivity and the performance of agriculture in Latin America and the Caribbean: from the lost decade to the commodity boom. Inter-American Development Bank, Working Paper No. 608 (IDB-WP-608), Washington DC, USA.
- Pfeiffer, L. M. (2003). Agricultural productivity growth in the Andean Community. *American Journal of Agricultural Economics*, 85(5): 1335-1341.
- Rao, D.S. P., Coelli, T.J. (2004). Catch-up and convergence in global agricultural productivity, 1980-2000. *Indian Economic Review*, 39(1), pp. 123-148.
- Rovira, S., Patiño, J., Schaper, M. (2017). Ecoinnovación y producción verde: Una revisión sobre las políticas de América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Disponible en: <http://www.cepal.org/es/publicaciones/40968-ecoinnovacion-produccion-verde-revision-politicas-america-latina-caribe> [acceso marzo, 2017].

- Sain, G., Ardila, J. (2009). Temas y oportunidades para la investigación agropecuaria en América Latina y Caribe, Foro PROCISUR de Prospección, PROCISUR, IICA, Montevideo, Uruguay, 15 de Noviembre de 2009.
- Sánchez, L., Reyes, O. (2015). Measures of adaptation and mitigation to climate change in Latin America and the Caribbean, Santiago, Chile. Disponible en: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39781/S1501265_es.pdf?sequence=1 (acceso Diciembre, 2016).
- Sanz-Díaz, M.T., Velasco, F.; Yñiguez, R. Díaz-Calleja, E. (2017). An analysis of Spain's global and environmental efficiency from a European Union perspective. Energy Policy. Forthcoming.
- Selvaraju, R. (2013). Climate Change and Agriculture in Jamaica Agriculture Sector Support Analysis. Climate, Energy and Tenure Division (NRC), FAO, Rome, Italy. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3417e.pdf> [acceso marzo, 2017].
- Sueyoshi, T. y Goto, M. (2015). DEA environmental assessment in time horizon: Radial approach for Malmquist index measurement on petroleum companies. Energy Economics, 51, 329-345.
- Sueyoshi, T., Goto, M., (2013). DEA environmental assessment in a time horizon: Malmquist index on fuel mix, electricity and CO₂ of industrial nations. Energy Economics, 40: 370-382.
- Trigo, E., Mateo, N., Falconi, C. (2013). Innovación agropecuaria en América Latina y el Caribe: Escenarios y mecanismos institucionales. Inter-American Development Bank.
- Trindade, F.J., Fulginiti, L.E. (2015). Is there a slowdown in agricultural productivity growth in South America? Agricultural Economics, 46: 69-81.
- Trueblood, M. A., Coggins, J. (2003). Intercountry agricultural efficiency and productivity: A Malmquist Index approach [Working paper]. World Bank, Washington, DC.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) (2013). "Time Series – Annex I." Bonn: UNFCCC. Disponible en: http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/time_series_annex_i/items/3814.php [acceso Febrero 14, 2017].
- World Bank, CIAT, CATIE (2014). Climate-smart agriculture country profiles: Latin America and the Caribbean. Available from: <https://ccafs.cgiar.org/publications/climate-smart-agriculture-country-profiles-latin-america-and-caribbean> (accessed November, 2016).
- Zhou, P., Ang, B. W., Poh, K. L. (2008). A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. European Journal of Operational Research, 189(1): 1-18.