



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

**SECOND NATIONAL CONGRESS OF RURAL DEVELOPMENT**  
**18-19 November 2010**  
**Consumption Ozone-Depleting Substances Impact in Central American GDAP:**  
**An Input Oriented Malmquist DEA Index**  
**Carlos Alberto Zuniga González\***

© Copyright 2010 by [Zuniga González, Carlos Alberto]. All rights reserved. Reader may make verbatim copies of this document for non-commercial purpose by any means, provided that this copyright notice appears on all such copies.

---

**Abstract**

This study measures the impact of consumption Ozone-Depleting Substances (ODS) on the Gross Domestic Agricultural Product (GDAP) of the Central American Countries.

The methodology used is a non-parametric program under Data Envelopment Analyze (DEA) with the Malmquist indices methods. The DEA methodology permits define the technology bound or performance. It discomposes the total factor productivity (TFP) in technical efficiency change, technological change, pure technical efficiency change and the scale efficiency change. A panel data was made with the CEPAL economic and environment statistics. Both periods was used 1995-2006 and 2007-2008.

The TFP index summary showed that the performance was decreased to 15.4 % by unit in the GDAP change mean, during 1995-2006 periods. This effect was associated over the policy measures that they were taken by your respective governments for producing with less consumption ozone depleting substances. This situation was improved on the second period that was increased to 33.4 %. Costa Rica, Cuba, y Nicaragua were taken as a performance benchmarking of Central American economy.

On the other hand, the technical efficiency to variable scale return evidenced that the Central American countries were technical inefficiency to constants scale return and Nicaragua only was efficiency to variable scale return.

JEL Classification: Q51, O47.

Keyword: Malmquist DEA Index, GDAP, ODS, hydrochlorofluorocabons (HCFCs), methyl bromide (Methyl Bromide), chlorofluorocarbons (CFCs)

---

\* Corresponding author: Tel (505) 311-0080 e-mail: [czuniga@unanleon.edu.ni](mailto:czuniga@unanleon.edu.ni), [czunigagonzales@gmail.com](mailto:czunigagonzales@gmail.com) Present address: Autonomous National University of Nicaragua, León. Medical Campus: Business and Economics Sciences Faculty. [www.unanleon.edu.ni](http://www.unanleon.edu.ni)

**SEGUNDO CONGRESO NACIONAL DE DESARROLLO RURAL  
18-19 Noviembre 2010**

**Impacto del Consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono en el  
PIBA Centroamericano: Un Input orientado del Índice DEA de Malmquist**

**Carlos Alberto Zuniga González\***

© Copyright 2010 by [Zuniga González, Carlos Alberto]. All rights reserved. Reader may make verbatim copies of this document for non-commercial purpose by any means, provided that this copyright notice appears on all such copies.

---

Resumen

Este estudio mide el impacto del consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) en el Producto Interno Bruto Agropecuario (PIAB) de los países centroamericanos.

La metodología utilizada es un programa no-paramétrico de análisis involucrado de datos (DEA) con el método de índices de Malmquist. La metodología DEA permite definir la frontera tecnológica o mejores prácticas. Este método descompone el índice de productividad total de los factores (PTF) en el cambio de la eficiencia técnica, cambio tecnológico, cambio de la eficiencia pura, cambio de la eficiencia a escala. Se usó un panel de con las estadísticas económicas y del medio ambiente de la CEPAL. Se estructuró dos periodos 1995-2006 y 2007-2008.

El resumen del índice de la PTF mostró que las buenas prácticas decrecieron en un 15.4 en promedio por unidad del cambio del PIBA en el periodo 1995-2006. Este efecto es asociado con las medidas de política que fueron tomadas por los respectivos gobiernos para producir con menos consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono. Esta situación se mejoró en el segundo periodo con un 33.4 % de incremento. Los países que se destacaron como referentes de la economía centroamericana fueron Costa Rica, Cuba y Nicaragua.

Por otro lado, la eficiencia técnica a rendimientos de escala variable evidenció que los países centroamericanos tuvieron ineficiencia técnica a rendimientos de escala constante, y solamente Nicaragua se mantuvo eficiente con rendimientos de escala variable y constante.

JEL Classification: Q51, O47.

Keyword: Malmquist DEA Index, PIAB, SAO, hydrochlorofluorocabons (HCFCs), methyl bromide (Methyl Bromide), chlorofluorocarbons (CFCs)

---

\* Corresponding author: Tel (505) 311-0080 e-mail: [czuniga@unanleon.edu.ni](mailto:czuniga@unanleon.edu.ni), [czunigagonzales@gmail.com](mailto:czunigagonzales@gmail.com) Present address: Autonomous National University of Nicaragua, León. Medical Campus: Business and Economics Sciences Faculty. [www.unanleon.edu.ni](http://www.unanleon.edu.ni)

## Introducción

La contaminación del aire tiene un efecto directo en las actividades productivas y por consiguiente en la calidad de vida de las personas. Sus primeras manifestaciones fueron reconocidas oficialmente en Roma con las regulaciones que cubría las actividades de ciertos tratados. Ahora, en el siglo XIX y XX con el incremento de la contaminación en las actividades agrícola y la industria estos efectos se muestran en a) El decrecimiento global de la capa de ozono estratosférica y el incremento del empleo de la radiación ultravioleta en la superficie; b) la ocurrencia de smog en verano sobre la mayoría de la ciudades del mundo, incluyendo los países subdesarrollados; c) El aumento en la atmósfera del efecto invernadero (gases) y aerosoles asociados al cambio climático; d) la lluvia de ácidos y la eutrofización de superficies de agua y otros ecosistemas naturales por la declaración atmosférica; e) Exaltar los niveles de aerosol y foto-oxidantes bebido a quemas de biomásas y otras actividades agrícolas; f) El incremento de finas partículas en regiones de desarrollo industrial y crecimiento poblacional con una asistencia a reducir la visibilidad aumentando los efectos en la salud humana; g) la contaminación del aire por el uso del transporte a regiones de actividad industrial; y h) la aparición persistente de semi – volátil compuesto orgánicos y metal pesado en regiones alejadas de su fuentes de origen.

Muchos de estos cambios en la composición atmosférica tienen efectos adversos en la salud de las personas y los ecosistemas, en el suministro y calidad del agua, y en el crecimiento de los cultivos. Una variedad de medidas moderadas han sido introducidas o consideradas para reducir los efectos. Sin embargo, el continuo crecimiento de las actividades productivas, para mejorar la economía y el alivio de la pobreza, asegura que estos efectos continúen para ser una preocupación de las futuras generaciones.

La contaminación del aire involucra el transporte de contaminantes entre las fuentes de emisión y los sitios de deposición, así como también el transporte de contaminantes químicos en la atmósfera. No solamente los contaminantes y el trazo de contaminantes removidos por los procesos atmosféricos, pueden ser transformados en contaminantes secundarios; un ejemplo aquí es la capa de ozono la cual resulta de la reacción de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos en la presencia de rayos solares. Así, las combinaciones de aire contaminado de la complejidad de la meteorología con que la química atmosférica y mientras tenemos un razonable paisaje completo de la situación, los detalles en los cuales el pronóstico y el análisis depende, están lejos de aclarar.

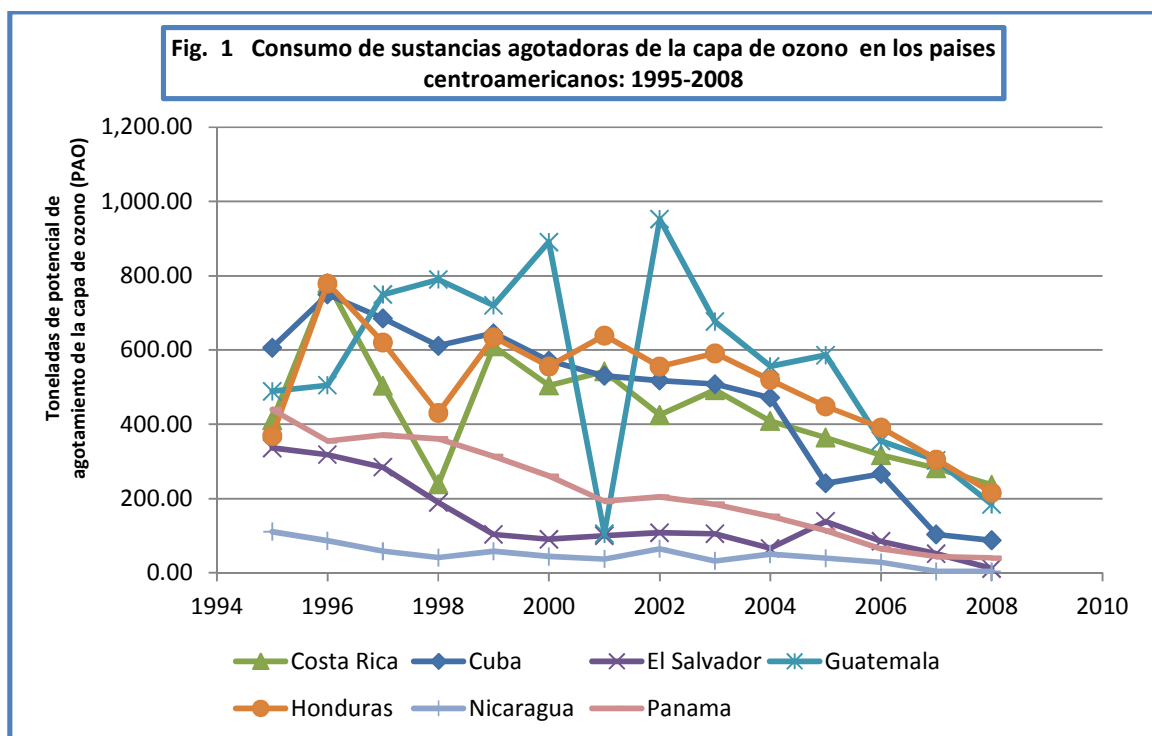
En la figura 1 presentamos el consumo de las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) de los países centroamericanos: Costa Rica, Cuba, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua and Panamá, durante el período 1995.2008. Las SAO<sup>1</sup> en base al

---

<sup>1</sup> Se entenderá como SAO a los compuestos químicos, orgánicos, derivados halogenados de hidrocarburos, en estado gaseoso, que se utilizan como refrigerantes, espumantes, propelentes en aerosoles, disolventes, plaguicidas gaseosos y gases extintores, los cuales son químicamente estables y sus emisiones a la atmósfera destruyen la capa de ozono o lo alteran significativamente (Decreto No 38, diario oficial tomo No 347 Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador, 26 Nov. 1992).

arto. 1 del Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono y el arto. 1 del Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias Agotadoras de la capa de ozono, son: hidro-cloro-fluor-carbonos (HCFCs), como Genetron, Freon, Arcton; bromuro de metilo (Metilbromuro), como Bromogas, metan-sodio, telone, DAZOMET y cloro-fluor-carbonos (CFCs) completamente halogenado, como el Genetron, Freon, Arcton.

Todos los países presentan una tendencia decreciente en el consumo (SAO), así Guatemala es la excepción porque su tendencia fue creciente durante 1995-2000, pero cayó en el año 2001, de ahí se observó una tendencia decreciente. Los países con el más alto consumo de las (SAO) son Cuba, Guatemala, Honduras y Costa Rica. Los países con el consumo más bajo de las (SAO) son El Salvador, Panamá y Nicaragua.



A continuación se presenta el cronograma de eliminación del consumo de las sustancias controladas vigente, el cual establece plazos estrictos para los países desarrollados subdesarrollados (PNUMA: 2005). De acuerdo a los resultados de la Fig. 1 podríamos afirmar que la reducción es congruente con el plan de reducción en los países en vías de desarrollo. De tal manera, que es importante valorar si efectivamente esta reducción ha tenido un impacto positivo en los subsistemas de producción agropecuario. Se trata de valorar el impacto en las economías centroamericanas.

<i>Sustancia</i>	<i>Porcentaje de reducción en países industrializados</i>	<i>Porcentaje de reducción en países en vías de desarrollo</i>
CFC	100 % en 1996	A partir de 1999 el consumo no debe superar el valor promedio de 1995 a 1997 y se requiere 50 % de reducción en 2005, 85 % en 2007 y 100 % en 2010
HCFCs	0 % en 1996, 35 % en 2004, 65 % en 2010, 90 en 2015, 99.5 en 2020 y 100 % en 2030	En 2016 se requiere una reducción de 15 % del consumo de 2015 y el 100 % en 2040.
Bromuro de Metilo	0 % en 1996, 25 % en 1999, 50 % en 2001, 70 % en 2003y 100 % en 2005.	A partir del 2002 el consumo no debe superar el valor promedio de 1995 a 1998 y se requiere: 20 % de reducción en 2005 y 100 % en 2015.

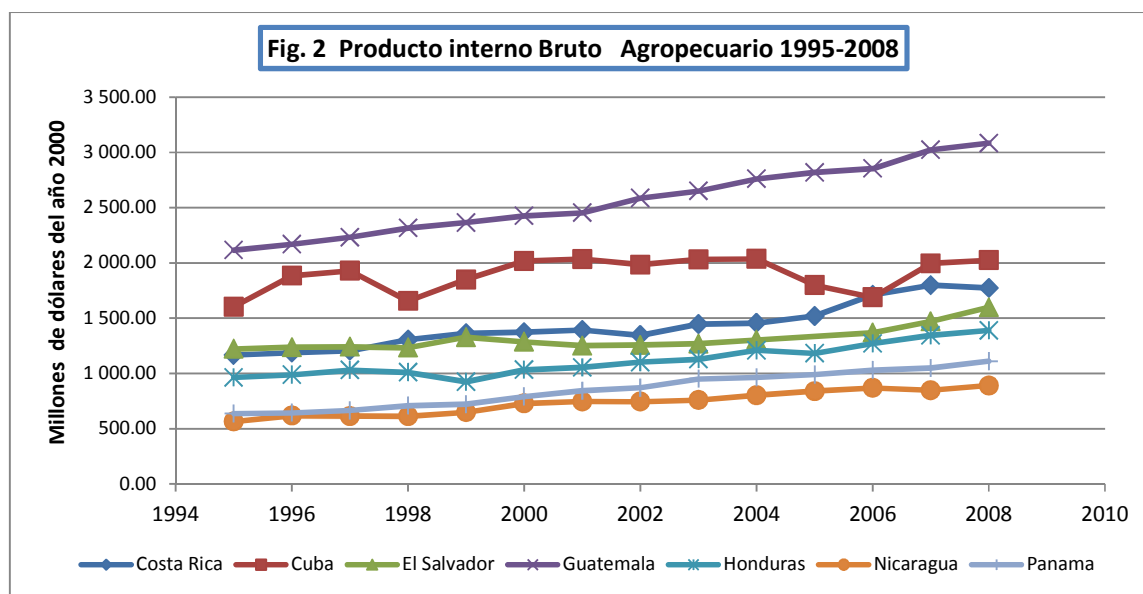
La figura 2 presenta la evolución del PIBA, durante el período 1995-2007. Observamos que el más bajo valor es Nicaragua y el más alto es Guatemala. Todos los países presentaron una tendencia creciente a pesar de la crisis financiera originada en la E.U. El caso de Cuba presentó una leve tendencia al decrecimiento en los años 2004 al 2006.

Comparando las figures 1 y 2 podemos concluir que cuando los países redujeron el consumo de las (SAO), estos incrementan su actividad económica (PIBA). Ahora nos queda pendiente medir la eficiencia y la productividad como un efecto de las medidas tomadas por los gobiernos centroamericanos.

Esta información está se relaciona con el grado de cumplimiento de los acuerdos del Protocolo de Montreal. Los países centroamericanos asumieron un programa progresivo reducción del consumo de las (SAO) durante el período 1999-2010 (Diario Oficial: 1995). Estas medidas de reducción fueron aplicadas por los Ministerios de Recursos Naturales y del Medio Ambiente, con especiales regulaciones acerca del control del consumo de las (SAO) de los respectivos países estudiados. En el caso de Honduras las medidas fueron tomadas por la unidad técnica de la capa de ozono (SERNA: 1993)

Para limitar el uso de las (SAO), organizaron un conjunto de medidas entre las cuales podemos mencionar que fue introducido un sistema de licencias para la importación y exportación de las SAO, con una prohibición en las autoridades aduaneras permitiendo el control de ciertas sustancias controladas. Nuevo equipamiento fueron habilitados en las empresas la cuales previamente usaban SAO en sus procesos tecnológicos. Facilidades del reciclaje fueron también suministrados para reducir el consumo de las SAO. Un sistema de información para el consumo de las SAO fue introducido para procesar y analizar los datos del volumen importando o exportado de los países estudiados. Las reglas para las emisiones permitidas para importar y exportar los productos que contienen SAO fueron

extremadas y también involucraron la producción de SAO de los gobiernos y reparar, mantener y servir los equipos que contienen SAO (PNUMA: 2000).



El estudio está estructurado con una sección para la revisión de la literatura, los datos utilizados se analizaron en la tercera sección, la metodología en la cuarta sección y en la última sección planteamos los resultados y la discusión de esta problemática.

### Revisión de la literatura

La revisión de la literatura la dividimos en dos partes. La primera parte revisó las SAO y en la segunda la metodología de los índices de Malmquist.

El Protocolo de Montreal en cuanto al tema de sustancias agotadoras de la capa de ozono es uno de los acuerdos multilaterales más efectivos actualmente en existencia. Establecido para controlar la producción y consumo de CFCs y otras sustancias químicas agotadoras de la capa de ozono, el Protocolo es un ejemplo de un acuerdo el cual coloca restricciones en los tratados internacionales de interés al medio ambiente global una característica que puede llegar a ser común en los tratados futuros (Brack, 1996).

El protocolo de Montreal relativo al consumo SAO, es un trato internacional. Fue diseñado para proteger la capa de ozono reducir la producción y el consumo de muchas sustancias que son estudiadas como sustancias agotadoras de la capa de ozono. El tratado fue negociado en 1987 y entro en rigor el primero de Enero de 1989. La primera parte de la reunión fue realizada en Helsinki durante Mayo de 1987. De ahí, el documento ha sido revisado en varias ocasiones, Londres en 1990, Nairobi en 1991, Copenhague en 1992, Bangkok en 1993, Viena en 1995, Montreal en 1997, y Beijing en 1999. Si todos los países cumplieran la meta entre los tratados, la capa de ozono se

recuperaría en el año 2050. Debido a los altos niveles de aceptación e implementación, el tratado ha sido considerado como un ejemplo de cooperación.

El tratado se focaliza en las sustancias agotadoras de la capa de ozono. Agotadoras refiere el nivel de reducción de la capa de ozono por la destrucción química. Las SAO son aquellas que contienen cloro y bromuro. Cada grupo de sustancias han establecido un reducido cronograma en su producción y consumo hasta llegar a su parcial eliminación.

Para los países miembros en pleno de la EEA, el consumo y producción de las SAO han bajado marcadamente, particularmente en la primera mitad de los años noventa. Antes del Protocolo de Montreal fue firmado en 1987, la producción de SAO en la EEA sostuvo cerca de 516,616 PAO (por ejemplo potencial agotadora de la capa de ozono) toneladas. En el 2006 la producción fue bajada a 114 PAO toneladas, y en el 2007 fue baja a niveles negativos. Los números negativos son posibles porque la producción está definida bajo el Artículo 1(5) del Protocolo de Montreal como mínima producción la cantidad mínima destruida, la cantidad enteramente usada como reserva en la manufactura de otros químicos. Además, la producción calculada puede ser negativa si las cantidades destruidas y las reservas exceden la producción. El consumo es definido como la producción más importaciones menos exportaciones, el consumo de las SAO pueden ser negativas.

Globalmente, La UNEP evalúa en síntesis el protocolo de Montreal sobre las SAO mostrando clara evidencia de un decrecimiento en la carga atmosférica de SAO en la más baja atmósfera y la estratósfera, como también algunas tempranas señales de un comienzo de la esperada recuperación de la capa de ozono estratosférica (UNEP: 2006).

La síntesis de evaluación de la UNEP es soportada por los tres reportes de paneles de evaluación (ejemplo panel científico, panel de efectos ambientales y panel de tecnología y economía). Los paneles son los pilares del régimen de protección de la capa de ozono desde la implementación en 1987 del Protocolo de Montreal (ejemplo el tratado de la UNEP para proteger la capa de ozono de la tierra). De acuerdo a las conclusiones de los paneles, hay un número de opciones disponible para retornar a los pre niveles de los 1980 (el período usado como punto de referencia para la global recuperación de la capa de ozono). Estos incluyen: 1) acelerada fase fuera de hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), y control estricto de aplicaciones bromuro de metilo (Metilbromuro), y 2) inmediata recolección y destrucción, en orden de importancia, de alógenos y clorofluorocarbonos (CFCs).

También hay una relación entre la SAO y el cambio climático. De acuerdo al panel de los efectos del medio ambiente de la Evaluación Científica de la UNEP 2006 bajo el Protocolo de Montreal, la SAO también influye el cambio climático desde el ozono y la composición química responsable de su desgaste que son gases activos con efectos invernadero. Aún el calentamiento debido a las SAO y el enfriamiento asociada con el desgaste de la capa de ozono son mecanismos distintivos forzando el clima que no simplemente compensa uno y



otro. El panel concluye que los gases de bromuro contribuyen mucho más a enfriar que a calentar, mientras que CFCs y HCFCs contribuyen más a calentar que a enfriar. CFCs y HCFCs contribuyen solamente a calentar (PNUMA: 2005).

Internacionalmente los esfuerzos por salvaguardar el clima de la tierra (UNFCCC y su protocolo de Kioto) y la protección de la capa de ozono (Protocolo de Montreal) pueden ser mutuamente comprensivos. HCFCs daña la capa de ozono aunque menos que CFCs y contribuye al calentamiento global. Fueron planeados como sustitutos para la fase del 2030 para los países desarrollados y en 2040 por los países sub desarrollados. Sin embargo, Las concentraciones de HCFCs continúan incrementando en la atmósfera. En 2007, los gobiernos de los países desarrollados y subdesarrollados acordaron congelar la producción de HCFCs en los países subdesarrollados para el 2013 y contribuir con la fecha de la fase final de estos químicos por diez años tanto en los países desarrollados como en los subdesarrollados (Montreal/Nairobi, 22 Septiembre 2007). Esto puede ser visto como un acuerdo histórico para hacer frente a los riesgos de protección de la capa de ozono y combatir el cambio climático al mismo tiempo.

En los Unión Europea, la comisión europea presentó una propuesta para enmendar la regulación No 2037/2000 en sustancia que agota la capa de ozono. La propuesta remueve absoluta provisiones y procedimientos, reportes racionales obliga y brinda además la producción fase-fuera de HCFCs de 2025 a 2020. También introduce enmiendas para cumplir y prevenir los tratados ilegales o use SAO en la Unión Europea, Además, la propuesta resalta la actual provisión en la recuperación y destrucción de SAO contenidos en productos y equipos. Hay también, una lista de nuevas sustancias para la cual los volúmenes de la producción e importación que tienen que ser reportados. Finalmente, la propuesta reduce la capa de existencia en el uso de metilo de bromuro para garantizar y pre enviar y asegurar una completa fase fuera de tales usos para el 2015, mientras se hace la disponible recaptura de tecnología.

Finalmente, la última investigación de científicos del Centro Espacio Aéreo de Alemania DLR por sus siglas en inglés, muestra la capa de ozono sobre la Antártica fue expandida en 2008 comparada con el 2007. La capa de ozono fue medida en Octubre del 2008 por el sensor atmosférico de SCIAMACHY a bordo del ESA's ENVISAT. El tamaño alcanzo cerca 27 millones de kilómetros cuadrados. Este es aproximadamente 6 veces el territorio de la Unión Europea.

La segunda parte de la revisión de la literatura se focalizo en la metodología para medir el impacto de los efectos del consumo de la SAO en las actividades económicas de los países estudiados.

Relativo a la metodología para analizar impacto del SAO, algunos autores utilizan el enfoque de la matriz input-output como parte de establecer las cuentas nacionales que fue discutido en los años treinta, y fue primeramente implementado en los cuarenta por los Estados Unidos de América. Su fundador fue Wassilyu Leonfief (1936), y su

planteamiento para las cuentas nacionales fue desagregado, centrándose en como las industrias comercian entre sí, y como se intercambian las inter-industrias influyendo sobre la demanda agregada para la fuerza de trabajo y el capital en una economía.

Usando el análisis del álgebra lineal y el input-output permite todas las actividades económicas para ser relacionadas a la demanda final. Por supuesto, la demanda final, suma la producción de los sectores del Producto Interno Bruto Domestico, una de las fundamentales medidas de las cuentas nacionales. La matriz Input-Output puede ser usada para el análisis de varios sectores dentro y fuera del gobierno. El uso de la matriz Input-Output es particularmente importante para analizar el ajuste de la estructura en la industria (Miller and Blair: 1985; Proops et al: 1993)

El análisis Input-Output fue aplicado para determinar la emisión directa e indirecta de los diferentes sectores (Argüelles and Benavides: 2006)

La moderna medición de la eficiencia comenzó con Farrell (1957) y Lovell (1993) quienes retomaron el trabajo de Debreu (1951) y Koopmans (1951) para definir una simple medida de eficiencia de una empresa (firma), la cual pudo contabilizar múltiples inputs. Farrell propuso que la eficiencia de una empresa consiste de dos componentes: eficiencia técnica, la cual refleja la habilidad de una empresa para obtener el máximo output de un conjunto de inputs dados (Isocuanta) y la eficiencia asignativa, la cual refleja la habilidad de una empresa para usar los inputs en proporciones optimas, dados los respectivos precios (Isocostos). La combinación de ambas medidas suministra la eficiencia económica total.

La medida de Input orientado conduce a responder ¿Cuánto pueden reducirse las cantidades en toneladas métricas de las SAO, sin alterar la producción del PIBA?

El análisis de datos envolventes es un enfoque de programación matemática no paramétrica para estimar frontera. Este enfoque fue planteado en los trabajos de Boles (1966), y Afriat (1972), sin embargo es hasta los trabajos de Charnes, Cooper y Rhodes (1978) que adoptan el método de análisis de datos envolventes, (DEA por sus siglas en inglés). Estos autores propusieron un modelo en el cual tuvo un input orientado y asumió rendimientos de escala constantes. Posteriormente otros artículos han considerado un conjunto de variaciones, tales como Banker, Charnes y Cooper (1984), quienes propusieron rendimientos de escala variables.

La metodología DEA permite definir la frontera tecnológica, o mejores prácticas, es decir la máxima cantidad de PIAB posible dados el consumo de SAO (Inputs), a partir de las consideraciones observadas las sustancias definidas anteriormente. La propuesta DEA combina la utilización de índices Malmquist de cambios en la productividad a través del

tiempo. Estos índices descomponen el crecimiento de la productividad total de los factores en dos componentes: cambios en la eficiencia técnica y cambios en la tecnología, a través del tiempo, identificando así lo que se denomina "catchig up" (eficiencia, por un lado e innovación (tecnología) por el otro (Lanteri: 2007).

La metodología DEA utiliza lo que se denomina, en la literatura, 'funciones distancia, que representan la inversa de la medición original de Farrell (1957) de eficiencia técnica. Esta metodología utiliza solamente información de cantidades, tanto de los productos como de los insumos empleados.

Los índices Malmquist fueron introducidos originalmente en el ámbito de la teoría del consumo (Malmquist, 1953). Esta propuesta fue posteriormente aplicada a la medición de la productividad, por Caves, Christensen y Diewert (1982), en un contexto de funciones de producción, y por Fare, Grosskopf, Lindgren y Roos (1989), en un contexto (DEA) no paramétrico. Los índices de productividad Malmquist han sido aplicados en varios estudios, entre ellos: Hjalmarsson y Veiderpass (1992), Bjurek y Hjalmarsson (1995) y Grifell-Tatjé y Lovell (1995).

## **Datos**

Se utilizó las bases de datos de la CEPAL en la sección de publicaciones estadísticas e indicadores del medio ambiente, Estadísticas Económicas. De la cual se construyó el panel de datos con seis países centroamericanos: Costa Rica, Cuba, El Salvador, Guatemala, Nicaragua and Panamá. Cada país incluye el producto interno bruto agropecuario (PIAB) precios de mercado constante del año 2000 medidos en millones de dólares. Los sectores incluidos en el PIAB son el agrícola, pecuario y forestal. Los datos del Input son los volúmenes medidos en toneladas de hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), bromuro de metilo (Metilbromuro), y clorofluorocarbonos (CFCs). Se organizaron dos período uno de 1995 al 2006 que en el caso de Nicaragua implica las medidas de los gobierno neoliberales y el período de 2007 al 2008 que refleja las medidas del nuevo gobierno de reconciliación y unidad nacional.

La tecnología referida en el estudio indica las medidas que de acuerdo al Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal, los Ministerios del Medio Ambiente aplican reglamentos ministeriales en cada uno de los países estudiados para controlar el consumo de las SAO. Nuestro planteamiento fue justificado considerando que los productores(as) utilizan SAO en los procesos productivos, como en el caso del bromuro de metilo que es un desinfectante de suelos ampliamente usado en cultivos de exportación, tales como flores de corte y melones. La tecnología representa las alternativas utilizadas por los

productores para no utilizar SAO como solarización, bio-compost, biofumigación) y otras medidas amigables con el medio ambiente.

### **Metodología**

La metodología de análisis de datos involucrados (DEA) utiliza el método no paramétrico de programación matemática (lineal). Para determinar la distancia entre los puntos de producción y la frontera tecnológica, se empleó, una versión de la metodología DEA con orientación hacia el insumo (SAO), bajo retornos a escala variable, que involucra métodos no paramétricos de programación. Esta metodología hace posible estimar los índices Malmquist de cambios de la productividad, a través del tiempo a efectos de determinar las mejores prácticas tecnológicas (Alam y Morrison: 2000).

Bajo retornos constantes a escala, el componente de cambios en eficiencia podría descomponerse en cambios en la eficiencia de escala y en cambios en la eficiencia pura (cambios de eficiencia = cambios de eficiencia pura \* cambios de eficiencia de escala). El cambio en la eficiencia pura mide el cambio en la eficiencia técnica bajo el supuesto de una tecnología con retornos variable a escala, mientras que el cambio en la eficiencia de escala indica el cambio en la eficiencia debido a movimientos hacia o fuera del punto de escala óptima, de tal manera que las economías que son demasiado pequeñas, o demasiado grandes, respecto al tamaño óptimo de su industria, serían escala ineficientes (Fulginiti et. al: 1997; Piesse y Thirtle: 1977).

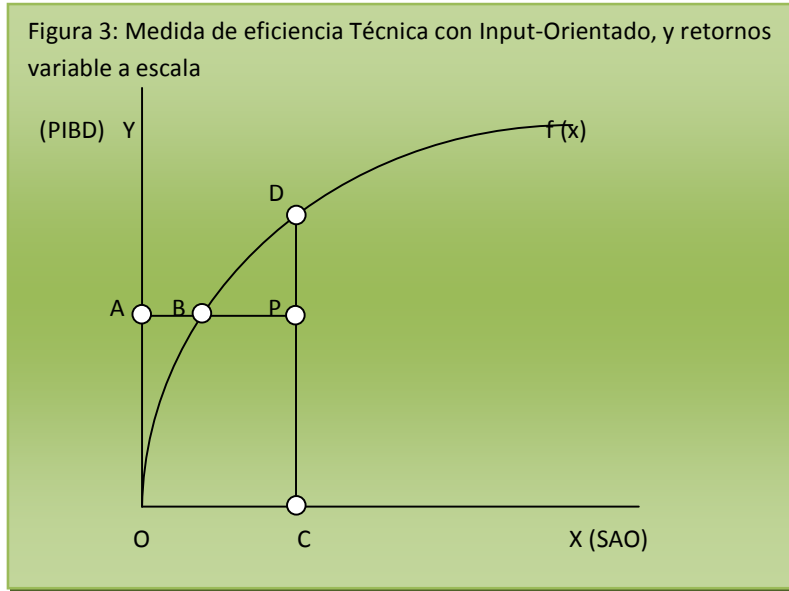
La metodología considerada en el trabajo permite estimar la frontera tecnológica, a partir de los datos involucrados en el panel de datos. Los puntos sobre la frontera reflejan los períodos durante los cuales la economía utiliza los recursos disponibles en la forma más eficientemente técnicamente.

Se utilizó el método DEA de los índices de Malmquist en panel de dato, el que permite calcular la descomposición de la productividad total de los factores en (PTF), el cambio tecnológico, el cambio de la eficiencia pura, el cambio de la eficiencia a escala y el cambio de la eficiencia técnica (Fare Grosskopf, Norris and Zhang: 1994).

La problemática a investigar es cuánto pueden ser reducidas las cantidades en toneladas de sustancias agotadoras de la capa de ozono sin variar las cantidades producidas del producto interno agropecuario bruto (Medidas Orientada al SAO de la eficiencia técnica).

La figura 3 ilustra la medida de la eficiencia técnica con input orientado a retornos de escala variable de los cambios tecnológicos. En nuestro caso consideramos una reducción del consumo de las SAO representado por  $F(x)$ , los países operando en el punto P son ineficientes, porque están por debajo de su punto distancia o frontera tecnológica

definido por el punto R. La gráfica con los datos estudiados puede revisarla en los anexos, fig 4.



La medida de eficiencia técnica para reducir las SAO de acuerdo a Farrell debería ser igual a  $AB/AP$ . El Input Orientado medirá solamente si existe una medida equivalente si se mide la eficiencia técnica a retornos de escala constante, pero será desigual cuando los retornos a escala creciente y decreciente están presentes (Fare and Lovell: 1978). En nuestro estudio corresponde a la segunda situación.

Se utilizó el DEA el índice de Malmquist y la programación lineal para estimar el cambio de la productividad del PIBA y descomponer esta cambio en la productividad en cambio tecnológica y cambio de la eficiencia técnica Fare et al (1994) quien especifica un producto orientado (en nuestro caso input orientado) del cambio del índice de Malmquist como en (Grosskopf. 1993):

$$m_0(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[ \frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^t(x_t, y_t)} x \frac{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Esto es el punto de productividad del PIAB  $(x_{t+1}, y_{t+1})$  relativo al punto de PIBA  $(x_t, y_t)$ . Un valor mayor que 1 indicara un crecimiento positivo de PTF en el periodo t al periodo t+1; En realidad, este índice es el promedio geométrico de dos PTF índices de Malmquist. Un índice usa la tecnología para el periodo t (es decir la política de reducir el consumo de las SAO) y el otro para la tecnología del periodo t+1. Para calcular la ec. 1 debemos

calcular las cuatros componentes de las funciones distancias, el cual involucra cuatro problemas de programación lineal (similar al conducido en el cálculo de la eficiencia técnica de Farrell), esto es:

$$\begin{aligned}
 [d_0^t(x_t, y_t)]^{\frac{1}{2}} &= \max_{\phi, \lambda} \phi, \\
 \text{st} \quad & -\phi y_{it} + Y_t \lambda \geq 0, \\
 & x_{it} - X_t \lambda \geq 0, \\
 & \lambda \geq 0,
 \end{aligned} \tag{2}$$

Los tres problemas de PL destacados son simple variantes de esto:

$$\begin{aligned}
 [d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} &= \max_{\phi, \lambda} \phi, \\
 \text{st} \quad & -\phi y_{i,t+1} + Y_{t+1} \lambda \geq 0, \\
 & x_{i,t+1} - X_{t+1} \lambda \geq 0, \\
 & \lambda \geq 0,
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
 [d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} &= \max_{\phi, \lambda} \phi, \\
 \text{st} \quad & -\phi y_{i,t+1} + Y_t \lambda \geq 0, \\
 & x_{i,t+1} - X_t \lambda \geq 0, \\
 & \lambda \geq 0,
 \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
 [d_0^{t+1}(x_t, y_t)]^{-1} &= \max_{\phi, \lambda} \phi, \\
 \text{st} \quad & -\phi y_{it} + Y_{t+1} \lambda \geq 0, \\
 & x_{it} - X_{t+1} \lambda \geq 0, \\
 & \lambda \geq 0,
 \end{aligned} \tag{5}$$

Tome nota que en PL's 4 y 5, donde los puntos de producción son comparados con las tecnologías de tiempos diferentes en diferentes periodos, el parámetro  $\phi$  necesita ser  $\geq 1$ , como fue calculado en la eficiencia de Farrell. El punto puede ubicarse debajo de la línea de producción factible. Esto debería ocurrir más comúnmente en PL 4 donde un punto de producción del periodo t+1 es comparado con la tecnología del periodo t. Si el progreso tecnológico ha ocurrido, entonces un valor de  $\phi < 1$  es posible. Note que también pudo ser posible que ocurriera PL 5 si el progreso técnico ha ocurrido, pero esto es menos probable.

Estos índices fueron estimados con el programa DEAP Versión 2.1 un programa de análisis de datos involucrados (Coelli, 1996).

## **Resultados**

En este trabajo, se estimaron medidas de productividad total de los factores y de sus componentes, para una muestra de siete economías, que incluyen a Costa Rica, Cuba, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá. La muestra utiliza datos anuales, correspondientes al período 1995-2007.

En las estimaciones se considera el PIAB, como medida de valor agregado de los subsectores agrícola, pecuario y forestal, y como input se representa las toneladas de sustancias agotadoras de las capas de ozono consumidas en el proceso productivo del PIAB.

La metodología DEA, utilizada en el trabajo, compara el nivel de performance de cada país con las mejores prácticas tecnológicas (alternativas al no consumo de las SAO y medidas de mitigación al efecto del cambio climático), que tienen lugar durante el período de estudio. De esta forma es posible establecer una frontera tecnológica, a través de los datos de la muestra, que indique la mayor cantidad de producto alcanzable, con los niveles dados de insumo (orientación hacia las SAO). En este sentido, el grado de ineficiencia técnica de cada economía reflejaría la distancia entre los puntos observados y la frontera tecnológica. Un valor del índice de Malmquist, o de cualquier de sus componentes, menor que uno indica un deterioro en la performance, entre dos períodos, mientras que un valor superior a la unidad indica una mejora respecto del período precedente.

Los índices Malmquist permiten descomponer los cambios de productividad en un componente de eficiencia técnica y en otro de progreso tecnológico. Mientras la eficiencia técnica refleja cómo las economías son capaces de emplear la reducción de las SAO (insumos) disponibles a partir de las medidas tomadas por los Ministerios del Medioambiente (tecnología) aplicada en el proceso de producción existente, el desarrollo tecnológico muestra las reducciones del consumo de las SAO que podrían lograrse, de un período a otro, manteniendo el mismo nivel de PIAB (Piesse and Thirtle: 1997).

Los índices de cambio en la productividad Malmquist son estimados para los promedios de los períodos señalados y para cada país. Al restar uno de los números indicados en las tablas, se obtienen las tasas de crecimientos promedios geométricos correspondientes.

La Tabla No 1 presenta el Impacto del consumo de las SAO en la descomposición de la productividad total de los factores. Estimaciones para el periodo 1995-2006 y 2007-2008. Cambios anuales promedios por país.

En la tabla 1, se observó que la productividad de las economías en promedio presentaron deterioro (15 %), sin embargo en el segundo periodo se mostró una mejoría (33 %), durante el primer periodo la productividad no experimento crecimiento durante el período 1995-2006, para ningún país, excepto Nicaragua que se mantuvo en la frontera tecnológica o de buenas prácticas (12 %), mientras el resto de las economías se alejan de esta frontera. El decrecimiento del índice de productividad Malmquist, en promedio geométrico, representó 12% para Costa Rica, 1.2 % Cuba, 6.6 % El Salvador, 16.7 % Guatemala, 45 % Honduras, 29 % Panamá, en el caso de Nicaragua experimento mejoría en sus buenas prácticas con 12 % de incremento. Este deterioro en las economías (performance) se explica como un impacto negativo (28.1 %) en el cambio de la eficiencia técnica a rendimientos de escala constantes, es decir en la adopción "catching up" de la reducción de las SAO en los proceso productivos (Importación de insumos); sin embargo el impacto en la cambio tecnológico fue positivo para cada uno de los países representando 11.7 %. Los cambios tecnológicos y de eficiencia reflejan, respectivamente, la innovación, y el "catching up" hacia la frontera tecnológica. La reducción del consumo de las SAO ha impactado negativamente en la innovación tecnológica, sin embargo ha sido positivo en la asimilación de la mano de obra.

Nicaragua, con un valor de 1.177 PTF para el primer periodo y Costa Rica, Cuba y Nicaragua con valores de 1.032, 80.982 , y 1.05 PTF, respectivamente para el segundo periodo, estos valores representan las economías que establecen la frontera tecnológica centroamericana, o de las mejores prácticas tecnológicas en cuanto a producir con alternativas amigables con el medio ambiente manteniendo los niveles reducidos de consumo de SAO, en este sentido, Costa Rica, Cuba y Nicaragua logran cambios positivos en la productividad, aunque a través del cambio de la eficiencia técnica presentan deterioro, aunque llama la atención que en el segundo periodo solamente Cuba logra un alto "catching up" y Nicaragua se mantiene en el nivel óptimo durante ambos periodos. Para el cambio tecnológico (Innovación) todos los países presentan un cambio positivo en ambos periodo, mientras que el "catching up" del resto de las economías resulta liderado por el progreso tecnológico alcanzado por Cuba y Nicaragua. Estos resultados se ubican en línea con los hallados por Fare et. al., (1994), al considerar una muestra de 17 economías de la O.E.C.D.



Table No 1: Impacto del consumo de las SAO en la descomposición de la productividad total de los factores. Estimaciones para el periodo 1995-2006 y 2007-2008. Cambios anuales promedios por país

País/Período	Cambio de eficiencia		Cambio Tecnológico		Cambio de la eficiencia pura		Cambio de la eficiencia a escala		Indice de Malmquist (PTF)	
	1995-2006	2007-2008	1995-2000	2007-2008	1995-2000	2007-2008	1995-2000	2007-2008	1995-2000	2007-2008
Costa Rica	0.745	0.983	1.177	1.05	0.774	1.032	0.962	0.952	0.876	1.032
Cuba	0.84	77.119	1.177	1.05	0.873	40.491	0.962	1.905	0.988	80.982
El Salvador	0.794	0.797	1.177	1.05	0.825	0.837	0.962	0.952	0.934	0.837
Guatemala	0.708	0.254	1.177	1.05	0.736	0.267	0.962	0.952	0.833	0.267
Honduras	0.468	0.842	1.177	1.05	0.815	0.885	0.574	0.952	0.551	0.885
Nicaragua	1	1	1.177	1.05	1	1	1	1	1.177	1.05
Panamá	0.602	0.412	1.177	1.05	1.091	0.433	0.552	0.952	0.708	0.433
Promedio geométrico	0.719	1.27	1.177	1.05	0.866	1.2	0.83	1.059	0.846	1.334

Nota: Valores superiores a 1 indican mejora, e inferiores a 1 deterioro. Para obtener tasas de crecimiento (%), restar 1 a los valores y multiplicar por 100

En la tabla 2 se presenta el impacto del consumo de las SAO en la descomposición de la convertibilidad de la productividad total de los factores. La convertibilidad de la productividad experimento crecimiento en 1998 (18.7), 1999(27), 2000 (20.5), 2003 (87.7), en el resto de los años decreció. Con respecto al segundo periodo se observó un crecimiento de 33.4 % con respecto al año anterior (2007). Estos aumentos se justifican con el crecimiento del cambio tecnológico 1996 (40.6), 1997(46.5), 1998 (42.6), 2000 (46.6), 2001 (22.5), 2003 (105.5), 2005 (34.4) y 2006 (42.9), en los años 1999, 2002, y 2004 presentaron decrecimiento, por otro lado, el cambio de la eficiencia técnica solamente en los años 1999 (69.8), y 2004 (26.8) experimentaron crecimiento, el resto de los países mostraron decrecimiento. Durante el segundo periodo el crecimiento se justifica tanto por su crecimiento en el "catching up" y la "innovación".

Table No 2: Impacto del consumo de las SAO en la descomposición de la productividad total de los factores. Estimaciones para el periodo de la convertibilidad 1995-2006 y 2007-2008. Cambios anuales promedios todos los países.

País	Cambio de eficiencia		Cambio Tecnológico		Cambio de la eficiencia pura		Cambio de la eficiencia a escala		Indice de Malmquist (PTF)	
	1995-2006	2007-2008	1995-2000	2007-2008	1995-2000	2007-2008	1995-2000	2007-2008	1995-2000	2007-2008
1995 / 2007										
1996 / 2008	0.607	1.27	1.406	1.05	0.762	1.2	0.797	1.059	0.853	1.334
1997 / 2009	0.399		1.465		0.592		0.674		0.584	
1998 / 2010	0.832		1.426		0.519		1.604		1.187	
1999 /2011	1.698		0.748		2.205		0.77		1.27	
2000	0.822		1.466		0.848		0.968		1.205	
2001	0.746		1.226		1.391		0.536		0.914	
2002	0.812		0.572		0.854		0.95		0.464	
2003	0.913		2.055		0.9		1.015		1.877	
2004	1.268		0.673		0.958		1.324		0.853	
2005	0.456		1.344		0.658		0.693		0.613	
2006	0.293		1.429		0.694		0.422		0.419	
Promedio geométrico	0.719	1.27	1.177	1.05	0.866	1.2	0.83	1.059	0.846	1.334

Nota: Valores superiores a 1 indican mejora, e inferiores a 1 deterioro. Para obtener tasas de crecimiento (%), restar 1 a los valores y multiplicar por 100

En la tabla 3 y 4 se muestra las estimaciones de las variaciones de la eficiencia técnica a retornos constantes y variables de escala, durante el período 1995-2006 y 2007-2008.

Valoramos el tamaño de las economías a escala de acuerdo a la escala óptima. Utilizamos el modelo de retornos variables a escala que nos demuestra ineficiencia técnica de todos los países a retornos de escala constantes a excepción de Nicaragua que se mantiene eficiente a rendimientos de escala variables en ambos periodo. Todos los países presentaron en sus economías un tamaño por debajo del tamaño óptimo, sin embargo durante el segundo periodo notamos mejoría a excepción de Guatemala. La última columna de la tabla informa si hubo crecimiento o decrecimiento en la eficiencia técnica para reducir consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono con relación a la distancia del punto de su frontera en la eficiencia técnica a retornos de escala variable, en tal sentido Costa Rica, Cuba, El Salvador y Honduras experimentaron un crecimiento con respecto a la frontera durante el primer periodo, no así en el segundo periodo donde todos los países no indicaron crecimiento con relación al tamaño de las unidades productivas; Guatemala creció en el primer periodo y decreció en el segundo, el caso de Panamá mostro decrecimiento en ambos periodos, y finalmente el caso de Nicaragua no experimento cambio, es decir se mantuvo en el tamaño óptimo tanto a rendimientos de escala constante como a rendimientos de escala variable.

Table No 3: Estimaciones DEA de retornos variables a escala con Input Orientado, período 1995-2007

Pais	ET REC		ET REV		Escala		Tasa de crecimiento/ decrecimiento			
	1995-2006	2007-2008	1995-2006	2007-2008	1995-2006	2007-2008	1995-2006	2007-2008	1995-2006	2007-2008
Costa Rica	0.0002	0	0.172	0.005	0.001	0.000	0.999	1.000	IRE	DRE
Cuba	0.001	0	0.380	0.0815	0.004	0.000	0.996	1.000	IRE	DRE
El Salvador	0.0005	0	0.1843	0.006	0.003	0.000	0.997	1.000	IRE	DRE
Guatemala	0.0002	0.0005	0.1728	0.111	0.001	0.005	0.999	0.995	IRE	DRE
Honduras	0.069	0	0.630	0.0105	0.110	0.000	0.890	1.000	IRE	DRE
Nicaragua	1	1	1	1	1.000	1.000	0.000	0.000	****	****
Panamá	0.237	0.143	0.861	0.183	0.275	0.781	0.725	0.219	DRE	DRE
Promedio	0.1869	0.1634	0.4856	0.1996	0.1991	0.2551				

Nota: Valores superiores a 1 indican mejora, e inferiores a 1 deterioro. Para obtener tasas de crecimiento (%), restar 1 a los valores y multiplicar por 100

Table No 4: Impacto del consumo de las SAO en la Eficiencia técnica. Estimaciones para el periodo 1995-2007. Cambios promedio a rendimientos constantes y variables a escala por todos los países.

Años	Eficiencia técnica a rendimientos de escala contantes relacionada al cambio tecnológico					Eficiencia Tecnica a rendimientos de escala variable (ERREV)		
	t-1		t		t+1			
1995 / 2007	0	0	0.258	0.143	0.183	0.136	0.668	0.183
1996 / 2008	0.288	0.15	0.205	0.143	0.14	0	0.544	0.18
1997	0.246		0.168		0.118		0.491	
1998	0.232		0.163		0.218		0.447	
1999	0.143		0.191		0.13		0.462	
2000	0.25		0.171		0.139		0.527	
2001	0.214		0.175		0.305		0.566	
2002	0.112		0.196		0.095		0.464	
2003	0.359		0.175		0.259		0.498	
2004	0.135		0.2		0.149		0.488	
2005	0.271		0.201		0.141		0.357	
2006	0.204		0.143		0		0.315	
Promedio	0.205	0.075	0.187	0.143	0.156	0.068	0.486	0.1815

Nota: Valores superiores a 1 indican mejora, e inferiores a 1 deterioro. Para obtener tasas de crecimiento (%), restar 1 a los valores y multiplicar por 100

## Conclusiones y discusión

En este trabajo, se analiza el impacto en el PIBA por el consumo de SAO basados en el crecimiento de la productividad total de los factores, y de sus componentes, a través de datos panel, para los casos de la economía de Costa Rica, Cuba, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua y Panamá. A tal efecto, se emplearon datos, de producto interno bruto agropecuario a precios mercados constantes del 2000 en dólares y el consumo en toneladas de las sustancias agotadoras de la capa de ozono, estos datos fueron tomados de las estadísticas económicas de la CEPAL<sup>2</sup>.

El trabajo utiliza una metodología de programación no paramétrica, basada en el análisis de datos involucrados (Data Envelopment Analysis o DEA), que permite computar los índices de Malmquist de cambio de productividad. En este sentido, la metodología utilizada se asemeja a la empleada por Fare, Grosskopt, Norris y Zhang (1994), al analizar varias economías europeas en nuestro caso economías centroamericanas.

Los resultados muestran que Costa Rica, Cuba, y Nicaragua se ubican en la frontera tecnológica centroamericana, en el segundo periodo el resto de países presentan cambios negativos en la productividad durante los periodo estudiado, al analizar las economías centroamericanas, estos resultados coinciden con los hallados por Fare et. al (1994).

La tasa entre el índice de cambio del PIBA y el índice de cambio en toneladas del consumo de SAO se refleja en los índices de Malmquist, en tal sentido las toneladas consumidas por cada unidad del índice de cambio en el PIBA se redujeron 15.4 % en promedio geométrico, durante el primer periodo, mientras creció 33.4 % en el segundo periodo. Los

<sup>2</sup> Para mayor ampliación de las bases de datos puede visitar: <http://websie.eclac.cl/infest/ajax/cepalstat.asp?carpeta=estadisticas>

países que se destacaron son Nicaragua en el primer periodo y Costa Rica, Cuba y Nicaragua en el segundo periodo. Estos resultados encontrados se aproximan a los que surgirían de aplicar la metodología de contabilidad del crecimiento correspondiente a la teoría neoclásica como en la figura 2.

Por otro lado, la eficiencia técnica a retornos variables con el consumo de las SAO orientado del índice de Malmquist revela que los países centroamericanos fueron deficientes a retornos constantes de escala, y solamente Nicaragua fue eficiente a retornos constantes y variables a escala. Esto se interpreta como un cumplimiento efectivo con los acuerdos del Protocolo de Montreal y el convenio de Viena, donde las medidas de los respectivos Ministerios del Medio Ambiente han impactado positivamente en el crecimiento del PIBA, considerando que uno de los efectos del agotamiento de la capa de ozono es que la baja de los rendimientos de los subsistemas productivos (PNUMA: 2005).

## References

- Argüelles, Vélez., Margarita., Benavides, González., Carmen (2006). Determinación del Impacto de la actividad económica regional sobre las emisiones de gases de efecto invernadero en Asturias. Universidad de Oviedo. Revista Asturiana de Economía- RAE No 36 2006.
- Alam S., Morrison A. (2000): "Trade Reform Dynamics and Technical Efficiency: the Peruvian Experience", the World Bank Economic Review. Mayo 2000, Pag. # 309-330.
- Afriat, S.N. (1972): Efficiency Estimation of Production Functions, International Economic Review, 13, 568-598.
- Boles, J.N. (1966): Efficiency Squared – Efficiency Computation of Efficiency Indexes, Proceedings of the 39th Annual Meeting of the Western Farm Economic Association, pp 137-142.
- Bjurek H., Hjalmarsson L (1995): "Productivity in Multiple Output Public Service: a Quadratic Frontier Function and Malmquist Index Approach". Journal of Public Economics. (56). 3. 447-60.
- Brack, Duncan, 1996: International Trade and the Montreal Protocol. Royal Institute of International Affairs, 10 St James's Square, London SW1Y 4 LE (Charity Registration No. 208 223) and Earthscan Publications Ltd, 120 Pentonville Road, London N1 9JN. ISBN 185383 345 2.
- Banker, R.D., Charnes, A, and Cooper, W.W (1984): Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science, 30, 1078-1092.
- Coelli, T., J., 1996. A Guide to DEAP Versión 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. No 8/96 CEPA Working Papers Department of Econometrics; University of New England. Armidale, NSW 2351,. Australia. <http://www.une.edu.au/econometrics/cepawp.htm> ISBN 1 86389 4969 ; ISSN 1327-435X. pp. 10- 46.
- Caves D., Christensen L., Diewerte. (1982). "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity". Econometrica. Noviembre. 1393-414.
- Charnes, A., W.W. Cooper, A. Y Lewin and L.M. Seiford (1995): Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications, Kluwer.

- Debreu, G. (1951): The Coefficient of Resource Utilisation, *Econometrica*, 19, 273-292.
- Dooslittle, Diane, M. 1989: Underestimating Ozone Depletion: The Meandering Road to the Montreal Protocol and Beyond. 16 *Ecology L.Q* 407. Candidate for J.D 1989, School of Law (Boalt Hall), University of California at Berkeley; Certificat D'Etudes Politiques 1986.
- Diario Oficial, 1995. Presidencia de la República El Salvador. Decreto Legislativo No 395 Noviembre (1992). Diario Oficial No 55 del Tomo No 326 del 20 de marzo de 1995. <http://ns.marn.gob.sv/cd1/Legislacion/Reglamentos/sao.htm>
- Fare, R., S. Grosskopf, M. Norris and Z. Zhang (1994); Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Changes in industrialized Countries, *American Economic Review*, 84, 66-83.
- Fare, R., S. Grosskopf, and C.A.K. Lovell (1994): *Production Frontiers*, Cambridge University Press.
- Fare, R., S. Grosskopf, and C.A.K. Lovell, 1978: Measuring the Technical Efficiency of Production. *Journal of Economic Theory*, 19, 150-162.
- Fare R., Grosskopf S., Lindgren B., Roos P (1989): "Productivity Developments in Swedish". Mimeo.
- Farrel, G.D and C.A.K. Lovell (1957): The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society, A CXX*, Part 3, 253-290.
- Fulginitil., Perrin. (1997). "LDC Agriculture: nonparametric Malmquist Productivity Indexes", Paper N° J-16527. Iowa State University.
- Grosskopf, S. 1993. Efficiency and Productivity, in Fried, H.O., C.A.K Lovell and S.S. Schmidt (Eds), *The Measurement of Productive Efficiency*, Oxford University Press, New York, 160-194.
- Hjalmarsson L., Veiderpassa A. (1992): "Productivity in Swedish Electricity Retail Distribution". *Scandinavian Journal of Economics. Supplement. (94)*. 193-205.
- Koopmans, T.C. (1951): An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities, in T.C. Koopmans, Ed., *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph No 13, Wiley, New York.
- Leontief, W. (1936), Quantitative input-output relations in the economic systems of the United States, *Review of Economics and Statistics*, Vol 18, pp.105-125.
- Lovell, C.A.K (1993): Production Frontiers and Productive Efficiency, in Fried, H.O. , C.A.K Lovell and S.S Schmidt (Eds), *The Measurement of Productive Efficiency*, Oxford University Press, New York, 3-67.
- Lanteri, N., Luis (2007): Productividad, desarrollo tecnológico y eficiencia. La Propuesta de los índices Malmquist.
- Malmquist S. (1953): "Index Numbers and Indifference Surfaces". *Trabajos de Estadística. (4)*. 209-42.
- Miller, R.E. and P.D. Blair (1985) *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, done Sept. 16, 1987, 26 I.L.M 1554 (ratified by the United States Mar. 14, 1988, entered into force Jan. 1, 1988).
- Millennium Development Goals Indicators, The official United Nations site for MDG Indicators <http://unstats.un.org/unsd/mdg/SeriesDetail.aspx?srid=753> Series Name: **Consumption of all Ozone-Depleting Substances in ODP metric tons** Goal: Goal 7. Ensure environmental sustainability Target: Target 7.A: Integrate the principles of sustainable development into country policies and programs and reverse the loss of

environmental resources Indicator: Indicator 7.3 Consumption of ozone-depleting substances.

PNUMA: 2000. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Progreso en el cumplimiento con el Protocolo de Montreal para la Protección de la Capa de Ozono en América Latina y el Caribe, al 31 de enero 2000.

PNUMA/ORPALC: 2005. Manual de ciudadanía ambiental global. Capa de ozono. Proyecto de ciudadanía ambiental global. 2005. México D.F. [www.pnuma.org](http://www.pnuma.org)  
<http://www.pnuma.org/ciudadania/index.php>

Proops, J., Faber, M. and Wagenhals, G. (1993): Reducing CO2 Emissions: A Comparative Input-Output Study for Germany and the UK, Springer-Verlag, Heidelberg.  
<http://unstats.un.org/unsd/mdg/SeriesDetail.aspx?srid=753>

Piesse J., Thirtle C. (1997): "Sector-level Efficiency and Productivity in Hungarian Primary, Secondary and Tertiary Industries, 1985-1991". Eastern European Economics. (35). 5-39.

SERNA, 1993: Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente, 1993. Unidad Técnica de Ozono de Honduras.  
<http://www.serna.gob.hn/comunidad/unidades/Documents/Logros%20UTOH%2008.pdf>.

Table No 5: Impacto del consumo de las SAO en la descomposición de la productividad total de los factores. Estimaciones para los periodo 1995-2006 y 2007-2008 Cambios anuales promedios por los países.

País	Cambio de eficiencia		Cambio Tecnológico		Cambio de la eficiencia pura		Cambio de la eficiencia a escala		Índice de Malmquist (PTF)	
	1995-2006	2007-2008	1995-2000	2007-2008	1995-2000	2007-2008	1995-2000	2007-2008	1995-2000	2007-2008
<b>Costa Rica</b>										
1995 / 2007										
1996 / 2008	0.631	0.983	1.406	1.05	0.691	1.032	0.914	0.952	0.888	1.032
1997	0.624		1.465		0.322		1.936		0.914	
1998	0.473		1.426		0.232		2.044		0.675	
1999	1.12		0.748		4.652		0.241		0.837	
2000	0.665		1.466		0.297		2.238		0.975	
2001	0.776		1.226		1.918		0.405		0.951	
2002	1.978		0.572		2.057		0.962		1.131	
2003	0.378		2.055		0.383		0.988		0.777	
2004	1.452		0.673		1.106		1.313		0.977	
2005	0.655		1.344		0.957		0.684		0.88	
2006	0.51		1.429		0.527		0.967		0.729	
<b>Cuba</b>										
1995 / 2007										
1996 / 2008	0.486	77.119	1.406	1.05	0.532	40.491	0.914	1.905	0.683	80.982
1997	0.65		1.465		0.336		1.936		0.953	
1998	0.992		1.426		0.485		2.044		1.415	
1999	1.034		0.748		4.295		0.241		0.773	
2000	65.423		1.466		14.614		4.477		95.939	
2001	0.405		1.226		1		0.405		0.496	
2002	0.032		0.572		0.066		0.481		0.018	
2003	29.964		2.055		15.169		1.975		61.568	
2004	1.313		0.673		1		1.313		0.883	
2005	0.017		1.344		0.049		0.342		0.023	
2006	0.81		1.429		0.837		0.967		1.158	
<b>Guatemala</b>										
1995 / 2007										
1996 / 2008	0.665	0.797	1.406	1.05	0.728	0.837	0.914	0.952	0.935	0.837
1997	0.67		1.465		0.346		1.936		0.982	
1998	0.727		1.426		0.356		2.044		1.037	
1999	0.952		0.748		3.953		0.241		0.712	
2000	0.781		1.466		0.349		2.238		1.146	
2001	0.926		1.226		2.288		0.405		1.135	
2002	1.715		0.572		1.783		0.962		0.981	
2003	0.466		2.055		0.472		0.988		0.958	
2004	1.313		0.673		1		1.313		0.883	
2005	0.614		1.344		0.898		0.684		0.825	
2006	0.547		1.429		0.565		0.967		0.782	
<b>El Salvador</b>										
1995 / 2007										
1996 / 2008	0.484	0.254	1.406	1.05	0.53	0.267	0.914	0.952	0.68	0.267
1997	0.496		1.465		0.256		1.934		0.726	
1998	0.516		1.426		0.253		2.037		0.737	
1999	1.158		0.748		4.789		0.242		0.866	
2000	0.584		1.466		0.261		2.238		0.856	
2001	0.766		1.226		1.892		0.405		0.938	
2002	1.357		0.572		1.41		0.962		0.776	
2003	0.438		2.055		0.444		0.988		0.9	
2004	1.271		0.673		0.968		1.313		0.855	
2005	0.691		1.344		1.01		0.684		0.928	
2006	0.671		1.429		0.693		0.967		0.959	
<b>Honduras</b>										
1995 / 2007										
1996 / 2008	0.345	0.842	1.406	1.05	1	0.885	0.345	0.952	0.485	0.885
1997	0.018		1.465		1		0.018		0.026	
1998	2.044		1.426		1		2.044		2.916	
1999	20.372		0.748		1		20.372		15.237	
2000	0.014		1.466		0.536		0.026		0.021	
2001	0.49		1.226		1.212		0.405		0.601	
2002	0.938		0.572		0.975		0.962		0.536	
2003	0.388		2.055		0.393		0.988		0.798	
2004	0.909		0.673		0.693		1.313		0.612	
2005	0.858		1.344		1.254		0.684		1.152	
2006	0.469		1.429		0.485		0.967		0.67	

Nicaragua	1995-2006	2007-2008	1995-2000	2007-2008	1995-2000	2007-2008	1995-2000	2007-2008	1995-2000	2007-2008
1995 / 2007										
1996 / 2008	1	1	1.406	1.05	1	1	1	1	1.406	1.05
1997	1		1.465		1		1		1.465	
1998	1		1.426		1		1		1.426	
1999	1		0.748		1		1		0.748	
2000	1		1.466		1		1		1.466	
2001	1		1.226		1		1		1.226	
2002	1		0.572		1		1		0.572	
2003	1		2.055		1		1		2.055	
2004	1		0.673		1		1		0.673	
2005	1		1.344		1		1		1.344	
2006	1		1.429		1		1		1.429	

Panama	1995-2006	2007-2008	1995-2000	2007-2008	1995-2000	2007-2008	1995-2000	2007-2008	1995-2000	2007-2008
1995 / 2007										
1996 / 2008	0.891	0.412	1.406	1.05	1.051	0.433	0.848	0.952	1.253	0.433
1997	0.676		1.465		2.665		0.254		0.99	
1998	0.767		1.426		1		0.767		1.094	
1999	1.568		0.748		0.669		2.343		1.173	
2000	0.898		1.466		1.494		0.601		1.317	
2001	1.177		1.226		1		1.177		1.442	
2002	1.701		0.572		1		1.701		0.973	
2003	0.589		2.055		1		0.589		1.211	
2004	1.825		0.673		1		1.825		1.228	
2005	1.028		1.344		1		1.028		1.381	
2006	0.003		1.429		0.927		0.003		0.004	

Nota: Valores superiores a 1 indican mejora, e inferiores a 1 deterioro. Para obtener tasas de crecimiento (%), restar 1 a los valores y multiplicar por 100



Table No 6: Impacto del consumo de las SAO en la Eficiencia técnica. Estimaciones para el periodo 1995-2006 y 2007-2008. Cambios por los países.

Pais	Eficiencia técnica a rendimientos de escala contantes relacionada al cambio tecnológico (EERC)						Eficiencia Tecnica a rendimientos de escala variable (EERV)			
	t-1		t		t+1		1995-2006		2007-2008	
	1995-2006	2007-2008	1995-2006	2007-2008	1995-2006	2007-2008	1995-2006	2007-2008	1995-2006	2007-2008
<b>Costa Rica</b>										
1995 / 2007	0	0	0.001	0	0.001	0	0.666			0.005
1996 / 2008	0.001	0	0.001	0	0.001	0	0.46			0.005
1997	0.001		0		0		0.148			
1998	0		0		0		0.034			
1999	0		0		0		0.16			
2000	0		0		0		0.047			
2001	0		0		0		0.091			
2002	0		0		0		0.187			
2003	0		0		0		0.072			
2004	0		0		0		0.079			
2005	0		0		0		0.076			
2006	0		0		0		0.04			
Promedio	0.0002	0.0000	0.0002	0.0000	0.0002	0.0000	0.172			0.0050
<b>Cuba</b>										
1995 / 2007	0	0	0	0	0	0	0.184			0.004
1996 / 2008	0	0	0	0	0	0	0.098			0.159
1997	0		0		0		0.033			
1998	0		0		0		0.016			
1999	0		0		0		0.068			
2000	0.01		0.007		0.006		1			
2001	0.003		0.003		0.005		1			
2002	0		0		0		0.066			
2003	0.005		0.003		0.004		1			
2004	0.002		0.003		0.003		1			
2005	0		0		0		0.049			
2006	0		0		0		0.041			
Promedio	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.380			0.082
<b>Guatemala</b>										
1995 / 2007	0	0	0.001	0	0.001	0	0.5			0.007
1996 / 2008	0.001	0	0.001	0	0	0	0.364			0.005
1997	0.001		0		0		0.126			
1998	0		0		0		0.045			
1999	0		0		0		0.177			
2000	0		0		0		0.062			
2001	0		0		0		0.142			
2002	0		0		0		0.252			
2003	0		0		0		0.119			
2004	0		0		0		0.119			
2005	0		0		0		0.107			
2006	0		0		0		0.06			
Promedio	0.0002	0.0000	0.0002	0.0000	0.0001	0.0000	0.1728			0.0060
<b>El Salvador</b>										
1995 / 2007	0	0	0.003	0.001	0.002	0.001	0.967			0.175
1996 / 2008	0.002	0	0.002	0	0.001	0	0.512			0.047
1997	0.001		0.001		0.001		0.131			
1998	0.001		0		0.001		0.033			
1999	0		0		0		0.159			
2000	0		0		0		0.042			
2001	0		0		0		0.079			
2002	0		0		0		0.111			
2003	0		0		0		0.049			
2004	0		0		0		0.048			
2005	0		0		0		0.048			
2006	0		0		0		0.033			
Promedio	0.0003	0.0000	0.0005	0.0005	0.0004	0.0005	0.1843			0.1110

Honduras								
1995 / 2007	0	0	0.513	0	0.365	0	1	0.011
1996 / 2008	0.249	0	0.177	0	0.121	0	1	0.01
1997	0.005		0.003		0.002		1	
1998	0.009		0.006		0.009		1	
1999	0.097		0.13		0.089		1	
2000	0.003		0.002		0.002		0.536	
2001	0.001		0.001		0.002		0.65	
2002	0		0.001		0		0.634	
2003	0.001		0		0		0.249	
2004	0		0		0		0.173	
2005	0		0		0		0.216	
2006	0		0		0		0.105	
Promedio	0.030	0.000	0.069	0.000	0.049	0.000	0.630	0.011

Nicaragua								
1995 / 2007	0	0	1	1	0.711	0.952	1	1
1996 / 2008	1.406	1.05	1	1	0.683	0	1	1
1997	1.465		1		0.701		1	
1998	1.426		1		1.337		1	
1999	0.748		1		0.682		1	
2000	1.466		1		0.816		1	
2001	1.226		1		1.749		1	
2002	0.572		1		0.487		1	
2003	2.055		1		1.487		1	
2004	0.673		1		0.744		1	
2005	1.344		1		0.7		1	
2006	1.429		1		0		1	
Promedio	1.1508	0.5250	1	1.0000	0.8414	0.4760	1	1.0000

Panama								
1995 / 2007	0	0	0.284	0	0.202	0	0.357	0.081
1996 / 2008	0.356	0	0.253	0	0.173	0	0.375	0.035
1997	0.251		0.171		0.12		1	
1998	0.187		0.131		0.176		1	
1999	0.154		0.206		0.14		0.669	
2000	0.271		0.185		0.151		1	
2001	0.267		0.218		0.381		1	
2002	0.212		0.37		0.18		1	
2003	0.448		0.218		0.324		1	
2004	0.268		0.398		0.296		1	
2005	0.55		0.409		0.286		1	
2006	0.002		0.001		0		0.927	
Promedio	0.247	0.000	0.237	0.000	0.202	0.000	0.861	0.058

Nota: Valores superiores a 1 indican mejora, e inferiores a 1 deterioro. Para obtener tasas de crecimiento (%), restar 1 a los valores y multiplicar por 100

**Fig 4: REV Input(SAO) Orientado DEA**

