



# Green Economic on the forest system impact with emphasis on the Central America and the Caribbean livestock production

Carlos Alberto Zúniga González

Researching Centre for Agrarian Sciences and Applied Economic Director (RCASAE)

National Autonomous University of Nicaragua, León

Address: (505) 2311-1780

E-mail: [czuniga@ct.unanleon.edu.ni](mailto:czuniga@ct.unanleon.edu.ni)

Pedro José Toruño

Researching Centre for Agrarian Sciences and Applied Economic

National Autonomous University of Nicaragua, León

Author Address: (505) 2311-1779

E-mail: [pjoseto@gmail.com](mailto:pjoseto@gmail.com)

José Navas Calderón

Enterprise and Economic Sciences Faculty Lecture, RCASAE Member

National Autonomous University of Nicaragua

Author Address: (505) 2311-0080

E-mail: [josenavas19@yahoo.es](mailto:josenavas19@yahoo.es)

Received: 06/02/2015

Accepted: 06/05/2015

## ABSTRACT

The research was focused on measuring the level of biomass carbon productivity in the Central American countries. To make these measurements we used the IPCC Tier 1 method to determine annual increase carbon storage in biomass carbon loss by wood removals and carbon loss by burning fuel extraction and to measure its impact on productivity forest approach was used for data analysis enclosures (DEA), estimating Malmquist indices.

The growth rate of total factor productivity forest (PTFF) was 0.03% on average in all countries, it shows that El Salvador recorded a growth rate of 1%, 0.04% Belize, Guatemala and Nicaragua, 0.03 % Change in Costa Rica and Honduras, 0.01%, while Cuba and Panama were indifferent in the growth rate.

Classification JEL: O13; O47; Q51; O33; Q57

keywords: Malmquist Indexes, Biomass, Carbon Storage, Carbon losses



# Impacto de los sistemas forestales en la Economía Verde con énfasis en la producción pecuaria de Centro América y el Caribe

Carlos Alberto Zúniga González  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León  
Facultad de Ciencias y Tecnología. Departamento de Agroecología  
Director Centro de Investigación en Ciencias Agrarias y Economía Aplicada  
Teléfono: (505) 2311-1780  
E-mail: czuniga@ct.unanleon.edu.ni  
czunigagonzales@gmail.com

Pedro José Toruño  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León  
Facultad de Ciencias y Tecnología. Departamento de Agroecología  
Centro de Investigación en Ciencias Agrarias y Economía Aplicada  
Responsable de Unidad de Investigación Biorefinería-Bioproductos  
Teléfono: (505) 2311-1779  
e-mail: pjoseito@gmail.com

José Navas Calderón  
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León  
Teléfono: (505) 2311-0080  
e-mail: jairomar@gmail.com

Recibido: 10/02/2015

Aceptado: 10/05/2015

## RESUMEN

La investigación se centró en medir el nivel de productividad de la producción de carbono en la biomasa de los países centroamericanos. Para hacer estas mediciones se utilizó el método Tier 1 del IPCC para determinar incremento anual de almacenamiento de carbono en la biomasa, la pérdida de carbono por extracciones de madera, y pérdida de carbono por extracciones de combustible leña y para medir su impacto en la productividad forestal se utilizó el enfoque de análisis de datos envolventes (DEA), estimando los índices de Malmquist.

El ritmo de crecimiento interanual de la productividad total de los factores forestal (PTFF) fue de 0.03 % en promedio de todos los países, se nota que El Salvador registro un ritmo de crecimiento de 1 %, Belice 0.04 %, Guatemala y Nicaragua, 0.03 %, en Cambio Costa Rica y Honduras, 0.01 %, mientras que Cuba y Panamá se mostraron indiferente en el ritmo de crecimiento.

Clasificación JEL: O13; O47; Q51; O33; Q57;

Palabras Claves: Índices de Malmquist, Biomasa, Almacenamiento de Carbono, Pérdidas de Carbono.



## 1- INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales se pueden definir como una serie de tecnologías del uso de la tierra, en las que se combinan árboles con cultivos y/o pastos, en función del tiempo y del espacio, para incrementar y optimizar la producción en forma sostenida (Fassbender, 1987). Hablamos de árboles asociados a cultivos agrícolas (sistemas agroforestales), árboles asociados a las pasturas (sistemas silvopastoriles) y árboles asociados con fines de restitución de la vegetación (sistemas agroforestales secuenciales). El principio radica esencialmente en que el árbol, asociado a determinado cultivo o crianza, contribuye al mejoramiento o conservación de la fertilidad de los suelos y del microclima, además de brindar otros aportes económicos y ecológicos al medio ambiente. La semejanza al sistema ecológico del bosque, hace que los sistemas sean más adaptados a la ecología, que los sistemas de producción a campo abierto.

El bosque es un sistema productor de biomasa en grandes cantidades, de la cual un 5% aprox. se encuentra en la superficie del suelo, como materia muerta en descomposición, para ser asimilada nuevamente por las plantas del sistema.

La deforestación, con la quema adicional, interrumpe este ciclo abruptamente y los suelos sólo pueden mantener parte de esta fertilidad, si es que los sistemas nuevos de producción aportan cantidades aceptables de hojarasca para su incorporación y cobertura del suelo. Los cultivos en limpio, o sea en monocultivo, son los que menos materia incorporable aportan. Los sistemas agroforestales se encuentran en un plano intermedio entre el bosque y los cultivos en limpio (Zúniga: 2011b).

Los sistemas de producción pecuarios al igual que los sistemas de producción agrícola requieren de la integración de sistemas arbóreos para optimizar los sistemas de producción. Indubitablemente, la problemática de la producción pecuaria en cuanto a emisiones de gases efectos invernadero (metano), está relacionada con las emisiones de gases efectos invernadero por las variaciones anuales de la biomasa.

Vivimos tiempos de recalentamiento. Quizás, la actividad pecuaria y forestal en su relación con el clima sea la expresión más notoria de una aceleración económica que ha recalentado los motores, quemando todo a su paso. En unas pocas décadas la productividad ha decrecido enormemente. Aparecieron las economías de escala, un aumento en la acumulación de capital, las fusiones crecientes de empresas, la expansión de los mercados, la globalización.

En este escenario, donde el poder de los sistemas económicos pudiente se concentra y las desigualdades se agudizan en los sectores más desposeídos, las economías nacionales terminan muchas veces supeditadas al poder de gigantes transnacionales y se priorizan, fomentan y habilitan aquellas formas productivas que resultan funcionales al modelo y, cada vez más, a la especulación financiera. Notoriamente, se trata de producciones a escala, con gran productividad a corto plazo, con gran inversión de capital privado, corporativo, generalmente con uso intensivo de paquetes tecnológicos, con acceso a mercados grandes o medianos.

En la otra punta de la cadena, y cerrando un círculo vicioso, se crean mercados de muy alto consumo. La renovación de las mercancías alcanza en algunos países –donde están los mayores mercados de consumo– un ritmo vertiginoso: todo se usa y tira, se renueva rápidamente, viene empaquetado, pronto para comer, desde los más distantes confines del mundo a la góndola de su supermercado. Se necesita cada vez más hierro, más madera, más celulosa, más energía. El planeta se ha convertido en un gigantesco mercado impersonal, sin la gracia de los aromas y los Intercambios del “bazaar”... Corporaciones que producen, corporaciones que transportan, corporaciones que venden.

Obviamente, las economías locales, la gestión comunitaria, la posesión colectiva no tienen cabida en las planificaciones que priorizan las exportaciones, la macroeconomía, la inversión de capitales, y donde los sistemas pecuario juegan un rol participativo por alcanzar una economía verde.

Parecería que nadie contabiliza los costos “externalizados” del gasto masivo de agua, la pérdida de nutrientes del suelo, la



destrucción de ecosistemas, el apetito voraz de combustibles fósiles con la consiguiente liberación irreparable de carbono, el descalabro social que acarrea la expulsión y marginación de comunidades, la pérdida de rumbo en la búsqueda del bienestar de una economía verde.

El trabajo lo hemos organizado en una segunda sección para describir los datos y la metodología utilizada, en una tercera sección presentamos los resultados par a posteriormente presentar las conclusiones y recomendaciones a los hacedores de política.

## 2- MATERIALES Y MÉTODOS

### Datos

El estudio utilizó las bases de datos del sistema de estadísticas de la Organización de la Alimentación y agricultura en Roma. Ha sido disponible para acceder y descargar todos los datos necesarios en el sitio Web de la FAO.<sup>1</sup>

El análisis empírico en este estudio involucra a los datos anuales de 8 países de Centro América, durante el periodo 1990 al 2007. La actividad forestal es importante en la contribución al producto interno de los países, pero también esta actividad representa emisiones de gases de efecto invernadero.

Cobertura de países: El estudio incluye 8 países de Centro América. Estos países tienen sistemas forestales en sus diferentes subsistemas: silvopastoril, plantaciones puras, agroforestería, y con una buena representación de especies arbóreas que en sus incrementos interanuales producen carbono almacenado en las variaciones de biomasa. Los países incluidos en este estudio son: Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y Cuba.

Periodo de tiempo: El presente estudio esta basado en los resultados del periodo de 1990 al 2007, se consideran 28 observaciones.

Serie de Salida (Output): Debido a los problemas de grados de libertad con la aplicación de la metodología DEA, el presente estudio usa una variable outputs. Por las características de la producción forestal se refiere el total de productos forestales medidos en m<sup>3</sup>.

Serie de entradas (Inputs): Dado las restricciones en el número de variables que pueden ser usados en el análisis DEA, optamos por considerar las siguientes variables consideradas en el sistema de producción forestal donde es importante valorar el impacto de las variaciones de biomasa:

Tierra: La variable cubre la superficie utilizada para el uso de actividades forestales, expresados en miles de hectáreas.

Inversión: Esta variable comprende las inversiones brutas de capital para el desarrollo de tierras agrícolas, expresada en precios constantes del 2005 en millones de dólares.

Mano de obra: Esta variable está referida a la población total económicamente activa en agricultura (actividad forestal), esta población es estimada por la división de estadísticas de la FAO en miles de personas.

<sup>1</sup> Estos datos están disponible en <http://faostat.fao.org/>



Carbono: Esta variable representa los incrementos anuales en carbón almacenadas de biomasa, expresadas en m<sup>3</sup>.

Extracción de madera: Esta variable representa las pérdidas de carbono anuales por volumen extracciones anuales de madera expresada en m<sup>3</sup>.

Combustible leña: Esta variable representa las pérdidas de carbono anuales por volumen extracciones anuales combustible leña de árboles enteros y de partes de árboles, expresados en m<sup>3</sup>.

## Metodología

Se utilizó la metodología de Análisis de Datos Envolventes (DEA por sus siglas en inglés), para ello Coelli, et al. (2007), aplica una medida de eficiencia medioambiental alternativa que involucra la incorporación de materiales en un balance de la condición en el modelo de producción. Para nuestro caso, se considera los incrementos anuales de carbono almacenados en la biomasa de la producción forestal. En este modelo, donde el vector de salida (Output) deseable fue ajustado y vistos como componente neto del balance de la producción de carbono definido en la ecuación 1:

$$N(q, a) = \min\{(a')x / (x q)\} \in P \text{ donde } P \text{ es el conjunto salida} \quad (1)$$

Donde q es ajustado, al balance agregado de carbono que es minimizado cuando los agregados de la entrada (input) de extracción de madera como componentes contenido en  $(N = a'x)$  es minimizado<sup>2</sup>. En este método, en lugar de minimizar las entradas al sistema forestal, se minimizan los incrementos anuales de carbono en el vector de entradas. Esto es realizado en la actividad forestal en sus variados sistemas de producción y especies arbóreas, si produce un balance más bajo en la producción de carbono implica necesariamente perdida como efecto de la extracción de madera.

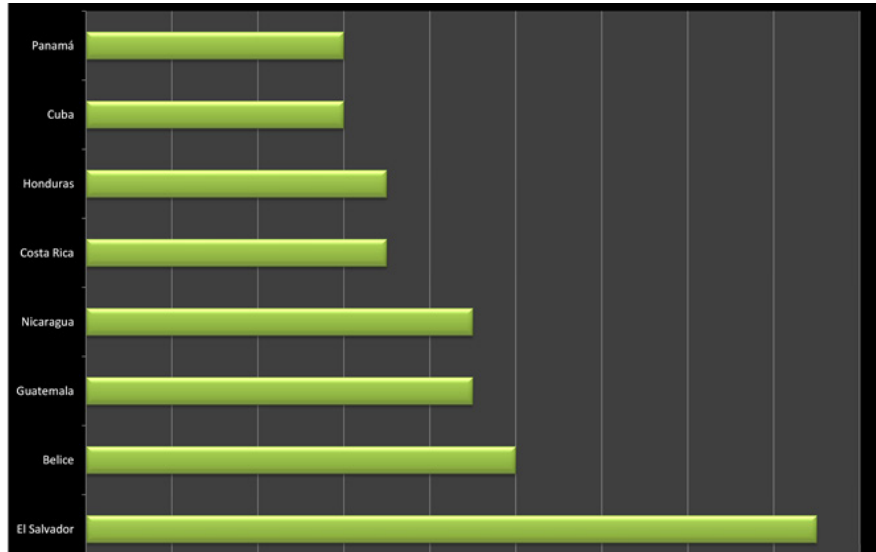
El vector de entrada contiene el mínimo de carbono es denotado por  $x_c$  y el mínimo de carbono producido anualmente es igual a  $N_e = a'x_c$ . El carbono de biomasa contenido en el vector de entrada es denotado por  $N = a'x$ . El vector de entrada representa eficiencia técnica por incrementar el carbono almacenado en la biomasa es denotado por  $x_t$ .

Estos tres vectores de entrada son ilustrados en la Figura 1, por el simple caso donde hay dos variables. La pendiente de los componentes de la curva de iso-sistema forestal refleja los porcentajes de las dos entradas de los componentes contenidos en la en los subsistemas de producción forestal donde se asumen los productos forestales. El intercepto de estas línea representa la cantidad total de carbono (N) contenido en los vectores de entrada  $x$ ,  $x_c$ ,  $x_t$ . La curva de los componentes de sistemas forestal que pasan a través de los puntos observados  $(x_1, x_2)$  tienen un largo intercepto tanto que la línea pasando a través de los puntos de la eficiencia técnica  $(x_{1t}, x_{2t})$ , punto que tiene un intercepto que es tan largo como la línea que pasa a través el punto de minización del componente de economía verde  $(x_{1e}, x_{2e})$ .

Seguidamente, se definen la eficiencia de los componentes orientado de los sistemas producción forestal (EF), eficiencia técnica (ET), y los componentes orientados de la eficiencia técnica asignativas (EAF).

$$ET(q, x) = \min_{\theta} \theta | (\theta x, q) \in Y \quad (2)$$

<sup>2</sup> En este caso se excluye donde la producción de carbono es negativo. La realidad es que si hay balance positivo de la producción forestal considerando el carbono como almacenamiento en la biomasa. El balance positivo considera la disminución de carbono por extracciones de madera en sus diferentes tipo esto tiene su impacto en la capa de ozono como un gas de efecto invernadero. Un positivo balance de carbono es denotado por el agregado.



Donde  $\theta$  es un escalar que toma valores entre 1 y 0. El vector  $x_t$  es la solución optimizada al problema.  $V_t = a' x_t$  es definido como contenido de productos forestales que definen el volumen de carbono en biomasa en el vector de eficiencia técnica y de ahí resulta:

$$ET = \frac{V_t}{V} = \frac{a' x_t}{a' x} = \theta \quad (3)$$

Siguiendo a Coelli, et al. (2007), la medida de eficiencia del componente de sistema forestal orientado (EF) de una finca definido por el volumen de biomasa porcentaje de la minimización de del sistema de producción forestal en la pérdida de biomasa por extracción de productos forestales considerando el almacenamiento de carbono por biomasa como componentes observados en los subsistemas forestales:

$$ET = \frac{V_e}{V} = \frac{a' x_e}{a' x} \quad (4)$$

Entonces, EF puede ser descompuesto en eficiencia técnica (ET) y componente orientado del sistema forestal de eficiencia asignativas forestal (EAF)<sup>3</sup>:

$$EF = ET \times EAF \quad (5)$$

donde,

$$EAF = \frac{V_e}{V_t} = \frac{a' x_e}{a' x_t} \quad (6)$$

ETF relaciona la operación del país frontera de la producción forestal tecnológica<sup>4</sup> (por ejemplo la curva de posibilidad de producción) mientras EAF relaciona el correcto input dado los volúmenes de carbono almacenado en biomasa. Todas las medidas de eficiencia toman valores entre 1 y 0. El valor de unidad indica el total eficiencia, mientras que la unidad menor de la unidad implica ineficiencia.



Como se expresó en Coelli, et al. (2007), EF puede ser estimado siguiendo el procedimiento similar para estimar la eficiencia de costos en la cual el vector de contenido de carbono de las entradas (a) es usado en lugar de precios.

Hay algunas ventajas de usar la medida de eficiencia orientada de sistemas forestales. Primeramente, en la definición de las distancias de las funciones y la función frontera (por ejemplo función de ingresos, costos y beneficios), este enfoque permite la estimación de precios sombras de un sistema de producción forestal que en nuestro caso no se consideran, pero sin embargo se considera las pérdidas de carbono por extracciones de productos forestales. Esto fue discutido en Coelli, et al. (2007).

La segunda ventaja es que la eficiencia del componente orientado del sistema de producción forestal (F) en la actividad económica forestal y la medida de productividad es aplicable al análisis de la producción forestal considerando la pérdida de carbono del almacenamiento de biomasa. En la actividad forestal de Centro América, por ejemplo, hay temas concernientes al balance del almacenamiento de biomasa. Este enfoque puede cuantificar la eficiencia y la productividad aplicando el sistema forestal con el balance de almacenamiento de Carbono en biomasa. Las pérdidas de carbono por el incremento interanual en la extracción de madera.

Coelli, et al. (2007) discutió el caso cuando hay dos componentes en una actividad productiva (Sistemas forestales por país) el cual requirió dos materiales en el balance de la ecuación. Si hay dos entradas y una salida, las ecuaciones serían:

$$z_1 = a_{11}x_1 + a_{21}x_2 - b_1q \quad (7)$$

y,

$$z_2 = a_{12}x_1 + a_{22}x_2 - b_2q \quad (8)$$

Si los pesos elegidos son  $v_1$  y  $v_2$ , entonces el balance por pérdida de carbono en biomasa de la ecuación llega a ser

$$z_1 + v_2z_2 = (v_1a_{11} + v_2a_{12})x_1 + (v_1a_{21} + v_2a_{22})x_2 - (v_1b_1 + v_2b_2) \quad (9)$$

y normalmente procede el método.

Por ejemplo, el sistema forestal para la producción de carbono usa diferentes subsistemas arbóreos de producción tanto para la producción de carbono como la pérdida por extracción de productos forestales. Los materiales del balance de la ecuación (9) pueden ser usados para estimar el balance de los materiales por pérdida de carbono dado el peso particular elegido para los diferentes productos forestales.

La tercera característica deseable de este enfoque es que evita la correlación entre las salidas no deseadas y las convencionales entradas en los estudios empíricos. Por ejemplo, uno puede querer comparar el comportamiento de las fincas de los países centroamericanos producen emisiones de gas invernadero y extracciones debido a los cambios en la biomasa, de materia orgánica muerta y suelos de carbón orgánico en tierras forestales, (Performance). El modelo de producción puede tener tierras forestales con pérdidas de carbono en las variaciones de biomasa como una salida indeseable, mientras la producción de carbono como entrada.

<sup>3</sup> En nuestro estudio no mediremos la eficiencia asignativas, es solamente ilustrativo para explicar el modelo.

<sup>4</sup> En nuestro estudio nos referimos a las tecnologías para mejorar la ingesta de los rumiantes de doble propósito.



De acuerdo a las notas metodológicas del Panel intergubernamental del cambio climático (IPCC por sus siglas en inglés) estimada la ganancia y pérdida de biomasa. La ganancia incluye el crecimiento total de biomasa (en suelos superficiales y subterráneos). Las pérdidas son extracciones de madera en rollo por aprovechamiento, extracciones de combustible leña por aprovechamiento y pérdidas por disturbios como el fuego, insectos, enfermedades y otros. Cuando tales pérdidas ocurren en suelos subterráneos la biomasa es también reducida y transformada en materia orgánica muerta (MOM).

Se utilizo el software del IPCC, Para estimar la emisión total se utilizo el software IPCC 20065 . En nuestro caso se usa:

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} \cdot G_{TOTAL_{i,j}} \cdot CF_{i,j}) \quad (10)$$

donde,

$\Delta C_D$  = Incremento anual en inventario de biomasa de carbono debido al crecimiento de la biomasa en tierras restante del mismo uso de tierra por categoría del tipo de vegetación y zona climática, toneladas de C por año<sup>-1</sup>

$3_{S,G}$  = área de tierra restante en la misma categoría de uso de tierra, ha.

$IJKLM_{N,o}$  = crecimiento de biomasa anual promedio, toneladas d.m ha año<sup>-1</sup>

$i$  = zona ecológica ( $i=1$  a  $n$ )

$j$  = dominio del clima ( $j=1$  a  $m$ )

$Cl_{P,Q}$  = fracción de carbono de materia seca, tonelada C (tonelada d.m)<sup>-1</sup>

$IJKLM_{N,o}$  es el crecimiento de biomasa total expandido del crecimiento de biomasa tierra superficial ( $G_w$ ) para incluir el crecimiento de la biomasa de tierra subterránea. Siguiendo el método Tier 1, este puede ser llevado a cabo usando valores por defecto de  $G_w$  para arboles regenerado naturalmente o categorías ampliadas de plantaciones juntas con  $R$ , el ratio de biomasa de tierra superficial diferenciada por madera de tipo de vegetación. En Tiers 2 y 3, el incremento anual neto ( $I_n$ ) puede ser usado con la densidad básica de madera ( $D$ ) y el factor de expansión de biomasa ( $FEB_1$ ) o directamente con conservación de biomasa y factor de expansión (FECBI) para el incremento neto de conservación anual para biomasa de tierra superficiales incrementa para cada tipo de vegetación.

Incremento promedio anual en biomasa

Tier 1

$$G_{TOTAL} = \sum_{i,j} (G_w \cdot (1 + R)) \quad (11)$$

<sup>5</sup> Este software está disponible en el sitio web del IPCC y esta disponibles libremente para su descarga.





Data de biomasa incremento (materia seca) son usadas directamente

Tier 2 y3

$$G_{TOTAL} = \sum_{i,j} (I_V \blacksquare FECB \blacksquare (1 + R)) \quad (12)$$

Dato de incremento anual neto son usados para estimar  $G_w$  por aplicación de conservación de biomasa y factor de expansión.

donde,

$G_{TOTAL}$  = crecimiento promedio anual de biomasa superficial y subterránea, tonelada d.m ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$G_w$  crecimiento promedio anual de tierra superficial para tipo de vegetacion de madera especifica, toneladas d.m ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

R= razón de biomasa de tierra subterránea por biomasa de tierra superficial para tipo de vegetación específica, en toneladas d.m ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. R debe ser cero si no asume cambios de biomasa para tierras subterráneas asignada al modelo (Tier 1).

$V_w$  = incremento anual promedio neto para tipo de vegetación específico, m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$FECB$  conservación de biomasa y factor de expansion para conversion de incremento anual neto en volumen (incluido la corteza) para crecimiento de biomasa de tierra subterránea para tipo de vegetación específica, toneladas de crecimiento de tierra superficial (m<sup>3</sup> incremento anual neto)<sup>-1</sup>. Si el valor de  $FECB$  no esta disponible y si el factor de expansión de biomasa (FEB) y la densidad básica de la madera (D) valores estimados separadamente, entonces la siguiente conversión puede ser usada:

$$FECB_I = FEB_I \blacksquare D /$$

El factor de expansión de biomasa ( $FECB_I$ )<sup>3</sup> expande el volumen comerciable al volumen total de biomasa para tierra superficial para contabilizar incremento de componente nos comerciables.  $FECB_I$  es menos dimensinadoes menos dimensinado Estimar  $FECB_I$  para biomasa de madera con hojas permanentes en tierras no forestales tales como pastos (sabanas), cultivos agroforestales, hortalizas, café, té, y caucho no puede ser realmente disponible. In este caso, el valor por defecto  $FECB_I$  de uno de los tipos más cercanos para vegetación no forestal poder ser usado para convertir biomasa comerciable para biomasa total.  $FECB_I$  es relevante solamente para biomasa de madera de hojas permanente las cuales son disponibles para datos de biomasa comerciable.

Para arbustos, hierbas y cultivos, el dato de incremento de biomasa en términos de toneladas o de materia seca por hectárea puede ser directamente disponible y en este caso usar la ec. 12 no será necesario.



### Sistema forestales - orientado (F) total factor productividad (Variaciones de Biomasa)

En esta sección presentamos el uso del sistema forestal-orientada que se entiende como la optimización de la ganancia de biomasa los insumos donde se consideran las reducciones emisiones gases efectos invernadero por pérdidas de carbono para medir los índices de eficiencia y Productividad Total de los Factores forestales (PTFF) para ganancias de biomasa. Estos índices reconstruyen el concepto de el índice de Malmquist PTF output-orientado, propuesto primeramente por Caves, et al. (1982a; b). El índice es construido para medir una distancia radial de los vectores de salida y entrada (sistema de producción pecuario) en un periodo  $t$  y  $t+s$  relativo a dos referencias tecnológicas: tecnología en el periodo  $t$  y tecnología en el periodo  $t+s$ .

Primeramente, usando la tecnología (para variaciones de biomasa) en el periodo  $t$  como una referencia de la tecnología, el índice de Malmquist Sistemas Forestales orientado para el periodo  $t$  y  $t+s$  es definido como los cambios en la eficiencia de sistemas forestales orientado en el periodo  $t+s$  sobre el periodo  $t$ :

$$M_i^t = \frac{EF_i^{t,t+s}}{EF_i^{t,t}} \quad (13)$$

donde el primer y segundo superíndice refieren al variación de biomasa tecnológica (considerando la reducción de gases efectos invernadero por pérdidas de carbono) en el periodo de tiempo respectivamente. El subíndice "I" refiere a la entrada orientada o la orientación de los insumos. Por ejemplo,  $EF_i^{t,t+s}$  refiere al resultado de la eficiencia ambiental produciendo con menos metano calculada usando los datos observados para cada finca de cada país operando en el periodo  $t+s$  relativo a la referencia de la tecnología pecuaria del periodo de tiempo  $t$ , usando como input-orientado la estructura de la economía verde.

Similarmente, usando la economía verde como tecnología pecuaria en el periodo  $t+s$  como una referencia tecnológica ambiental, un índice PTFF de Malmquist para una economía verde orientado puede ser definido como:

$$M_i^{t+s} = \frac{EF_i^{t+s,t+s}}{EF_i^{t+s,t}} \quad (14)$$

Nuestro PTFF Índice de cambio (CPTFF) es entonces definido como el promedio geométrico de dos índices previos:

$$CPTFF^{t,t+s} = \left[ \frac{EF_i^{t,t+s}}{EF_i^{t,t}} \times \frac{EF_i^{t+s,t+s}}{EF_i^{t+s,t}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

Todas las F están definidas como sigue:

$$EF_i^{t,t} = a'x_e^{t,t} / a'x^{t,t} = a'x_e^{t,t} / a'x^{t,t} \times a'x_t^{t,t} / a'x^{t,t} = EAV_i^{t,t} \times ET_i^{t+s,t+s} \quad (16)$$



$EF_i^{t,t}$  puede ser estimado en una estructura entrada orientadas (por ejemplo por minimización DEA) y  $EF_i^{t,t}$  es estimado en una estructura de entradas orientadas estandar dado un input beta (carbono)  $X^{t,t}$  del tiempo t correspondiente especificado a un nivel de salida de  $_*$  en el tiempo t.

$$EF_i^{t+s,t+s} = a'x_e^{t+s,t+s} / a'x^{t+s,t+s} = a'x_e^{t+s,t+s} / a'x^{t+s,t+s} X a'x_t^{t+s,t+s} / a'x^{t+s,t+s} = EAF_i^{t+s,t+s} x TE_i^{t+s,t+s} \quad (17)$$

$EF_i^{t+s,t+s}$  es estimado en una estructura de entrada de insumo-orientado en sistemas forestales  $EF_i^{t+s,t+s}$  es estimado en una estructura de Estrada orientada dado un vector insumo  $x^{t+s,t+s}$  en un tiempo correspondiente a un nivel de salida correspondiente a  $q^{t+s}$  en el tiempo t+s.

$$EF_i^{t,t+s} = a'x_e^{t,t+s} / a'x^{t,t+s} = a'x_e^{t,t+s} / a'x^{t,t+s} X a'x_t^{t,t+s} / a'x^{t,t+s} = EAF_i^{t,t+s} x TE_i^{t,t+s} \quad (18)$$

$EF_i^{t,t+s}$  es estimado en una estructura de insumo orientado a sistemas forestales y  $TE_i^{t,t+s}$  estimado en una estructura estandar de insumo orientado dado el vector insumo vector  $x^{t,t+s}$  del tiempo t+s correspondiente a un nivel especifico de salida o producto (leche y carne ) de qt en el tiempo t.

$$EF_i^{t,t,s} = a'x_e^{t,t,s} / a'x^{t,t,s} = a'x_e^{t,t,s} / a'x^{t,t,s} X a'x_t^{t,t,s} / a'x^{t,t,s} = EAF_i^{t,t,s} x TE_i^{t,t} \quad (19)$$

$EF_i^{t,t,s}$  es estimado en una estructura de insumo orientado a sistemas forestales (F) y  $EF_i^{t,t,s}$  es estimado en una estructura de insumo orientado dado un vector insumo  $a' x^{t,t,s}$  del tiempo t correspondiente a un nivel especifico de producto pecuario de  $q^{t+s}$  en el tiempo t+s.

Seguindo a Caves, et al. (1982a;b), el indice estandar de la PTF de Malmquist con insumo orientado es definido como

$$PTF_i \left[ \left[ EV_i^{t,t+s} / ET_i^{t,t} \right] x \left[ ET_i^{t+s,t+s} / ET_i^{t+s,t} \right] \right]^{\frac{1}{2}} \quad (20)$$

el cual puede ser descompuesto en

$$CPTF_i = ET_i^{t+s,t+s} / ET_i^{t,t} \left[ ET_i^{t,t} / ET_i^{t,t+s} X ET_i^{t+s,t+s} / ET_i^{t+s,t+s} \right]^{\frac{1}{2}} = CET_i X CT_i \quad (21)$$

donde  $CET_i$  es el cambio de la eficiencia técnica y cambio tecnológico  $CT_i$ , es el promedio geométrico de los dos índices de cambio tecnológico, evaluado en el periodo t y el periodo t+s respectivamente de los datos de estos puntos.

Asi que usando la ecuación 21, podemos tener

$$CPTFF_i = CPTF_i X \left[ TETF_i^{t,t+s} / ETF_i^{t,t} X ETF_i^{t+s,t+s} / ETF_i^{t+s,s} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (22)$$

y de ahi

$$CPTFV_i = CET_i X CT_i \left[ ETV_i^{t,t+s} / ETV_i^{t,t} X ET_i^{t+s,t+s} / ET_i^{t+s,t} \right]^{\frac{1}{2}} = CET_i X CT_i \quad (23)$$

El cambio de la eficiencia técnica (CET) refiere los cambios en la eficiencia técnica de los países observados contra el cambio eficiencia técnica de las fincas de cada país, (CT) refiere al cambio de la frontera tecnológica, que miden el comportamiento ambiental en las variaciones de biomasa (performance).



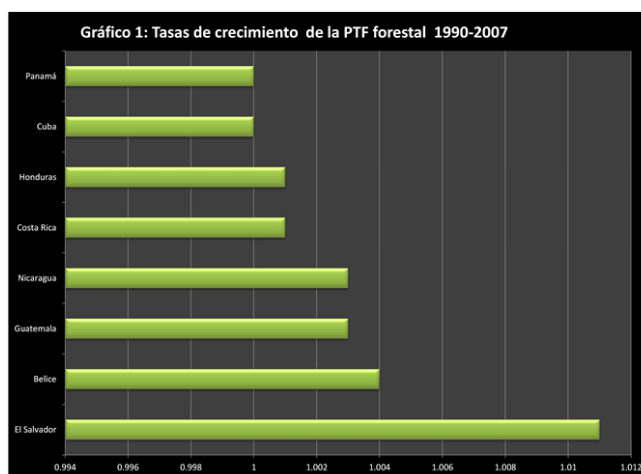
### 3- RESULTADOS

En esta sección presentamos los resultados obtenidos del cálculo para medir la productividad total de los factores forestales (PTFF). Dado que son 28 observaciones anuales de 8 países centroamericanos, hemos obtenido una cantidad de productos descritos computarizados. Estos cálculos involucran la solución de  $(8 \times (3 \times 28 - 2)) = 656$  problemas de programación lineal. Tenemos cientos de segmentos de información en los resultados de eficiencias y sus pares para cada país en cada año estudiado. También, presentamos medidas de cambio en la eficiencia técnica forestal, cambio en la productividad de los factores forestales por cada país en cada par adyacente.

El propósito de nuestra investigación fue medir la productividad de la producción forestal en los 8 países centroamericanos donde consideramos un enfoque de la economía verde incorporando dentro del modelo insumos que el IPCC evalúa como ganancia o pérdida de carbono en el almacenamiento de la biomasa forestal.

El cuadro # 1 de los anexos presenta los cambios promedios geométrico de la eficiencia y productividad de la actividad productiva forestal, donde se asume los incrementos anuales de carbono por variaciones en los almacenamientos de biomasa, donde se considera la pérdida de biomasa por extracción de madera por productos forestales, combustible leña, principalmente que incide en las emisiones de gases efecto invernadero (GEI). Los datos fueron ordenados de acuerdo a los resultados de forma descendente. En promedio geométrico El Salvador fue el país que obtuvo un 1 % de crecimiento interanual en su ritmo de crecimiento durante el periodo 1990-2007, este cambio en el ritmo de crecimiento de la productividad total de los factores forestales se debió fundamentalmente al cambio tecnológico, es decir la tecnología forestal utilizada para la captura de carbono y por ende garantizar la ganancia de biomasa forestal. Los demás países registraron un leve crecimiento en su ritmo de crecimiento interanual de un 0.04 -0.03 % para el primer registro encontramos a Belice, seguido de Guatemala, Nicaragua. Por su parte Costa Rica y Honduras indicaron un leve crecimiento de 0.01 %. En el caso de Cuba y Panamá no mostraron registro de crecimiento ni decrecimiento, es decir se mostraron indiferentes en este tipo de modelo estudiado.

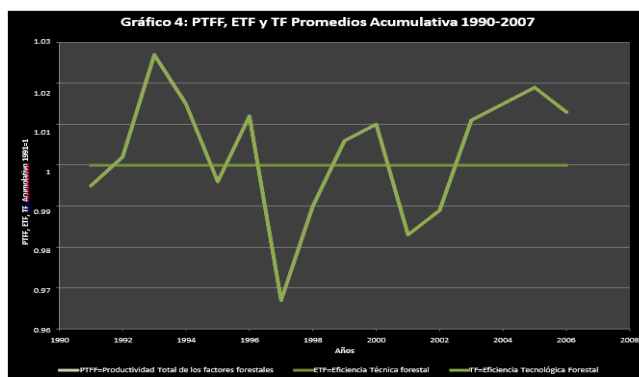
En el gráfico # 1 se presentan las tasas de crecimiento de la productividad total de los factores forestales (PTFF), donde se refleja el leve crecimiento de los países en relación con el modelo propuesto de estudio que implica un resultado positivo en función de disminuir la pérdida anual de carbono debido a las extracciones de productos forestales en la biomasa.



En la tabla 2 y el gráfico # 2 se presentan las variaciones interanuales en el ritmo de crecimiento de la productividad total de los factores forestales, la eficiencia técnica forestal y el cambio tecnológico durante el periodo 1990-2007.



En el gráfico # 2 se puede apreciar que las variaciones de la PTFF y el cambio tecnológico tienen el mismo comportamiento, debido a que el cambio en el ritmo de crecimiento de la PTFF se debió fundamentalmente al cambio tecnológico. De tal manera, que notamos un decrecimiento en el periodo 1990-1997 en condiciones por debajo de la frontera tecnológica, comportándose de manera creciente con valores negativos hasta el 2000, iniciando nuevamente un decrecimiento que se recupera en el siguiente año con una tendencia creciente hasta el 2007.



En la tabla 3 presentamos los cálculos para indicar las veces que los países sirvieron de pares en las condiciones de balance que el modelo propuesto estudia. En tal sentido, se eligieron dos corte el primero fue en 1990 y el segundo en 2007. En el primer corte Belice sirvió de par una vez a Panamá, aumentando dos veces en el 2007 sirviendo de para a Cuba y Honduras. Cuba sirvió de para en el primer corte a Panamá no logrando mantenerse en el 2007. El Salvador indica que sirvió de par solamente en el 2007 y fue para Panamá. Honduras sirvió de para en los dos corte para Panamá en el primer corte y para Cuba en el segundo.

#### 4- CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

De los resultados podemos hacer comparaciones con resultados de otros estudios aunque no considerando este tipo de balance, pero si son referentes en cuanto a la productividad de los países estudiados en el cuadro 4 se muestran algunos de los autores y estudios aplicados y en el

4.1 algunos resultados de estudios en países de América Latina donde se incluye a Centro América. Los resultados son congruentes con los estudios similares utilizando le mitología DEA como se puede apreciar en la tabla 4 y 4.1. De igual manera, en Zúniga (2011), Leudena (2003), Leudena (2007), Yeboah (2011) se pueden encontrar resultados similares.

Un conclusión general es que el ritmo de crecimiento interanual fue leve, pues apenas alcanzó un 0.03 %. En este estudio se puede valorar de positivo considerando que estos países realizan esfuerzos en sus procesos tecnológicos para disminuir la pérdida anual de carbono producto de las extracciones de productos forestales como combustibles Lena, madera en rollo, y otros productos forestales.

Los tomadores de decisiones deben considerar modelos que incorporen este tipo de variables para medir la productividad en las tecnologías para el manejo forestal sostenible. Esta situación es importante para valorar el impacto de la captura de carbono para la pérdida o ganancia en la biomasa y por ende contribuir al cambio climático reduciendo los gases de efecto invernadero.



## 5- BIBLIOGRAFÍA

- Arnade, C., (1998). "Using a Programming Approach to Measure International Agricultural Efficiency and Productivity", *Journal of Agricultural Economics*, 49, 67-84.
- Avila, A.F.D., and R.E. Evenson (1995). "Total Factor Productivity Growth in Brazilian Agriculture and the Role of Agricultural Research." *Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*. Volume 1: 631-657.
- Ball, V. Eldon, Bureau, J.C., Butault, J.P., Nehring, R., (2001) "Levels of Farm Sector Productivity: An International Comparison", *Journal of Productivity Analysis*, 15, 5-29.
- Berra, G., Finster, L., Castanuma, E., Maldonado, V.(2000): Reducción y opciones de mitigación de emisiones del metano del ganado bovino. Ministerio de desarrollo social y medio ambiente. Secretaría de desarrollo sustentable y política ambiental, Argentina (2000).
- Bonilla J. A., Flores, C. L.: Emisiones del metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. *Revisión, Rev. Méx. Ciencias pecuarias* 2012 (3) 2: 215 – 246.
- Bureau, C., R. Färe and S. Grosskopf (1995), "A Comparison of Three Nonparametric Measures of Productivity Growth in European and United States Agriculture", *Journal of Agricultural Economics*, 46, 309-326.
- Carmona, C. J., Bolívar, M. D., Giraldo, A. L: El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Rev. Col. De ciencias pecuarias*. 2005: 18 (1): 49 – 63.
- Coelli, T. J. and D. S. P. Rao, (2005). "Total Factor Productivity Growth in Agriculture: A Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980-2000." *Agricultural Economics*, 32:s1, pp.115-34.
- Coelli, T. J., L. Lauwers, and G. Van Huylenbroeck (2007), "Environmental Efficiency Measurement and the Materials Balance Condition", *Journal of Productivity Analysis*, 28:1, pp. 3-12.
- Coelli, T.J. et al. 2005. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. New York, United States: Springer.
- Caves, D. W., L. R. Christensen, and W. E. Diewert. 1982a. "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity." *Econometrica*, 50:6, pp. 1393- 414.
- Caves, D. W., L. R. Christensen, and W. E. Diewert. (1982b). "Multilateral Comparisons of Output, Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers." *The Economic Journal*, 92:365, pp. 73-86.
- Craig, B.J., Pardey, P.G. and Roseboom, J. (1997), "International productivity patterns: accounting for input quality, infrastructure, and research", *American Journal of Agricultural Economics*, 79, 1064-1077.
- Chavas, J.P.(2001), "An International Analysis of Agricultural Productivity", in L. Zepeda, ed., *Agricultural Investment and Productivity in Developing Countries*, FAO, Rome.
- Fassbender, H. W. 1987. *Modelos edafológicos de los sistemas de producción agroforestales*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (CATIE). Turrialba. Costa Rica. Serie Materiales de Enseñanza, núm. 29.
- FAOSTAT. 2009. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Accessed June, 2012.
- Fulginiti, L. and R. Perrin (1993), "Prices and Productivity in Agriculture", *Review of Economics and Statistics*, 75, 471-482.



- Fulginiti, L.E. and Perrin, R.K. (1997), "LDC agriculture: Nonparametric Malmquist productivity indexes", *Journal of Development Economics*, 53, 373-390.
- Fulginiti, L.E. and Perrin, R.K., (1998), "Agricultural productivity in developing countries", *Journal of Agricultural Economics*, 19, 45-51.
- Fulginiti, L.E. and Perrin, R.K. (1999), "Have Price Policies Damaged LDC Agricultural Productivity?", *Contemporary Economic Policy*, 17, 469-475.
- González – Avalos, E., Suarez, L. G.: Methane conversion factors from cattle manure in México. *Atmósfera* 2007: 20 (1): 83 – 92.
- Hoang, Viet-Ngu, Coelli, Timothy Jammes (2009). Measurement of Agricultural Total Factor Productivity Growth Incorporating Environmental Factors: A Nutrients Balance Approach. Australian Agricultural and resource economic society (AARES) 53RD Annual Conference. Northern Queensland, Australia, 10th - 13th February 2009. <http://ageconsearch.umn.edu/handle/47636>
- Karihara, M., Hagner, R. A., McCrabb, G. J.: Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *Br. J. Nutri* 1999: (81): 227 – 234.
- Lanteri, Luis N. (2002). Productividad, desarrollo tecnológico y eficiencia. la propuesta de los índices Malmquist. *Anales de la Asociación Argentina de Economía Política*, XXXVII Reunión Anual, Tucumán, Argentina [en línea] [www.aep.org.ar](http://www.aep.org.ar)
- Lusigi, A. and Thirtle, C. (1997), "Total factor productivity and the effects of R&D in African agriculture", *Journal of International Development*, 9, 529-538.
- Ludena, C.E. et al. (2007). "Productivity Growth and Convergence in Crop, Ruminant and Non- Ruminant Production: Measurement and Forecasts." *Agricultural Economics* 37: 1-17.
- Leudena, Carlos E. (2010), Agricultural Productivity Growth, Efficiency Change and Technical Progress in Latin America and Caribbean. IDB Working paper serie No. IDB-WP-186. <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35838847>
- Martin, W. and Mitra, D. (1999), "Productivity Growth and Convergence in Agriculture and Manufacturing", *Agriculture Policy Research Working Papers*, No. 2171, World Bank, Washington D.C.
- Nin, A., Arndt, C. and Preckel, P.V. (2003), "Is agricultural productivity in developing countries really shrinking? New evidence using a modified nonparametric approach", *Journal of Development Economics*, 71, 395-415.
- IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. Vol 4 Ch. 4 y 2 IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme Technical Support Unit % Institute for Global Environmental Strategies 2108 -11, Kamiyamaguchi Hayama, Kanagawa JAPAN, 240-0115 Fax: (81 46) 855 3808 <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp> Printed in Japan ISBN 4-88788-032-4
- Rao, D.S.P. and Coelli, T.J. (1998), "Catch-up and Convergence in Global Agricultural Productivity, 1980-1995", *CEPA Working Papers*, No. 4/98, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, pp. 25.
- Rao, D. S. Prasada, Christopher J. O'Donnell, and George E. Battese. (2003) "Metafrontier Functions for the Study of Inter-Regional Productivity Differences." Working Paper no. 01/2003, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, School of Economics, The University of Queensland.



- Suhariyanto, K. and Thirtle, C. (2001), "Asian Agricultural Productivity and Convergence", *Journal of Agricultural Economics*, 52, 96-110.
- Suhariyanto, K., Lusigi, A. and Thirtle, C. (2001), "Productivity Growth and Convergence in Asian and African Agriculture", in *Asia and Africa in Comparative Economic Perspective*, P. Lawrence and C. Thirtle, eds. London: Palgrave, 258-74.
- Tong, Haizhi, et. al, (2009). Chinese Regional Agricultural Productivity: 1994-2005. Contributed Paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists' 2009 Conference, Beijing, China, August 16-22, 2009. Copyright 2009 by Haizhi Tong, L.E. Fulginiti and J. P. Sesmero. All rights reserved
- Trueblood, M.A. and Coggins, J. (2003), *Intercountry Agricultural Efficiency and Productivity: A Malmquist Index Approach*, mimeo, World Bank, Washington DC.
- USEPA July (1993).: *Option for reducing methane emissions Internationally. Vol.I, Technological options for reducing methane emissions. Report to congress. EPA 430 – R – 93 – 006B.*
- Wiebe, K., Soule, M., Narrod C., and Breneman, V. (2000), *Resource Quality and Agricultural Productivity: A Multi-Country Comparison*, mimeo, USDA, Washington DC.
- Yeboah, Osei., et. (2011). *Measurements of Agricultural Productivity and Efficiency Gains from NAFTA. Selected Paper prepared for presentation at the Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, Corpus Christi, TX, February 5-8, 2011.*
- Zúniga, G. Carlos A., (2011), *Texto básico de economía agrícola: Su Importancia para el Desarrollo Local Sostenible. Brought to you by the University of Minnesota Department of Applied Economics and the University of Minnesota Libraries with cooperation from the Agricultural and Applied Economics Association. ISBN: 978-99964-0-049-0. Registro de propiedad intelectual No OL-019-2011. Chapter II, pag32-86. Disponible On Line en: <http://purl.umn.edu/111604>*
- Zúniga, G., Carlos, A. (2011b), *Impacto de la deforestación en el desarrollo local sostenible de los hogares: caso de Nicaragua, 1998-2005. Revista Académica de la Universidad Centroamericana Encuentro Vol. 88, pp.101-119, Enero 2011. Disponible online en <http://encuentro.uca.edu.ni> [http://encuentro.uca.edu.ni/index.php?option=com\\_content&view=article&id=64%3Aedicion-88&catid=17%3A2011&Itemid=7](http://encuentro.uca.edu.ni/index.php?option=com_content&view=article&id=64%3Aedicion-88&catid=17%3A2011&Itemid=7)*