

NATIONAL AUTONOMOUS UNIVERSITY OF NICARAGUA, LEON  
IV AGROFOREST SYMPOSIUM  
“CONTRIBUTION TO THE AGROFOREST SYSTEM OF SUSTAINABLE MANAGEMENT  
OF THE LAND, FOR MITIGATION AND CLIMATE CHANGE ADAPTATION”  
05 – 06 NOVEMBER 2009

MALMQUIST DEA INDEX ANALYSIS WITH AN ORIENTED OUTPUT APPLIED TO THE  
FOREST ECONOMIC ACTIVITY IN NICARAGUA 1998-2005

Carlos Alberto Zuniga González\*

Copyright 2009 by [Carlos Alberto Zuniga González]. All rights reserved. Readers may make verbatim copies of this document for non-commercial purposes by any means, provided that this copyright notice appears on all such copies.

Abstract

The paper analyses the technical efficiency and productivity of forest Economic activity, during period 1998-2005, in a context where the climate change and the farm management impact in the sustainable management of the resource land. In our study applied the Malmquist DEA Index, where we assess the forest activity with constant returns scale and decreasing returns scale.

The results evidenced that the farms studied increasing the technical efficiency in training and education about the forest theme, however it have a decrease on the technology application, and it was reduced in 0.4720. The forest pure efficiency Change increased in 0.447 during period 2001 to 3.298 on 2005, this situation shows the local actors contribution for improving the productive system with technical forest. The scale change index showed a small decreasing. The total productivity index showed positive increasing from 0.479 on 2001 to 1.602 on 2005. Thus, the taxation policy to the forest activity show positive and encourage indicators as productivity, however I suggest check the application of the forest technology.

Keyword: Malmquist Index, Technological Change, Technical Efficiency Change, Returns scale efficiency change, total factors productivity, LSMS-ISA MECOVI.

---

\* UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, LEON. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Departamento de Economía. Email [czuniga@unanleon.edu.ni](mailto:czuniga@unanleon.edu.ni) [czunigagonzales@gmail.com](mailto:czunigagonzales@gmail.com) Teléfonos 505 0080 ext. 17.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, LEON  
IV SIMPOSIO AGROFORESTAL  
“CONTRIBUCION DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE MANEJO SOSTENIBLE  
DE LA TIERRA, PARA MITIGACION Y ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO”  
05 – 06 NOVIEMBRE 2009

ANALISIS DEL INDICE MALMQUIST DEA CON UN OUTPUT ORIENTADO APLICADO  
A LA ACTIVIDAD ECONOMICA FORESTAL EN NICARAGUA 1998-2005

Carlos Alberto Zuniga González\*

Copyright 2009 por [Carlos Alberto Zuniga González]. Todos los derechos reservados. Los lectores pueden hacer copias al pie de la letra de este documento para propósitos no comerciales por cualquier medio, considerando que este copyright aparecerá con referencia en las copias.

### Resumen

El paper analiza la eficiencia técnica y productiva de la actividad económica forestal durante el período 1998-2005, en un contexto donde el cambio climático y el manejo de la finca impactan en el manejo sostenible del recurso tierra. En nuestro estudio aplicamos el índice de Malmquist DEA, donde evaluamos la actividad forestal con rendimientos de escala constantes y rendimientos a escala decrecientes.

Los resultados evidencian que las fincas estudiadas incrementaron la eficiencia técnica en cuanto a capacitaciones y educación sobre la temática forestal, sin embargo se nota una disminución en la aplicación tecnológica, es decir que se redujo en un 0.4720. El cambio de la eficiencia pura forestal incremento de 0.447 en el 2001 a 3.298 en el 2005, esta situación denota un esfuerzo de los actores locales por contribuir a mejorar los sistemas productivos con las técnicas forestales. El índice del cambio de la eficiencia a escala presento una leve disminución. El índice de la productividad total de los factores presento incrementos positivos pasando de 0.479 en el 2001 a 1.602 en el 2005. De tal manera, la política de impuestos a la actividad forestal manifiesta indicadores positivos y alentadores en cuanto a productividad, sin embargo se recomienda revisar la aplicabilidad de la tecnología forestal.

---

\* UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, LEON. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Departamento de Economía. Email [czuniga@unanleon.edu.ni](mailto:czuniga@unanleon.edu.ni) [czunigagonzales@gmail.com](mailto:czunigagonzales@gmail.com) Teléfonos 505 0080 ext. 17.

Keyword: Índice de Malmquist, Cambio tecnológico, Cambio de la eficiencia técnica, cambio de la eficiencia a escala, productividad total de los factores, LSMS-ISA MECOVI.

## Introducción

Al igual que en cualquier parte del mundo, los recursos forestales proveen una importante fuente de energía tanto como un rango completo de otros bienes y servicios usados en las regiones inhabitadas. Solamente por el uso de energía, los combustibles maderables proveen más de la mitad de las necesidades de la región centro americana (Maurer: 1994). Además los árboles proveen muchos otros beneficios tales como conservación de suelo, alimentos frutales o forrajeros para el ganado, materiales hechos de madera que van desde la vivienda hasta los muebles, así como la producción de carbono, de tal manera que la actividad forestal representa una fuente de ingresos a los productores(as) de los sector primario del país (Nijnik, 2009).

La actividad forestal en Nicaragua, ha venido tomando gran importancia en la contribución a la economía y al medio ambiente. Las tecnologías utilizadas dependen del sistema arbóreo que los productores seleccionen durante el proceso productivo.

De acuerdo a la clasificación más actual en los negocios forestales se puede establecer los siguientes sistemas productivos:

SPP			SAF				SP		SC	
Energéticos	Maderable	Frutales	Energéticos	Maderable	Frutales			Cercas vivas	Bancos Forjables	Maderables
					Ajonjolí	Yuca	Frijol Maíz	ML		

SPP = Sistema de plantaciones puras.

SAF = Sistema Agroforestal

SP = Sistema Pasto o Forraje

SC = Sistema de conservación de suelo

En cada uno de estos sistemas productivos se utiliza una determinada tecnología que tiene que ver con la especie arbórea seleccionada, por ejemplo la distancia entre planta, el manejo y los insumos, así como el tipo de aprovechamiento utilizado. Los técnicos forestales definen tecnologías amigables con el medio ambiente y los productores(as) pueden seguir estas o simplemente utilizar un aprovechamiento no amigable con el medio ambiente.

Además, la eficiencia técnica representa el nivel de educación y/o capacidad de los productores(as) en la temática forestal, de tal manera que su eficiencia puede ser medible.

El cambio climático es el contexto donde la actividad forestal es evaluada y las medidas políticas utilizadas para mitigar este fenómeno.

La producción forestal bajo cualquier sistema de producción puede realizarse a rendimientos de escala constantes sino experimentan cambios tecnológicos durante el período de estudio, sin embargo los rendimientos a escala decrecientes puede indicar alguna producción a escala.

#### Revisión de la literatura

Antes de iniciar a explicar la técnica Data Envelopment Analysis conocida como DEA, es necesario aclarar algunos conceptos. Generalmente, vamos a encontrar la variable frontera (Frontier) que significa el límite de una función que en la teoría microeconómica está ampliamente explicado. Para una función de producción representaría maximización (máximo output) dado un conjunto de inputs, o en una función de costo representaría la minimización (mínimo costo), dado los precios y outputs, en una función de beneficio representa el máximo beneficio, dado los precios de input y output, etc.

El otro aspecto técnico de aclarar es el uso de la regresión de los mínimos cuadrados ordinarios para estimar la función frontera. Los dos principales beneficios de estimar una función frontera más que un promedio de una función mínimos cuadrados ordinario OLS es que: a) la estimación de una función promedio proveerá una representación de la tecnología de una finca promedio, mientras que la estimación de una función frontera tendrá un mayor peso influenciado por la mejor finca en ejecución, y de ahí el reflejo de la tecnología que ellos están usando, b) La función frontera representa la tecnología de mejor práctica contra la cual la eficiencia de las fincas dentro de la industria puede ser medida.

De igual manera, es conveniente aclarar la diferencia entre los términos de eficiencia y productividad que muy a menudo se confunde o son mal aplicados. La productividad es regularmente referido a los cambios tecnológicos y puede ser representado hacia arriba en el gráfico de una función frontera (curva de posibilidades, por ejemplo). La eficiencia se explica cuando en la finca se implementan procedimientos para mejorar la educación o capacitación, es decir asegurar la mano de obra más eficientemente, esto se

representaría en el gráfico como la más próxima a la frontera existente. De tal manera, que el crecimiento productivo puede realizarse a través progreso tecnológico o de mejoramiento en la eficiencia (Bravo: 1994).

Para medir la eficiencia es necesario la programación lineal o la econometría, pero no es correcto aplicar los rendimientos parciales como rendimientos por manzanas, litros por vaca como medida de eficiencia porque tienen serias deficiencias dado solamente consideran ciertos inputs e ignoran otros tales como mano de obra, maquinaria, combustibles, fertilizantes, cambio tecnológico, eficiencia a escala, la productividad total de los factores, etc.

Ahora bien, hay dos métodos de estimar la función frontera una denominada fronteras estocásticas (Stochastic Frontier) y el otro análisis envolvente de datos (DEA), los cuales consideran métodos econométricos y programación matemática respectivamente. En nuestro estudio utilizaremos el DEA, de tal manera que revisaremos esta técnica.

El DEA es una metodología que usa datos en las cantidades de input y output de un grupo de países o de fincas de un mismo país para construir un segmento lineal no paramétrico o frontera sobre los datos, para habilitar el cálculo de la eficiencia relativa de esta superficie. El programa puede considerar una variedad de modelos. Hay tres principales opciones:

- a) Standard REC and REV DEA modelos que involucran el cálculo de técnicas y eficiencias de escala. Estos métodos son resumidos en Fare, Grosskopf and Lovell (1994).
- b) La extensión de estos modelos para contabilizar costos y asignación de eficiencias. Estos métodos son también resumidos en Fare et al (1994).
- c) La aplicación del método de Malmquist DEA para datos de panel para calcular cambios en los índices de productividad total de factores (PTF); cambio tecnológico; cambio de eficiencia técnica, cambio de escala de eficiencia. Estos métodos son discutidos en Fare, Grosskopf, Norris and Zhang (1994).

El DEAP es un programa concebido para usar los métodos DEA (Coelli: 1992, 1994).

Ahora analizaremos algunos modelos de rendimientos a escala constantes y rendimientos a escala constante para estimar DEA.

Medida de Input-Orientado

La medida de eficiencia técnica input-orientado está dirigida a la pregunta ¿Cuánta cantidades de inputs pueden ser proporcionalmente reducida sin cambio en las cantidades producidas? Este tipo de medida comenzó con las ideas originales de Farrell que ilustraron el espacio input/input y de ahí focalizado en input-reducido. Estos son usualmente denominados medida de input-orientado.

Farrel ilustro sus ideas usando un simple ejemplo donde se involucran fincas que usan dos inputs ( $x_1$  y  $x_2$ ) para producir un solo output ( $y$ ), bajo el supuesto de rendimiento constantes a escala que permite representar la tecnología usando una unidad Isocuanta.

En la figura 1 se representa la medida de eficiencia técnica, aunque el conocimiento de la unidad de Isocuanta para una finca de completa eficiencia no es conocida en la práctica, por tanto se debe ser estimada de una muestra de un conjunto de fincas observadas (Frontera).

Si una finca dada usa cantidades de inputs, definidas por el punto P, para producir una unidad de output, la ineficiencia técnica de que la finca pudo ser representada por la distancia QP, la cual es una cantidad por la cual todos los inputs pueden ser proporcionalmente reducidos sin una reducción en output. Esta situación es usualmente expresado en términos porcentuales por la razón QP/OP, que representa el porcentaje por el cual todos los inputs pudieron ser reducidos. La eficiencia técnica (ET) de una finca es más comúnmente medida por la razón:

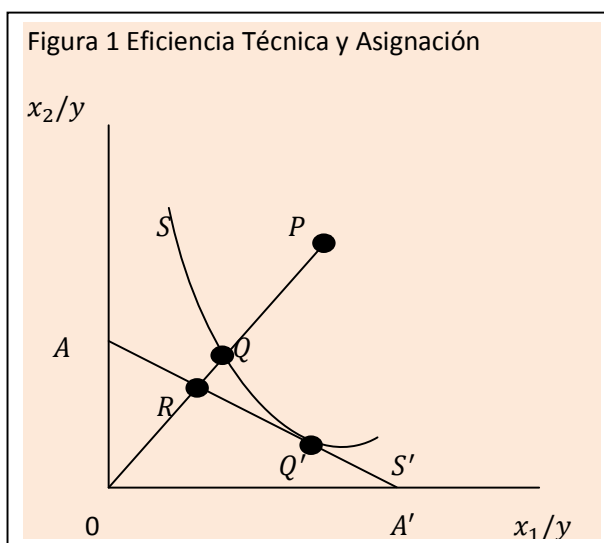
$$ET_I = \frac{OQ}{OP}, \quad (1)$$

El sub índice I es usado para mostrar que es una medida de input-Orientado, el cual es igual a uno menos OP/OP, tomara valores entre cero y uno, y provee un indicador del grado de ineficiencia técnica de una finca. Un valor de uno indica que la finca tiene completa eficiencia técnica. Por ejemplo, el punto Q es técnicamente eficiente porque intercepta la Isocuanta eficiente.

Si el input razón de precio, representado por la línea AA' en la figura 1, es también conocida como eficiencia asignada que puede ser calculada. La eficiencia asignad (EA) de una finca opera en el punto P definida por la razón:

$$EA_I = \frac{OR}{OQ}, \quad (2)$$

desde la distancia  $RQ$  representa la reducción en los costos que ocurriría si la producción fuera a ocurrir la eficiencia asignada (y técnicamente) en el punto  $Q'$ , en lugar de la eficiencia tecnológica, pero ineficiente asignativa, en el punto  $Q$ , donde uno puede ilustrar esto graficando dos líneas de isocostos a través de  $Q$  y  $Q'$ . Independientemente de la pendiente de estas dos líneas paralelas (la cual está determinada por la razón de precio input) la razón  $RQ/OQ$  representaría la reducción en porcentaje de los costos asociados con el movimiento de  $Q$  to  $Q'$ .



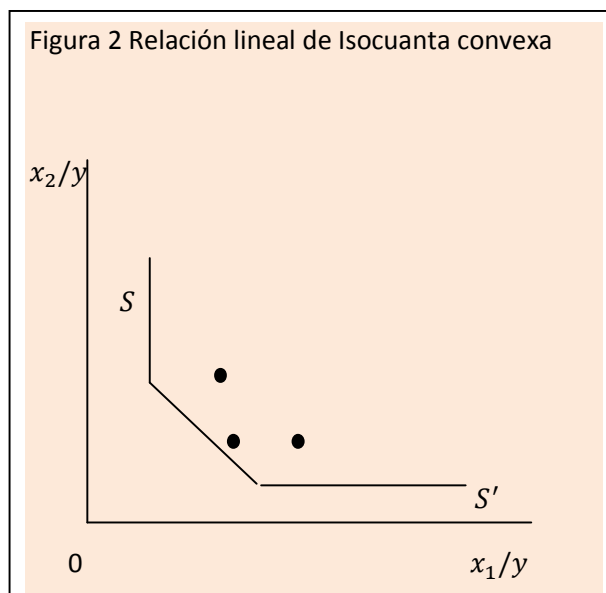
La total eficiencia económica (EE) está definida por la razón:

$$EE_I = \frac{OR}{OP}, \quad (3)$$

Donde la distancia  $RP$  puede también ser interpretada en términos de reducción de costos. Note que el producto de eficiencia técnica y asignación provee la total eficiencia económica.

$$ET_I \times EA_I = \left(\frac{OQ}{OP}\right) \times \left(\frac{OR}{OQ}\right) = \left(\frac{OR}{OP}\right) = EE_I, \quad (4)$$

Note que las tres medidas están limitadas por 0 y 1.



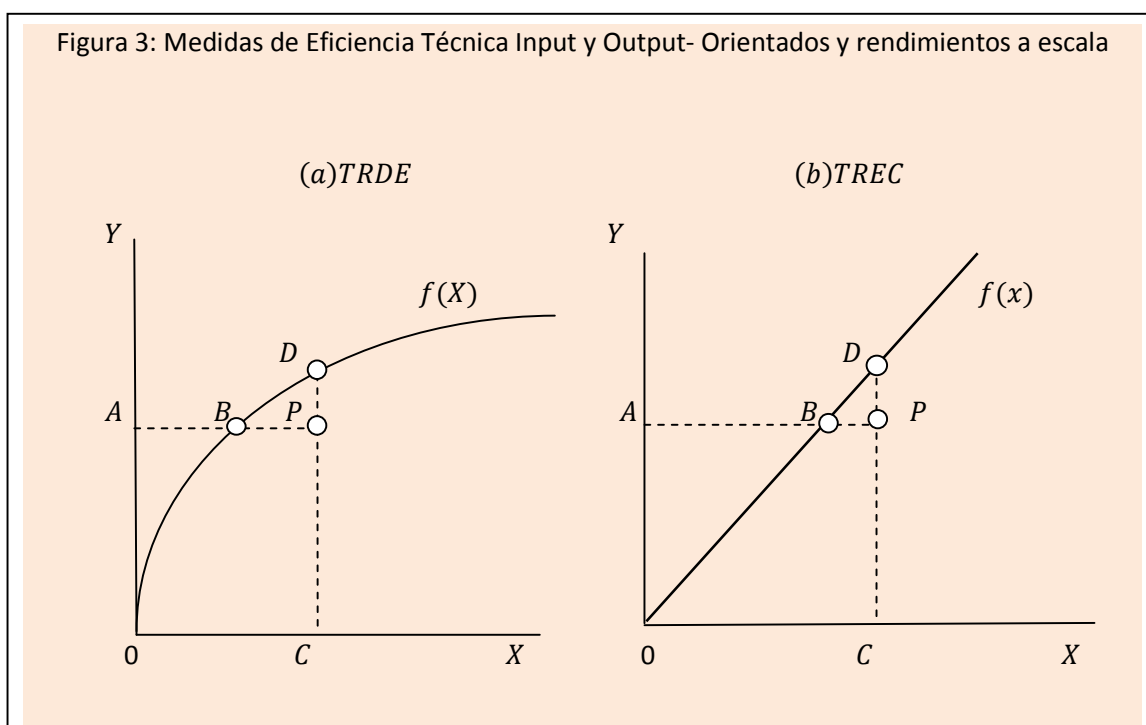
Estas medidas de eficiencia suponen que la función de producción para la una finca completamente eficiente es conocida. Sin embargo, en la práctica no es así, y la Isocuanta eficiente debe ser estimada de una muestra. Farrell sugirió el uso de la relación no paramétrica de Isocuanta convexa construida de tal manera que el punto no observado debe ubicarse en la izquierda o debajo de la curva (referido en la figura 2), o función paramétrica, tal como los datos ajustados de la forma Cobb-Douglas, contra los puntos no observados ubicados a la izquierda o debajo de la curva.

#### Medida de Output-Orientado

Una pregunta alternativa al input-Orientado puede ser ¿Cuánto pueden las cantidades outputs ser proporcionalmente aumentadas si se altera las cantidades inputs usadas. Esta es una medida output-orientado opuesta a la medida de eficiencia inputs-orientado discutida en la sección anterior. Podríamos decir que la diferencia entre las medidas output y el input orientado se puede ilustrar usando un simple ejemplo donde se incluye un input y un output. En la figura 3(a) se describe la tecnología de rendimientos a escala decreciente representado por  $f(x)$ , y el punto P representa la actividad ineficiente de la finca. La medida de eficiencia técnica (ET) input-orientado de Farrell debería ser igual a



la razón  $AB/AP$ , mientras para el output-orientado la ET debería ser  $CP/CD$ . Las medidas output e input orientado solamente proveerían medidas equivalentes de eficiencia técnica donde existen los rendimientos a escala constante, pero no sería igual cuando son presentados los rendimientos a escala decreciente (Fare and Lovell, 1978). Los casos de rendimientos a escala constante es presentado en la figura 3 (b), donde nosotros nos cuidamos de elegir el punto que observamos en  $AB/AP = CP/CD$ , para cualquier puntos de ineficiencia  $P$ .



Uno puede considerar la medida output-orientado considerando el caso donde la producción incluye dos outputs ( $y_1 y_2$ ) y un solo input ( $x_1$ ). Contrario al caso si suponemos rendimientos a escala constante, podemos representar la tecnología por una curva de posibilidad de la finca en dos dimensiones. Este ejemplo es descrito en la figura 4 donde la línea  $ZZ'$  representa la curva de posibilidades de la unidad de la finca y el punto A a una finca ineficiente. Note que este punto de ineficiencia se ubica bajo la curva en esta caso por  $ZZ'$  representa el límite superior de posibilidades de producción.

En la figura 4 presentamos la medida de Eficiencia output-orientada de Farrell, en la distancia  $AB$  representa la ineficiencia técnica. Que significa la cantidad por la cual los

outputs podrían ser incrementados sin el input extra requerido. De ahí, que la medida de eficiencia técnica output-orientado está definido por la razón:

$$ET_o = \frac{OA}{OB}. \quad (8)$$

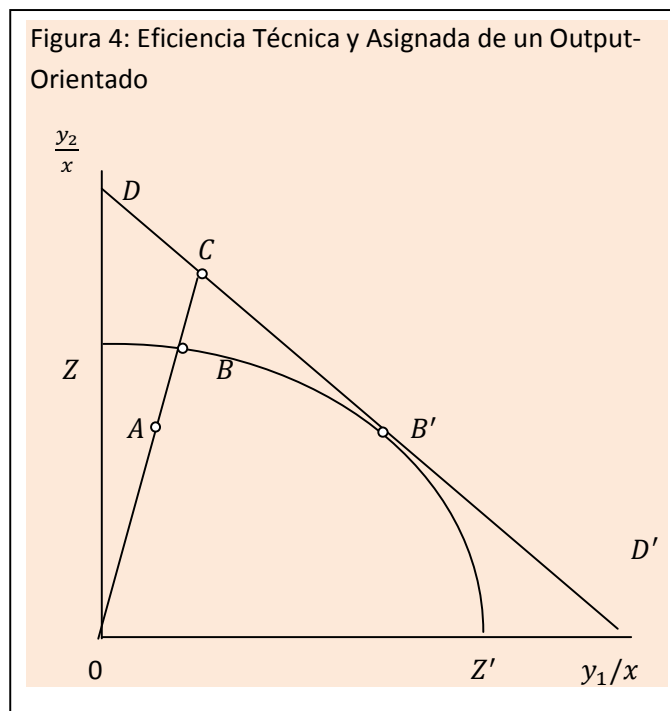
Si tenemos información de los precios entonces podemos graficar la línea isoingresos  $DD'$ , y definimos la eficiencia asignada como:

$$EA_o = \frac{OB}{OC}, \quad (9)$$

En la cual hay una interpretación de ingresos incrementados (similar a la interpretación de reducción de costos en el caso de ineficiencia asignada en input-orientado). Además, se puede definir la total eficiencia económica como el producto de estas dos medidas:

$$EE_o = \left(\frac{OA}{OC}\right) = \left(\frac{OA}{OB}\right) X \left(\frac{OB}{OC}\right) = ET_o X EA_o \quad (10)$$

Estas tres medidas están limitadas por cero y uno.



## El Modelo de rendimientos a escala constantes (REC)

Algunas notaciones importantes consideradas en este modelo son las siguientes: a) se supone que hay datos en  $K$  inputs y  $M$  outputs de cada  $N$  fincas o Unidades tomadoras de decisiones (UTD)<sup>1</sup>. Para la  $i$ -ésima finca son representados por el vector  $x_1$  y  $y_1$ , respectivamente. La matriz insumo  $K \times N, X$ , y la matriz producto  $M \times N, Y$ , representa los datos de todas las  $N$  fincas. El propósito de DEA es construir una frontera envolvente no paramétrica sobre los datos señalados como los observados bajo frontera de producción. En el ejemplo simple de una industria donde un producto es producido usando dos insumos, puede ser visualizado como un número de planos interceptados formando un cuadrante con puntos esparcidos en un espacio tridimensional. Dado el REC supuesto, puede ser representado por una unidad de Isocuanta en espacio input/output (referido en la figura 2).

La mejor manera de introducir DEA es por la vía de la forma de razones. Para cada finca a los productores les gustaría obtener la medida de razón de todos los productos sobre todos los insumos, tal como  $u'y_i/u'x_i$ , donde  $u$  es un  $M \times 1$  vector de pesos output y  $v$  es un  $K \times 1$  vector de pesos inputs. Para seleccionar los pesos óptimos

Especificamos un problema de programación matemática.

$$\begin{aligned} & \max_{u,v} \left( \frac{u'y_i}{u'x_i} \right), \\ \text{s. a} \quad & \frac{u'y_j}{u'x_j} \leq 1, j = 1, 2, \dots, N, \\ & u, v \geq 0 \end{aligned} \tag{1}$$

Implica encontrar valores de  $u$  y  $v$ , tal que la medida de eficiencia de la  $i$ -ésima finca este maximizada, sujeto a la restricción que todas las medidas de eficiencias deben ser

---

<sup>1</sup> En la literatura de la DEA es llamado DMU, "decisión making unit" sin embargo en el presente paper hemos considerado más apropiado utilizar el de finca relacionando el concepto de unidades de producción definidas así por el INIDE.

menos o igual que uno. Un problema con la formulación de esta particular razón es que tiene infinito número de soluciones (Coelli, 1996). Para evitar esto se puede plantear la restricción  $v'x_i = 1$ , la cual provee:

$$\begin{aligned} & \max_{\mu, v} (\mu' y_i), \\ \text{s. a} \quad & v' x_i \leq 0, j = 1, 2, \dots, N, \\ & \mu, v \geq 0 \end{aligned} \tag{2}$$

Donde la notación cambia de  $u y v$  a  $\mu y v$  que refleja la transformación conocida como el multiplicador de la forma del problema de programación lineal. Utilizando la dualidad en la programación lineal, uno puede derivar una forma envolvente equivalente de este problema (Coelli: 1996).

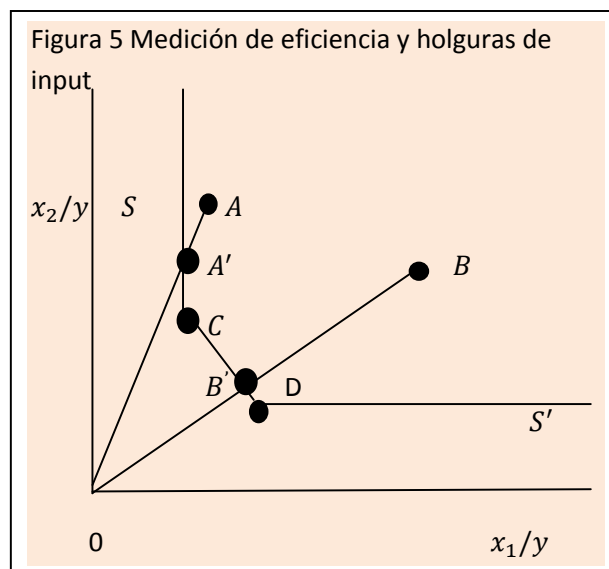
$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta, \\ \text{s. a} \quad & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{3}$$

Donde  $\theta$  es un escalar y  $\lambda$  es una constante del vector  $N \times 1$ . Esta forma de envolvimiento implica menos restricciones que la forma multiplicador ( $K + M < N + 1$ , de ahí es generalmente la forma preferida de solución. El valor de  $\theta$  obtenido será la medida de la eficiencia para la  $i$ -ésima finca. La condición  $\theta \leq 1$ , con un valor de 1 indica un punto en la frontera y de ahí la finca tecnológicamente eficiente, de acuerdo con la definición de Farrell (1957). El problema de programación lineal deber ser resuelto  $N$  veces, una vez para cada finca en la muestra. Un valor de  $\theta$  es entonces obtenido para cada finca.

### **Holgura**

La forma de la relación lineal de una frontera no paramétrica en DEA pude causar a un poco de dificultades en la medición de la eficiencia. El problema se plantea porque de la

sección de relación lineal de frontera la cual corre paralela a los eje (ver la figura 2) que no ocurre en mayoría de las funciones paramétrica (ver figura 1). En la figura 5 se ilustra esta problemática donde las combinaciones de inputs usados en la finca *C* y *D* son las fincas eficientes, cuál define la frontera, y las fincas de *A* y *B* son fincas ineficientes. La medida de eficiencia técnica de Farrell (1957) da la eficiencia de la finca *A* y *B* como  $OA'/OB'$  y  $OB'/OB$ , respectivamente. Sin embargo, es cuestionable si el punto *A'* es un punto eficiente desde uno pudo reducir la cantidad de input  $x_2$  usado por la cantidad  $CA'$  y aún produce la misma salida (output). Esto es conocido como holgura de input en la literatura, aunque algunos autores le denominada holgura en exceso (input excess). Una vez que uno considera el involucramiento de mas input y/o múltiples inputs, los diagramas no son tan largos como los simples, y la posibilidad también ocurrir del concepto relacionado con holgura de output, de la cual hablaremos más adelante. De tal manera, que puede ser argumentado ( $\theta$ ) como las medida de eficiencia técnica de Farrell y cualquier holgura no cero input o output debería ser reportada para proveer un indicador exacto de eficiencia técnica de una finca en un análisis DEA. Podemos notar que para la *i*-ésimo finca la holgura de salida sería igual a cero si  $Y\lambda - y_i = 0$ , mientras la holgura de input sería igual a cero solamente si  $\theta x_i X\lambda = 0$  (para los valores óptimos dados de  $\theta$  y  $\lambda$ ).



En la figura 5 se asocia la holgura input con el punto *A'* es  $CA'$  del input  $x_2$ . En casos donde hay más inputs y outputs que los considerados en el simple ejemplo, la identificación al punto más cercana de la frontera de eficiencia (como es *C*, y desde ahí el

subsecuente cálculo de la holgura, no es una tarea trivial. Algunos autores (ver Ali and Seiford 1993) han sugerido la solución de problemas con la programación lineal segunda etapas para mover a un punto de la frontera eficiente por Maximización de la suma de holgura requeridas para mover de punto ineficiente de la frontera (como en  $A'$  de la figura 5) a un punto eficiente de la frontera (como en el punto  $C$ ). Esta programación lineal del problema en segunda etapa puede ser definido por:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\lambda, OS, IS} - (M1'OS + K1'IS), \\
 \text{s. a} \quad & -y_i + Y\lambda - OS = 0, \\
 & \theta x_i X\lambda - IS = 0, \\
 & \lambda \geq 0, OS \geq 0, IS \geq 0, \tag{4}
 \end{aligned}$$

Donde  $OS$  es un vector  $M \times 1$  de holgura de output,  $IS$  es un vector  $K \times 1$  de holgura de input, y  $M1$  y  $K1$  son vectores  $M \times 1$  y  $K \times 1$  de unos, respectivamente. Note que en este programa lineal de segunda etapa,  $\theta$  no es una variable, su valor es tomado de los resultados de la primera etapa. Además, notamos que la programación lineal de segunda etapa también debe ser determinada para cada una de la  $N$  fincas involucradas.

Existen dos problemas principales asociados con la PL en segunda etapa. El primero y más obvio es que la suma de holguras esta maximizado más que minimizado. De ahí, identificaremos no el punto eficiente más cercano con el planteamiento de segunda etapa sino la medición de unidades invariantes. La alteración de la medición de estas unidades plantea que un input de fertilizantes a kilogramos a toneladas, puede resultar en la identificación de diferentes limites de eficientes puntos y entonces diferentes medidas de holgura y landa (Charnes, Cooper, Rousseau and Semple: 1987).

Panel de Datos LSMS<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Living Standards Measurement Survey (LSMS), es ampliamente reconocido como líder en la introducción y mejoramiento integrado de la encuestas de hogares de los países subdesarrollados. Las LSMS ha sido un importante esfuerzo del Grupo de investigación y desarrollo del Banco Mundial (DECRG) por más de 20 años (World Bank, 2006).

El panel de datos se describe en la tabla 1 de los anexos donde seleccionamos una muestra de 31 fincas de cada período de estudio (1998-2005). El output representa los ingresos generados por la actividad forestal utilizando una determinada tecnología forestal bajo un determinado sistema de producción y el input seleccionado representa los gastos por impuestos pagados por concepto de tierra, y otros derivados de la actividad forestal.

La discusión previa asume que los datos de las unidades productivas en N fincas, observado en un punto en el tiempo, están disponibles en la base de datos de LSMS para usar en la estimación del Frontier y la construcción del índice de Malmquist. Si los datos en N fincas, son observados en cada uno de los T diferentes tiempo de períodos, entonces esto es conocido como panel de datos. El Panel de datos tiene muchas ventajas potenciales sobre una de cruce de sección de datos en una estimación frontier. Incrementa el grado de libertad para la estimación de los parámetros; provee de estimadores consistentes de fincas eficientes dado un T tiempo suficientemente largo; remueve la necesidad para hacer supuestos distribucional específico con relación a  $\mu_i$ ; no requiere que las ineficiencias son independiente de los regresores y permite la investigación simultanea de los cambios tecnológicos y la eficiencia técnica cambio sobre el tiempo (Coelli, 1995).

## Metodología

El índice de Malmquist calcula cuatro distancias para cada una de las fincas. a) La frontera DEA con tecnologías a rendimientos a escala constante del período previo, b) la frontera DEA a con tecnologías rendimientos de escala constante del período actual, c) la frontera DEA con tecnologías a rendimientos de escala constante del siguiente período, y d) la frontera DEA con tecnologías a escala de rendimientos decrecientes.

Todos los índices son relativos al año previo, es decir que los índices de Malmquist son presentado a partir del segundo período 2001, los cinco índices de Malmquist calculado son: a) cambio de la eficiencia técnica relativa a la tecnología con rendimientos de escala constante, b) cambio tecnológico relativo a cada sistema de producción, c) cambio de eficiencia técnica pura relativa a la tecnología con rendimientos de escala decreciente d) cambio de eficiencia de escala y e) cambio de la productividad total de los factores.

Fare et al (1994) específico un índice de cambio productivo de Malmquist basado en un output, de igual manera este índice se puede calcular para un índice PTF de Malmquist con un input orientado como el presentado por Fare (Grosskopf, 1993):

$$m_0(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[ \frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^t(x_t, y_t)} x \frac{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

Esta ecuación representa la productividad de la producción en el punto  $(x_{t+1}, y_{t+1})$  relativo al punto  $(x_t, y_t)$ . Un valor mayor que uno indicara un crecimiento positivo de PTF del período t al período t+1. En realidad este índice es la media geométrica de PTF Malmquist basado en dos outputs. Un índice usa el período t y el otro el período t+1 de la tecnología. Para calcular la ecuación (11) debemos calcular cuatro funciones de distancia de los componentes, los cuales involucran cuatro problemas de programación lineal (similares a los conducidos por Farrell en el cálculo para medir la eficiencia técnica). Iniciaremos por asumir tecnología de rendimientos a escala constantes (REC). La PL de output-orientado de REC usada para calcular  $d_0^t(x_t, y_t)$  es definida por:

$$\begin{aligned} & \max_{\phi, \lambda} \phi, \\ & \text{st} \quad -\phi y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \quad \quad x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \quad \quad N1'\lambda = 1 \\ & \quad \quad \geq 0, \end{aligned} \quad (5)$$

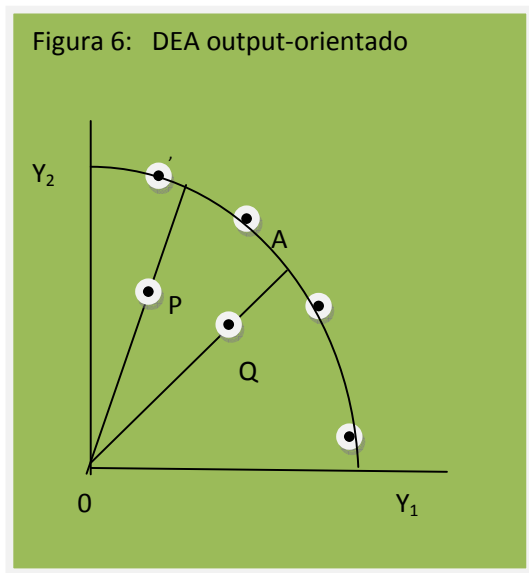
, donde  $1 \leq \phi < \infty$ , y  $\phi - 1$  es el incremento proporcional en outputs que debería ser llevado a cabo por la i-ésima UTD<sup>3</sup> con las cantidades de inputs mantenidas constantes, es de señalar que para un modelo de SRC con un output-orientado se define de igual manera. Es de señalar, que  $1/\phi$  nos demuestra ET en un rango de cero a uno.

En la figura 6 se presenta un ejemplo de un output-orientado DEA, representado por un segmento lineal de la curva posibilidades de producción, donde se puede notar que las observaciones se ubican por debajo de la curva, y que las secciones de la curva, las cuales están en el ángulo derecho de la abscisas causará holguras del output para ser calculadas donde el punto es proyectado en estas partes de la curva por una expansión radial en outputs. Por ejemplo, el punto P es proyectado al punto P', el cual está en la frontera pero no en la frontera de eficiencia, porque la producción de  $y_1$  puede ser

<sup>3</sup> Unidad tomadora de decisiones, que en nuestro caso se refiere a la unidad productiva forestal.



incrementada por la cantidad  $AP'$  sin usar más inputs. Se interpreta como output de holgura en el caso  $AP'$  en output  $y_1$ .



Señalamos anteriormente, que la PL (5) es utilizada para calcular  $d_0^t(x_t, y_t)$ , con la excepción que la restricción de la convexidad de rendimientos a escala variables (REV) ha sido removida y el tiempo suscrito ha sido incluido. De tal manera que:

$$\begin{aligned}
 [d_0^t(x_t, y_t)]^{\frac{1}{2}} &= \max_{\phi, \lambda} \phi, \\
 \text{st} \quad & -\phi y_{it} + Y_t \lambda \geq 0, \\
 & x_{it} - X_t \lambda \geq 0, \\
 & \lambda \geq 0,
 \end{aligned} \tag{6}$$

Los tres problemas de PL restantes son simple variaciones de esto:

$$\begin{aligned}
 [d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} &= \max_{\phi, \lambda} \phi, \\
 \text{st} \quad & -\phi y_{i,t+1} + Y_{t+1} \lambda \geq 0, \\
 & x_{i,t+1} - X_{t+1} \lambda \geq 0, \\
 & \lambda \geq 0,
 \end{aligned} \tag{7}$$

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

$$\begin{aligned} x_{i,t+1} - X_t \lambda &\geq 0, \\ \lambda &\geq 0, \end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned} [d_0^{t+1}(x_t, y_t)]^{-1} &= \max_{\phi, \lambda} \phi, \\ \text{st} \quad -\phi y_{it} + Y_{t+1} \lambda &\geq 0, \\ x_{it} - X_{t+1} \lambda &\geq 0, \\ \lambda &\geq 0, \end{aligned} \tag{9}$$

Es de notar que en la PLs (8) y (9), donde los puntos de producción son comparados a tecnologías de diferentes períodos, el parámetro  $\phi$  no necesita ser  $\geq 1$ , como debe ser cuando se calcula la eficiencia de Farrell. El punto debe permanecer arriba del conjunto de puntos de producción deseable. Esta situación ocurriría más comúnmente en la PL (5) donde el punto de producción del período  $t+1$  es comparado con la tecnología en el período  $t$ . Si el progreso técnico ha ocurrido, entonces el valor de  $\phi < 1$  es posible. Agregamos la posibilidad de ocurrencia en LP (9) si el progreso tecnológico ha ocurrido, pero esto es menos probable.

Es importante, mantener en mente que los parámetros  $\phi$  y  $\lambda$  son probabilidad que pueden tomar valores diferentes en los cuatros PLs presentados arriba. Además, notemos que los cuatros PLs deben ser calculado para cada finca de la muestra. De tal manera, que si usted tiene 20 fincas y 2 períodos de tiempo (por ejemplo en nuestro estudio consideramos tres tiempo, a saber 1998, 2001 y 2008), pues bien usted debe calcular 80 PLs para cada finca para construir el índice encadenado. Si usted tiene  $T$  períodos de tiempo, usted debe calculara  $(3 T - 2)$  PLs para cada finca de la muestra. De ahí, si usted tiene  $N$  finca, usted necesitará calcular  $N \times (3 T - 2)$  PLs. Por ejemplo, en nuestro estudio tenemos  $N=31$  fincas y  $T= 3$  (1998, 2001 y 2005), estos datos resultarían  $31 \times (3 \times 3 - 2) = 173$  PLs.

## Resultados y discusión

Las siguientes tablas resumen en promedio las fronteras calculadas y los índices de Malmquist para el período de estudio 1998-2005.

<b>Fronteras en promedio 1998-2005</b>				
Años	Eficiencia Técnica a Escala Constante		Rendimientos a ET a RED	
	t-1	t	T+1	
1998	0.000	0.073	0.068	0.177
2001	0.053	0.049	0.080	0.101
2005	0.049	0.080	0.000	0.222

<b>Índices de Malmquist en promedio 1998-2005</b>					
Años	Cambio de la eficiencia técnica	Cambio Tecnológico	Cambio de la eficiencia pura	Cambio de la eficiencia a escala	PTF
	REC		RED		
1998					
2001	0.444	1.079	0.447	0.994	0.479
2005	2.640	0.607	3.298	0.800	1.602
Mean	1.083	0.809	1.214	0.892	0.876

Durante el período de estudio se analizarán en primer lugar las fronteras DEA de la actividad forestal con rendimientos a escalas contante, así en promedio la eficiencia técnica en 1998 fue de 0.073 y de 0.068 para el siguiente período. La eficiencia técnica de la actividad forestal planteada para la frontera con rendimientos a escala decrecientes fue de 0.177. De acuerdo al programa DEAP este período se omite en el análisis por la metodología de la programación lineal.

En el 2001 los indicadores de frontera con rendimientos a escala constantes fueron para el período actual de 0.053 para el período anterior, 0.049 para el período actual y de 0.080 para el período posterior, y la frontera con RED fue de 0.101. Valoramos que la frontera de eficiencia técnica disminuyo con respecto al año anterior tanto con REC como de RED. Con relación a los datos frontera con tecnología a rendimientos contantes las fincas en promedio su cambio en la eficiencia técnica se aleja hasta en 0.444, en cambio la eficiencia técnica con tecnología de rendimientos decrecientes se alejo mucho más de su frontera con RED hasta un punto promedio de 0.447, aunque la diferencia entre las distancias de sus fronteras respectivamente es pequeña. (Ver gráfico 1 de los anexos para analizar el detalle por finca). Por otro lado, en este mismo año el cambio en la eficiencia técnica a escala se nota un leve incremento de 0.994.

En el 2005 estos indicadores de frontera se mantienen en 0.049 para el período actual y el posterior con 0.080 en cambio la eficiencia técnica de frontera con RED incremento con 0.222. (Ver tabla 2, 2.1 y 2.2 de los anexos) Los niveles de ineficiencia técnica aumentaron la distancia de la frontera a 2.640 utilizando tecnología a rendimientos constantes, la situación es similar cuando se utiliza rendimientos a escala decreciente. De tal manera que la eficiencia a escala en promedio aumento en 0.800.

Ahora bien, los índices de Malmquist en promedio anuales se obtuvieron 0.444 para el cambio en la eficiencia técnica de la actividad forestal para el año 2001 incremento los rendimientos a escala en el 2005, lográndose en el período un promedio de 1.083, el cambio en la tecnología forestal aplicada y con la influencia de los impuestos disminuyo de 1.079 en el 2001 a 0.607 en el 2005 presentando un índice promedio de 0.809. El índice del cambio de la eficiencia pura para tecnología con rendimientos decrecientes como actividad económica forestal también incremento pasando de 0.447 en el 2001 a 3.289 con un promedio en el período de estudio de 1.214, el cambio de la eficiencia a escala se redujo de 0.994 a 0.800 con un promedio anual de 0.892 y finalmente el índice de la productividad total de los factores en la actividad forestal incremento con 0.479 en el 2001 1.602 en el 2005 logrando un promedio anual de 0.876. (Ver tablas 3 a 3.3 anexos)

#### Conclusiones y recomendaciones

La política impositiva a las actividades económicas forestales ha impactado positivamente en la eficiencia técnica de las fincas que utilizaron una tecnología de rendimientos constantes notándose un incremento en la economía de escala forestal promedio del período de 0.892 al pasar a un tecnología de economía de escala forestal con rendimientos decrecientes de fincas estudiadas durante el periodo 1998-2005, sin embargo en promedio las fincas estudiadas se distanciaron de la frontera de eficiencia, es decir fue positivo su cambio de la eficiencia a escala pero sus niveles de eficiencia en promedio se redujeron cuando valoramos el cambio de la tecnología.

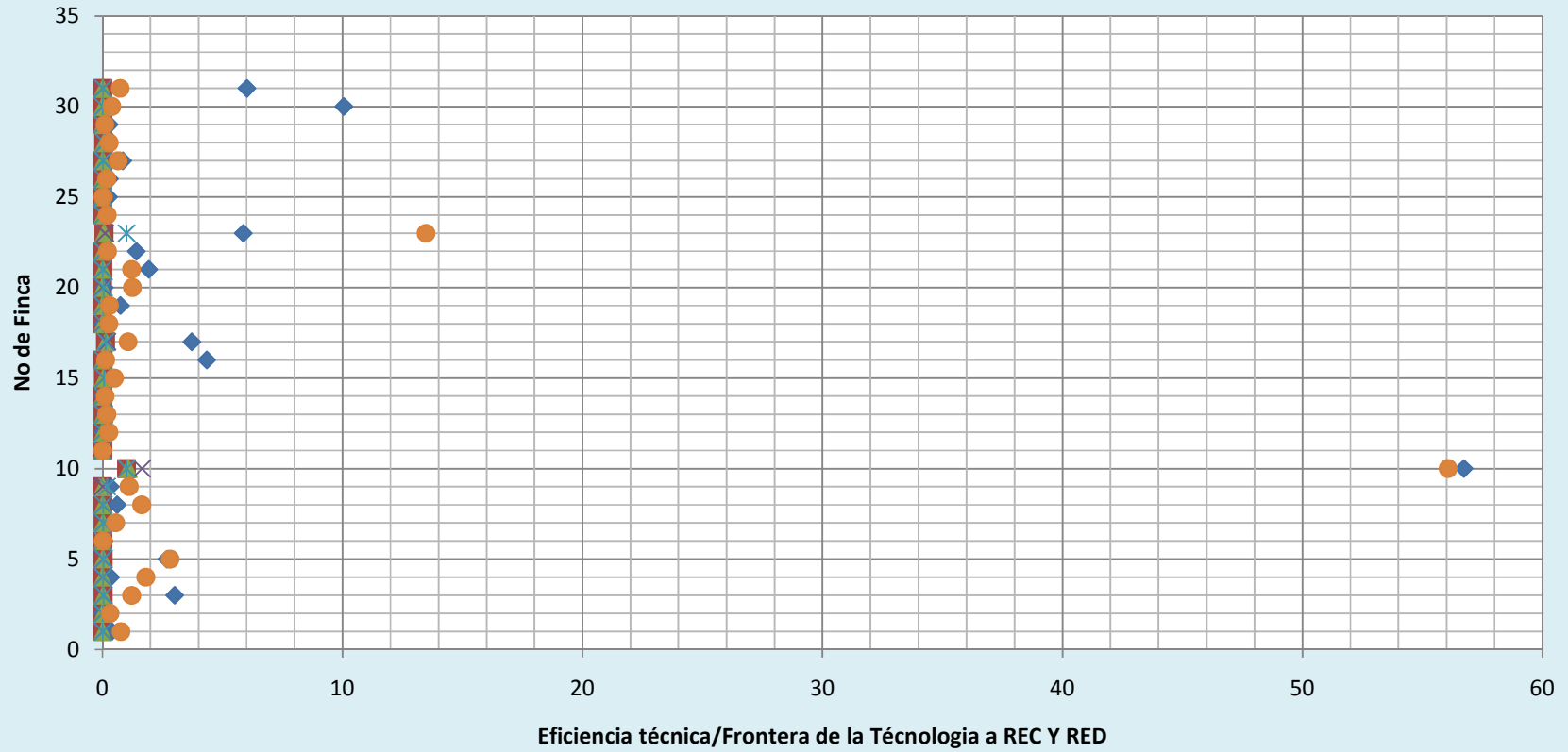
La productividad total de los factores en promedio se incremento en 0.876, es decir que a pesar del impacto de la política impositiva, los productores(as) lograron mejorar sus respectivos sistemas de producción en el largo plazo con la utilización de los otros inputs que impactaron positivamente. La productividad de la actividad forestal en sus variados sistemas de producción ha contribuido en la sostenibilidad a la sostenibilidad de la tierra,

sin embargo recomendamos que en las políticas sectoriales se continúe con el proceso de mejoramiento educativo y de capacitación de la mano de obra forestal dado que ha impactado positivamente en la transferencia de la tecnología, pero se debe incentivar la promoción del sector forestal con medidas económicas, políticas y sociales que contribuyan una mayor participación de los productores(as) que contribuyan elevar el índice del cambio tecnológico, es decir que se logre cambiar la cultura de depredadora por la de una producción amigable con el medio ambiente pero productiva para los productores(as).

## Referencias

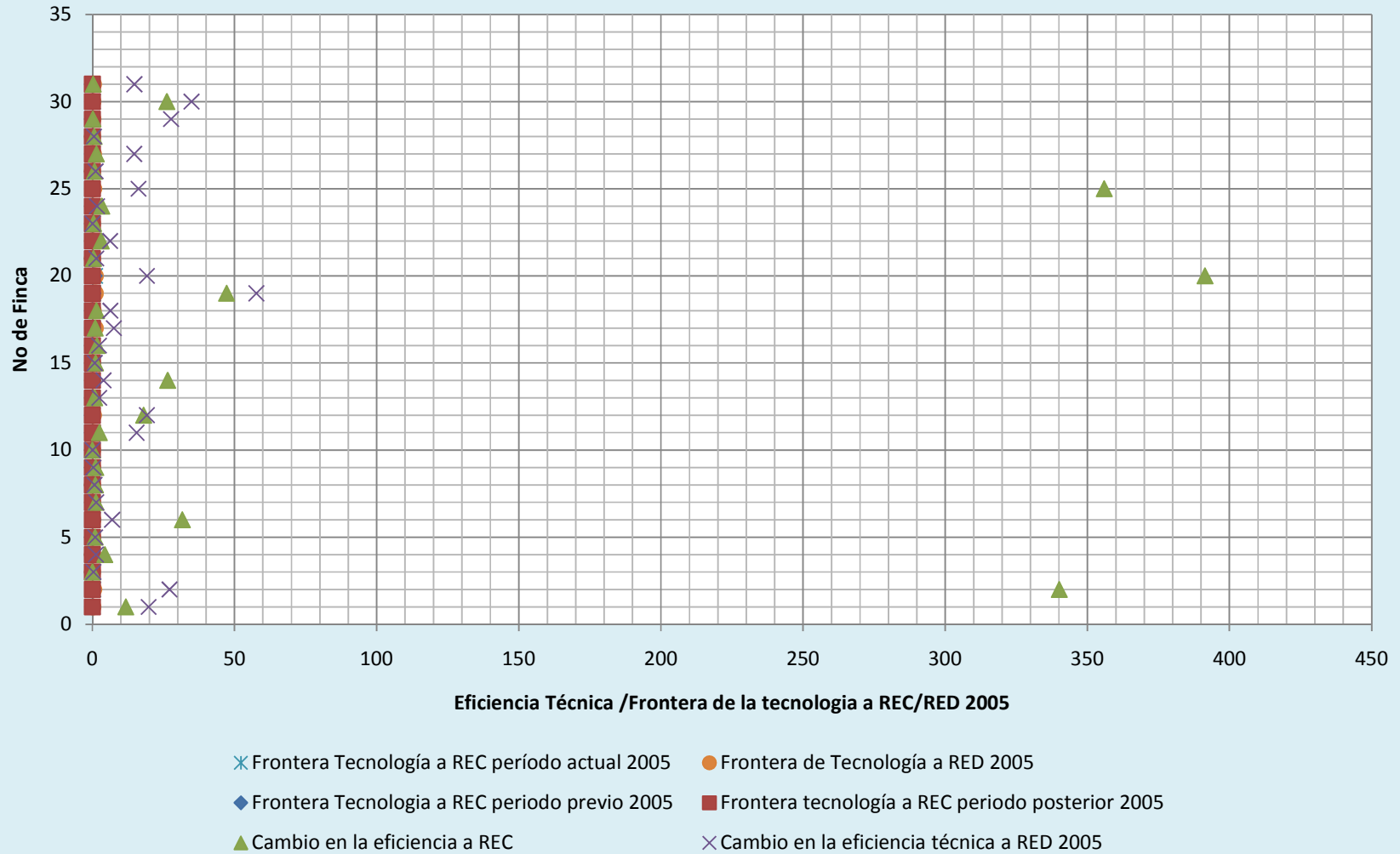
- Ali, A., Seiford, L., 1993. The Mathematical Approach to Efficiency Analysis, In: Fried H.O, Lovell, C.A.K., Schmidt, S. (Eds), The Measurement of Productive Efficiency, Techniques and Applications. Oxford University Press, pp 120-159.
- Bravo, U., Boris, Pinheiro, António E., (1993). Efficiency Analysis of Developing Country Agriculture: A Review of the Frontier Function Literature, Agricultural and Resource Economics Review 22, 88-101.
- Fare, R., S., Grosskopf, and C.A.K. Lovell (1994) Production Frontiers, Cambridge University Press.
- 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.
- Farrell, M. J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency", Journal of the Royal Statistical Society, A CXX, Part 3, 253-290.
- Coelli, T. J. (1992), A Computer Program for Frontier Production Function Estimation: FRONTIER, Version 2.0, Economics Letters 39,29-32.
- Coelli, T. J. (1994), A Guide to FRONTIER Version 4.1: A computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation, mimeo, Department of Econometrics, University of New England, Armidale.
- Coelli, T. J. (1995), Estimators and Hypothesis Tests for a Stochastic Frontier Function: A Monte Carlo Analysis. Journal of Productivity Analysis, 6, 247-268.
- Coelli, T.J., 1996. A guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. Center for Efficiency and Productivity Analysis (CEPA) working paper, Department of Econometrics. University of New England Armidale NSW 2351 Australia. <http://www.une.edu.au/econometrics/cepawp.htm> ISSN 1327-435X, ISBN 1 86389 4969.
- Charnes, A., W.W. Cooper and E. Rhodes (1987), "Data Envelopment Analysis and Axiomatic Notions of Efficiency and References Sets", Research Report CCS 558, Centre for Cybernetic Studies, The University of Texas at Austin.
- Grosskopf, S. (1993), "Efficiency and Productivity", Fried, H.O, C.A.K Lovell and SS Schmidt (Eds), The Measurement of Productive Efficiency, Oxford University Press, New York, 160-194.
- Maurer, Ellen A., (1994) Agroforestry for sustainable development: Policy lessons from central America and Panama. Department of forest resource. University of Minnesota 115 Green Hall 1530 N. Cleveland Ave. St. Paul, MN 55108 USA. Working paper No. 18, 26 pages, December 1994.
- Nijnik, Maria; Oskam, Arie; Nijnik, Albert (2009). Afforestation to increase the provision of ecosystem services: Economic implications for Ukraine and beyond. Contributed paper prepared for presentation at the International Associations of Agricultural Economist Conferences, Beijing, China, August 16-22, 2009.

**Gráfico 1: Cambio de la eficiencia técnica con Tecnología a REC Y RED con output-orientado DEA 2001**



- Frontera de Tecnología a REC periodo actual 2001
- ▲ Frontera tecnología a REC período previo 2001
- \* Frontera Tecnología a RED con output-orientado DEA 2001
- ◆ Cambio de la eficiencia técnica 2001
- × Frontera tecnología a REC período posterior 2001
- Eficiencia técnica a RED 2001

**Gráfico 2: Cambio de la eficiencia técnica con Tecnología a REC/RED con output-orientado DEA 2005**





Anexos

Tabla 1: PANEL DE DATOS PARA MALMQUIST DEA							
DMU	año	output	input	DMU	año	output	input
1	1	100	30	17	2	4600	110
2	1	700	50	18	2	1200	1640
3	1	600	260	19	2	600	330
4	1	60	22	20	2	1800	7600
5	1	300	150	21	2	500	120
6	1	280	10	22	2	500	120
7	1	400	25	23	2	300	15
8	1	280	40	24	2	1000	270
9	1	3000	500	25	2	1000	12000
10	1	280	52	26	2	1200	280
11	1	16800	55	27	2	800	160
12	1	1200	120	28	2	700	40
13	1	2000	36	29	2	200	195
14	1	400	15	30	2	115	80
15	1	2500	80	31	2	750	240
16	1	3600	3380	1	3	2000	200
17	1	2100	202	2	3	4000	95
18	1	1350	38	3	3	150	1286
19	1	1000	450	4	3	80	30
20	1	700	240	5	3	500	150
21	1	200	100	6	3	2000	50
22	1	1200	440	7	3	500	100
23	1	1250	396	8	3	300	100
24	1	2500	132	9	3	600	400
25	1	30392	100899	10	3	500	390
26	1	3360	250	11	3	1800	600
27	1	600	110	12	3	3600	1089
28	1	3846	50	13	3	850	200
29	1	1000	300	14	3	500	40
30	1	200	1510	15	3	600	75
31	1	500	1040	16	3	600	120
1	2	350	250	17	3	600	24
2	2	510	2500	18	3	2200	3434
3	2	1500	200	19	3	10000	192
4	2	800	800	20	3	10000	50
5	2	1740	300	21	3	200	205
6	2	1000	480	22	3	900	115
7	2	1300	200	23	3	600	120
8	2	1400	300	24	3	300	40
9	2	6800	3200	25	3	450	25
10	2	34600	105	26	3	400	205
11	2	400	200	27	3	3400	800
12	2	650	2150	28	3	300	44
13	2	350	40	29	3	1600	14280
14	2	700	900	30	3	1600	70
15	2	2550	220	31	3	3200	5977
16	2	900	180				

Tabla 2: Frontera Tecnología a REC/RED 1998					Tabla 2.1: Frontera tecnología a REC/RED 2001				
no. Finca	Tecnología a REC			ET RED	no. Finca	Tecnología a REC			ET RED
	t-1	t	t+1	t-1		t	t+1		
1	0	0.011	0.01	0.013	1	0.005	0.004	0.007	0.01
2	0	0.046	0.042	0.047	2	0.001	0.001	0.001	0.015
3	0	0.008	0.007	0.036	3	0.025	0.023	0.037	0.043
4	0	0.009	0.008	0.013	4	0.003	0.003	0.005	0.023
5	0	0.007	0.006	0.018	5	0.019	0.018	0.029	0.05
6	0	0.092	0.085	1	6	0.007	0.006	0.01	0.029
7	0	0.052	0.049	0.069	7	0.021	0.02	0.033	0.038
8	0	0.023	0.021	0.025	8	0.015	0.014	0.023	0.04
9	0	0.02	0.018	0.178	9	0.007	0.006	0.011	0.197
10	0	0.018	0.016	0.018	10	1.079	1	1.648	1
11	0	1	0.927	1	11	0.007	0.006	0.01	0.012
12	0	0.033	0.03	0.071	12	0.001	0.001	0.002	0.019
13	0	0.182	0.169	0.204	13	0.029	0.027	0.044	0.036
14	0	0.087	0.081	0.189	14	0.003	0.002	0.004	0.02
15	0	0.102	0.095	0.149	15	0.038	0.035	0.058	0.074
16	0	0.003	0.003	0.209	16	0.016	0.015	0.025	0.026
17	0	0.034	0.032	0.125	17	0.137	0.127	0.209	0.133
18	0	0.116	0.108	0.128	18	0.002	0.002	0.004	0.035
19	0	0.007	0.007	0.059	19	0.006	0.006	0.009	0.017
20	0	0.01	0.009	0.042	20	0.001	0.001	0.001	0.052
21	0	0.007	0.006	0.012	21	0.014	0.013	0.021	0.014
22	0	0.009	0.008	0.071	22	0.014	0.013	0.021	0.014
23	0	0.01	0.01	0.074	23	0.065	0.061	0.1	1
24	0	0.062	0.057	0.149	24	0.012	0.011	0.019	0.029
25	0	0.001	0.001	1	25	0	0	0	0.029
26	0	0.044	0.041	0.2	26	0.014	0.013	0.021	0.035
27	0	0.018	0.017	0.036	27	0.016	0.015	0.025	0.023
28	0	0.252	0.233	0.257	28	0.057	0.053	0.087	0.071
29	0	0.011	0.01	0.059	29	0.003	0.003	0.005	0.006
30	0	0	0	0.012	30	0.005	0.004	0.007	0.005
31	0	0.002	0.001	0.03	31	0.01	0.009	0.016	0.022
mean	0	0.073	0.068	0.177	mean	0.053	0.049	0.08	0.101

Tabla 2.2 Frontera Tecnología a REC/RED 2005				
No Finca	Tecnología a REC			ET RED
	t-1	t	t+1	
1	0.03	0.05	0	0.2
2	0.128	0.211	0	0.4
3	0	0.001	0	0.015
4	0.008	0.013	0	0.029
5	0.01	0.017	0	0.05
6	0.121	0.2	0	0.2
7	0.015	0.025	0	0.05
8	0.009	0.015	0	0.03
9	0.005	0.008	0	0.06
10	0.004	0.006	0	0.05
11	0.009	0.015	0	0.18
12	0.01	0.017	0	0.36
13	0.013	0.021	0	0.085
14	0.038	0.063	0	0.078
15	0.024	0.04	0	0.06
16	0.015	0.025	0	0.06
17	0.076	0.125	0	1
18	0.002	0.003	0	0.22
19	0.158	0.26	0	1
20	0.607	1	0	1
21	0.003	0.005	0	0.02
22	0.024	0.039	0	0.09
23	0.015	0.025	0	0.06
24	0.023	0.038	0	0.047
25	0.055	0.09	0	0.468
26	0.006	0.01	0	0.04
27	0.013	0.021	0	0.34
28	0.021	0.034	0	0.038
29	0	0.001	0	0.16
30	0.069	0.114	0	0.16
31	0.002	0.003	0	0.32
mean	0.049	0.08	0	0.222

Tabla 3: Resumen de Índices de Malmquist 2001

Finca	Cambio en Eficiencia Técnica a REC	Cambio tecnológico	Cambio de la eficiencia pura a RED	Cambio en la eficiencia de escala	Cambio en la productividad total de los factores
1	0.389	1.079	0.771	0.505	0.42
2	0.014	1.079	0.315	0.043	0.015
3	3.013	1.079	1.216	2.478	3.25
4	0.34	1.079	1.806	0.188	0.367
5	2.688	1.079	2.818	0.954	2.9
6	0.069	1.079	0.029	2.386	0.074
7	0.377	1.079	0.544	0.693	0.406
8	0.618	1.079	1.632	0.379	0.667
9	0.328	1.079	1.105	0.297	0.354
10	56.727	1.079	56.067	1.012	61.197
11	0.006	1.079	0.012	0.525	0.007
12	0.028	1.079	0.263	0.106	0.03
13	0.146	1.079	0.175	0.835	0.157
14	0.027	1.079	0.107	0.253	0.029
15	0.344	1.079	0.495	0.694	0.371
16	4.352	1.079	0.125	34.917	4.694
17	3.729	1.079	1.065	3.502	4.023
18	0.019	1.079	0.271	0.07	0.021
19	0.758	1.079	0.292	2.595	0.818
20	0.075	1.079	1.25	0.06	0.081
21	1.931	1.079	1.214	1.59	2.083
22	1.416	1.079	0.203	6.978	1.528
23	5.873	1.079	13.477	0.436	6.336
24	0.181	1.079	0.194	0.933	0.196
25	0.256	1.079	0.029	8.873	0.277
26	0.296	1.079	0.174	1.702	0.319
27	0.85	1.079	0.648	1.312	0.917
28	0.211	1.079	0.277	0.761	0.228
29	0.285	1.079	0.097	2.931	0.308
30	10.06	1.079	0.39	25.81	10.853
31	6.025	1.079	0.734	8.208	6.5
mean	0.444	1.079	0.447	0.994	0.479

Tabla 3.1: Resumen de Índices de Malmquist 2005

Finca	Cambio Eficiencia Técnica a REC	Cambio tecnológico	Cambio de la eficiencia pura a RED	Cambio en la eficiencia de escala	Cambio en la productividad total de los factores
1	11.769	0.607	19.771	0.595	7.143
2	340.066	0.607	27.137	12.531	206.398
3	0.026	0.607	0.346	0.074	0.016
4	4.394	0.607	1.249	3.516	2.667
5	0.947	0.607	0.994	0.952	0.575
6	31.634	0.607	6.92	4.571	19.2
7	1.267	0.607	1.331	0.952	0.769
8	1.059	0.607	0.741	1.429	0.643
9	1.163	0.607	0.305	3.81	0.706
10	0.006	0.607	0.05	0.128	0.004
11	2.471	0.607	15.57	0.159	1.5
12	18.016	0.607	19.163	0.94	10.935
13	0.8	0.607	2.387	0.335	0.486
14	26.48	0.607	3.871	6.841	16.071
15	1.137	0.607	0.814	1.397	0.69
16	1.648	0.607	2.307	0.714	1
17	0.985	0.607	7.522	0.131	0.598
18	1.443	0.607	6.343	0.227	0.876
19	47.197	0.607	57.667	0.818	28.646
20	391.323	0.607	19.222	72.381	844.444
21	0.386	0.607	1.384	0.279	0.234
22	3.095	0.607	6.228	0.497	1.878
23	0.412	0.607	0.06	6.865	0.25
24	3.336	0.607	1.626	2.052	2.025
25	355.886	0.607	16.193	21.978	216
26	0.75	0.607	1.153	0.65	0.455
27	1.4	0.607	14.705	0.095	0.85
28	0.642	0.607	0.538	1.193	0.39
29	0.18	0.607	27.68	0.007	0.109
30	26.198	0.607	34.883	0.751	15.901
31	0.282	0.607	14.763	0.019	0.171
mean	2.64	0.607	3.298	0.8	1.602

Tabla 3.2: Resumen de Promedios Índices de Malmquist 1998-2005

Finca	Cambio Eficiencia Técnica a REC	Cambio tecnológico	Cambio de la eficiencia pura a RED	Cambio en la eficiencia de escala	Cambio en la productividad total de los factores
2	0.444	1.079	0.447	0.994	0.479
3	2.64	0.607	3.298	0.8	1.602
mean	1.083	0.809	1.214	0.892	0.876

Tabla 3.3: Promedios Índices de Malmquist por finca 1998-2005

Finca	Cambio Eficiencia Técnica a REC	Cambio tecnológico	Cambio de la eficiencia pura a RED	Cambio en la eficiencia de escala	Cambio en la productividad total de los factores
1	2.141	0.809	3.904	0.548	1.732
2	2.143	0.809	2.924	0.733	1.734
3	0.278	0.809	0.649	0.428	0.225
4	1.222	0.809	1.502	0.814	0.989
5	1.595	0.809	1.674	0.953	1.291
6	1.477	0.809	0.447	3.303	1.195
7	0.691	0.809	0.85	0.812	0.559
8	0.809	0.809	1.1	0.735	0.655
9	0.618	0.809	0.581	1.064	0.5
10	0.603	0.809	1.674	0.36	0.488
11	0.122	0.809	0.424	0.289	0.099
12	0.711	0.809	2.246	0.316	0.575
13	0.342	0.809	0.646	0.529	0.277
14	0.846	0.809	0.644	1.315	0.685
15	0.625	0.809	0.635	0.985	0.506
16	2.678	0.809	0.536	4.994	2.167
17	1.916	0.809	2.83	0.677	1.551
18	0.166	0.809	1.312	0.127	0.134
19	5.983	0.809	4.105	1.457	4.841
20	10.234	0.809	4.903	2.087	8.281
21	0.863	0.809	1.296	0.666	0.698
22	2.093	0.809	1.124	1.862	1.694
23	1.555	0.809	0.899	1.73	1.259
24	0.778	0.809	0.562	1.384	0.629
25	9.553	0.809	0.684	13.965	7.73
26	0.471	0.809	0.448	1.052	0.381
27	1.091	0.809	3.086	0.353	0.883
28	0.368	0.809	0.386	0.953	0.298
29	0.227	0.809	1.641	0.138	0.183
30	16.235	0.809	3.687	4.403	13.137
31	1.304	0.809	3.292	0.396	1.055
mean	1.083	0.809	1.214	0.892	0.876