



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

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

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

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

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



Doctoral Program in Natural Sciences for Development

Emphasis: Management and Environmental Culture

Productivity analysis in power generation plants connected to the national grid: A New Case of Bio Economy in Nicaragua

Blanco Orozco, Napoleón Vicente*

Zúniga González, Carlos Alberto**

Copyright 2013 by [Napoleón Vicente, Blanco Orozco; Carlos Alberto, Zúniga 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.

Abstracts

This article analyzed the total factor productivity Bio Economy for generation of electricity from plants using biomass sugarcane bagasse as a renewable resource and petroleum. The data envelopment Analysis (DEA), and the Malmquist index were used to measure total factor productivity of power generation utilities connected to the national grid of Nicaragua. The results obtained by comparing sugar mills connected to the SIN was that Monte Rosa has a higher rate of increase in productivity due to the change of total factor productivity and when comparing thermal plants that employ oil in power generation the more efficient were ALBANISA, GECSA and TIPITAPA POWER; but, when comparing thermal plants and some using renewable energy Ingenio San Antonio y ALBANISA were more efficient.

JEL Classification: O14, Q43

Key words: Productivity, Malmquist index, Biomass, Bio Economy, Oil fuel, Energy

* Correspondencia del Autor. Address: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Electrotecnia y computación, Nicaragua. Telephone: 505 22785220 Email: blanconapoleon@yahoo.com , napoleon.blanco@usr.uni.edu.ni; www.docentes.uni.edu.ni/Napoleon.Blanco

** Correspondencia del Autor. Address: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Facultad de Ciencias y Tecnología, Departamento de Agroecología. Telephone: 505 2311 50 13. Email: czunigagonzales@gmail.com; czuniga@ct.unanleon.edu.ni http://cicaea.unanleon.edu.ni/english_version/index_eng.html



Análisis de la productividad en las plantas de generación de Energía conectadas al sistema Interconectado Nacional: un nuevo Caso de Bio Economía en Nicaragua

Blanco Orozco, Napoleón Vicente*

Zúniga González, Carlos Alberto**

Copyright 2013 by [Napoleón Vicente, Blanco Orozco; Carlos Alberto, Zúniga González]. Todos los derechos reservados. Lectores pueden hacer copias precisas de este documento para propósitos no comerciales por cualquier medio.

Resumen

En este artículo se realizó un análisis de la Bio Economía mediante la productividad total de los factores para los procesos de generación de energía eléctrica en centrales que emplean biomasa proveniente del bagazo de caña como recurso renovable y centrales que utilizan derivados de petróleo. Se empleó la metodología de datos envolventes (DEA) y los índices de Malmquist para medir la productividad total de los factores para las centrales de generación de energía eléctrica conectadas al sistema interconectado nacional de Nicaragua (SIN). Como resultado, se obtuvo que al comparar entre si los ingenios conectados al SIN, el ingenio Monte Rosa tiene un mayor índice en el ritmo de crecimiento interanual de productividad total de los factores esto es explicado debido al cambio en las variaciones interanuales de los cambios en la eficiencia técnica más que en el cambio tecnológico. Sin embargo, el Ingenio San Antonio se destaca cuando se valora el capital de inversión en Bio Economía, aunque muestran una mejoría mayor las plantas de Economía convencional de plantas térmicas que emplea derivados del petróleo en la generación de energía. Las plantas térmicas que mostraron mejorías fueron ALBANISA, GECSA Y TIPITAPA POWER.

JEL Classification: O14, Q43

Palabras clave: Productividad Total de los Factores, Índices Malmquist, Biomasa, Bioeconomía, Petróleo, Energía.

* Correspondencia del Autor: Dirección: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Electrotecnia y Computación, Nicaragua. Teléfono: 22785220. Correo electrónico: blanconapoleon@yahoo.com , napoleon.blanco@usr.uni.edu.ni www.docentes.uni.edu.ni/Napoleon.Blanco.

** Correspondencia del Autor: Dirección: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Facultad de Ciencias y Tecnología, Departamento de Agroecología. Teléfono: 505 2311 50 13 ext. 1520 Email: czunigagonzales@gmail.com [,czuniga@ct.unanleon.edu.ni](mailto:czuniga@ct.unanleon.edu.ni) <http://cicaea.unanleon.edu.ni/index.html>

INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica que se produce y consume en Nicaragua proviene de una matriz energética que utiliza energías renovables, incluyendo la biomasa (bagazo de caña de azúcar) utilizada con porcentaje pequeño en relación a los insumos de las plantas térmicas. Las plantas térmicas que funcionan en base a derivados del petróleo representan el 60% de la capacidad instalada, las hidroeléctricas el 11%, las geotérmicas 4.1%, las eólicas 7.12 %, las de biomasa de los ingenios azucareros 11.79% y los sistemas aislados el 1.2% (Instituto Nicaragüense de energía, 2012).

Debido a que en el proceso de generación de energía eléctrica se utilizan principalmente sistemas térmicos de generación a base de combustibles fósiles, se están causando impactos ambientales negativos al ambiente con emisiones de calor y gases de efecto invernadero producto de la combustión del petróleo (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía de México, 2009). En efecto, se producen impactos ambientales negativos que provienen del proceso de combustión de los derivados del petróleo al generarse la energía eléctrica en las centrales de generación térmica. De forma que, los contaminantes emitidos por las centrales de generación en base a derivados del petróleo, a excepción del CO₂, caen a la superficie de la tierra.

Como muestra de los efectos negativos del empleo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica, podemos referirnos al caso del aire, que recibe la contaminación directa en forma de emisiones de partículas de polvo y gases contaminantes, y dependiendo del combustible utilizado para la generación de energía en la central (clase, composición y poder calorífico) y de la técnica de combustión, los gases emitidos pueden llevar diferentes cantidades de contaminantes como: óxidos de nitrógeno (NO_x), bióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos no quemados (HC), partículas suspendidas polvo, metales pesados y compuestos orgánicos (Laguna, 2007).

Del mismo modo, producto del empleo de derivados del petróleo en la generación de energía eléctrica se emiten partículas de polvo y gases contaminantes; también, se contamina con productos de transformación atmosférica como el NO₂ y nitratos procedentes de las emisiones que retornan a la tierra a través de precipitaciones y deposición seca, constituyendo una carga contaminante para el agua y el suelo que puede perjudicar a la vegetación y a la fauna (Estrucplan, 2012). Por lo tanto, es necesario realizar esfuerzos para fomentar la entrada de nuevas plantas proyectadas en base a energías renovables para transformar la matriz energética que aún es dependiente de los derivados del petróleo y así evitar la degradación del medio natural.

El propósito de este artículo es de estudiar la productividad del empleo de recursos energéticos no renovable derivados del petróleo y de los no renovables para la generación de energía eléctrica en Nicaragua en centrales de generación conectadas al Sistema interconectado Nacional de Nicaragua. Este artículo se organizó en cinco secciones. Una sección introductoria para presentar la problemática ambiental del empleo de derivados del petróleo en la generación de energía eléctrica. En la segunda sección se realiza una revisión de bibliografía que constituye el marco conceptual de la metodología empleada, basada en el análisis de datos envolventes; en la tercera sección, se plantea la metodología utilizada en para el análisis de los datos. En la cuarta sección se informa de los datos utilizados en la investigación, y en la quinta sección se presentan los resultados de la investigación y finalmente las conclusiones.

REVISIÓN DE LITERATURA

Según Koopmans (1951) una función de producción representa la salida de la mezcla de factores de producción de acuerdo a un proceso tecnológico de transformación, en el cual, se deberán considerar diferentes combinaciones de factores técnicos. También, la función de producción puede ser entendida como una serie de factores de producción y técnicas productivas que pueden ser gestionados para seleccionar combinaciones más eficientes con el propósito de obtener los mejores resultados. Por su parte Farrell (1957) reflexionó sobre la importancia de conocer cuánto una industria puede incrementar su salida de producción, simplemente incrementando su eficiencia. Por lo que, plantea analizar la productividad de una unidad de producción en función de su comparación con una función frontera de producción eficiente; esta función de producción eficiente significa que la eficiencia técnica de una unidad de producción se compara con la de otras unidades en función de la cual se estima la función frontera representativa.

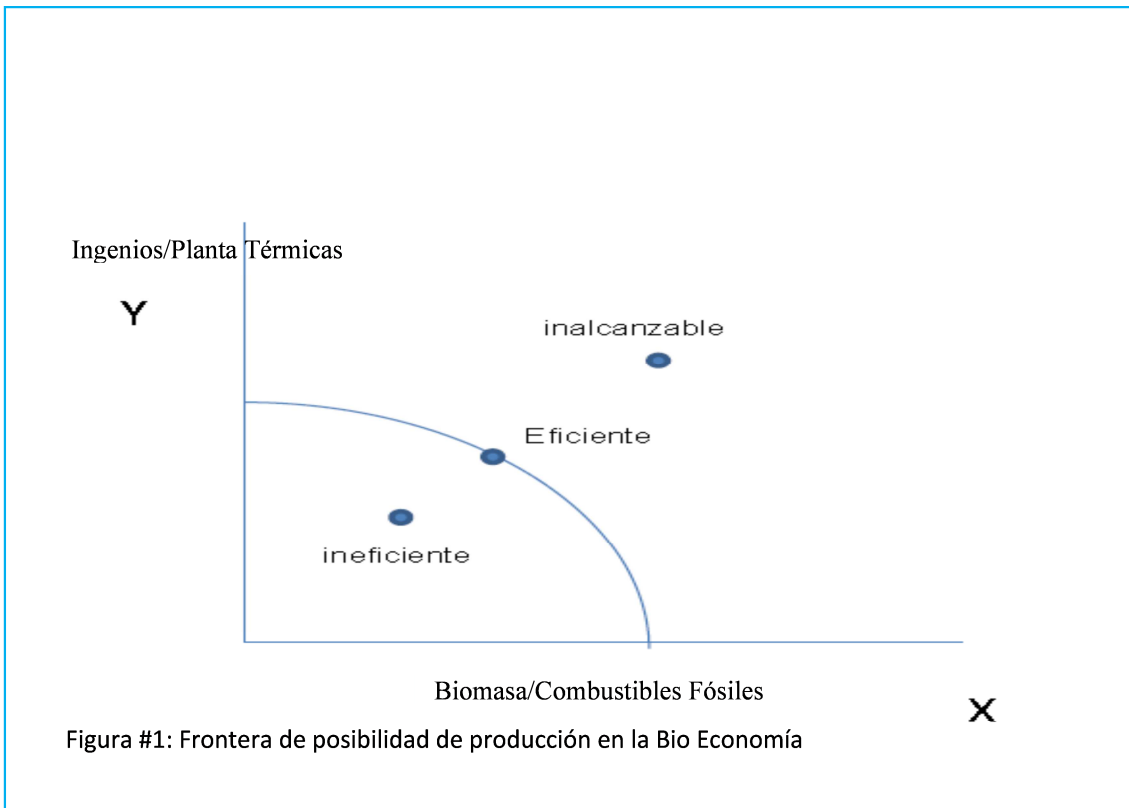
Coelli (2008) refiere que la eficiencia de una unidad de producción puede dividirse en dos componentes: la eficiencia técnica que refleja la habilidad de la unidad de producción para obtener la máxima salida dado una cantidad de entrada y la eficiencias de asignación que refleja la habilidad para usar las entradas en proporciones óptimas dado un precio determinado; estas dos eficiencias se combinan para proveer una medida de la eficiencia económica total. Igualmente, Zúniga (2010) acota que la variable frontera (Frontier) significa el límite de una función, y que una función de producción representaría la 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. Así mismo, una función frontera representa la mejor unidad de producción en ejecución, que a su vez, es reflejo de la tecnología que se está implementando en ella; la función frontera, representa la tecnología de mejor práctica, sirviendo esta, para comparar la eficiencia de las demás unidades de producción dentro del sector en análisis.

Por su parte Aranda A; Scarpellini S; Feijoo M (2003) establecen que las fronteras de producción Cobb-Douglas estocásticas sirven para obtener las funciones de demanda condicionada que minimizan el coste de producción, pudiendo ser empleadas para calcular la eficiencia en la utilización de los inputs energéticos. Aranda et al (2003) al citar a Farrell (1957) proponen medir la ineficiencia en un sentido relativo, como la desviación respecto a los mejores resultados obtenidos por las empresas de un sector específico, donde el análisis se plasma en una frontera de producción que representa el comportamiento eficiente de una unidad productiva, y que relaciona el uso de unos inputs directos, normalmente trabajo, capital y materias primas, con el máximo output que se puede obtener, dado el estado de la tecnología.

Por otra parte, la productividad es regularmente referida a los cambios tecnológicos. Por el contrario, la eficiencia se explica cuando en una unidad de producción se implementan procedimientos para mejorar la educación o capacitación para asegurar que la mano de obra produzca de forma más eficiente. De tal manera, que el crecimiento productivo puede realizarse a través del progreso tecnológico o de mejoramiento en la eficiencia de la mano de obra.

De la misma manera, según Leal (2012) en economía, la frontera de posibilidades de producción (FPP) refleja las opciones que se tienen y la necesidad de elegir entre ellas, ajustadas a nuestro estudio podemos considerar esta en el caso de la Bio Economía. Así que, producir más cantidad de uno de los bienes (en nuestro estudio se considera la energía eléctrica) implica reducir la producción de energía del Ingenio/Planta Térmica de la otro de la energía producida, y a la inversa. De forma que, los puntos situados fuera de una curva FPP de la Bio Economía están en la denominada "región imposible de la FPP Bio Economía", ya que dada una dotación de recursos fósiles o biomasa (es decir, si están plena y eficientemente empleados y no se produce un aumento de éstos) no se puede sobrepasar la producción energética de un determinado bien sin disminuir otro. Y los puntos dentro de la frontera, es decir, en el interior, indican que existen recursos desempleados, por ello a esta zona se le denomina de "ineficiencia económica".

Los puntos que están sobre la curva están en la zona de se le denomina "máxima eficiencia económica" ver figura #1.



Para medir la productividad de unidades de producción energética existen dos métodos que permiten estimar las fronteras de eficiencias de las Plantas Eléctricas, como son: análisis de datos envolventes (DEA) y fronteras estocásticas, estos involucran métodos de programación matemática y métodos econométricos, respectivamente (Ludena, 2012; O'Donnell, 2012; Zúniga, 2010, Boris Bravo-Uretra, 2007).

El método de Malmquist DEA usa datos de panel para calcular cambios en los índices de productividad total de factores (PTF) que pueden ser: cambio tecnológico; cambio de eficiencia técnica y cambio de escala de eficiencia. El método Malmquist puede emplearse bajo la medida de Output-Orientado para indagar cuántas cantidades de inputs pueden ser proporcionalmente reducidas,

sin cambio en las cantidades producidas. Además, se puede indagar sobre cuánto pueden ser proporcionalmente aumentadas las cantidades outputs si se altera las cantidades inputs usadas en el análisis input orientado.

Las medidas de output orientado proveen las medidas equivalentes de eficiencia técnica donde existen los rendimientos a escala constante. La medida de eficiencia output-orientada, representa en la distancia AB de la figura #2, que indica la ineficiencia técnica, expresando la cantidad por la cual los outputs podrían ser incrementados sin el input extra requerido. Por tanto, la medida de eficiencia técnica output-orientado está definida por la razón:

$$ETO = \frac{OA}{OB} \qquad \text{Ecuación \#1}$$

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

$$EAO = \frac{OB}{OC} \qquad \text{Ecuación \#2}$$

Y la eficiencia económica total se puede representar como el producto de estas dos medidas:

$$EEO = \left(\frac{OA}{OC}\right) = \left(\frac{OA}{OB}\right) \times \left(\frac{OB}{OC}\right) = ETO \times EAO \qquad \text{Ecuación \#3}$$

Estas tres medidas están limitadas por valores entre cero y uno.

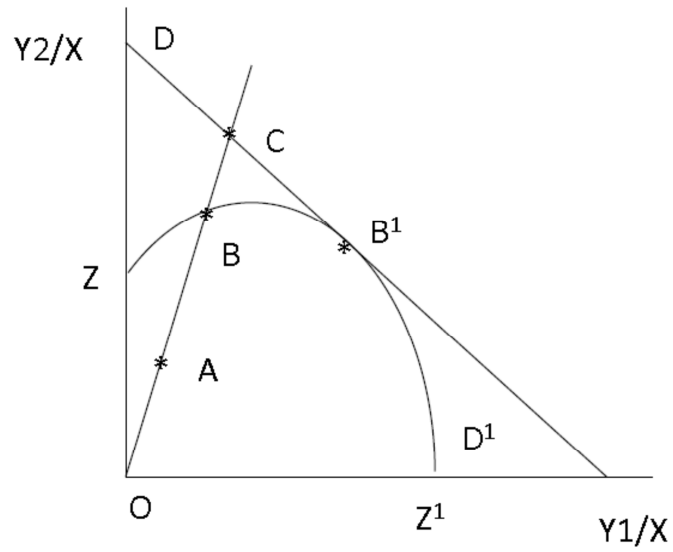


Figura # 2 :Eficiencia Técnica y Asignativa de un Output orientado, Zúniga, 2011

Índices de productividad total de los factores

El avance en la productividad total de los factores (PTF) nos indica una mejoría en la tecnología y en la organización de la producción. Para medir el comportamiento de la productividad debemos centrarnos, en primer lugar, en la cuantificación de los outputs y de los factores productivos que se emplean para su generación y, en segundo lugar, en el estudio de la relación existente entre ambos. El enfoque de la medición de la productividad a través de números índices, la PTF se define como la relación de un índice de output (Q) respecto a un índice de inputs (P) la ecuación representativa es la misma ecuación #1.

El índice de Malmquist es definido usando la función distancia. La función distancia describe una tecnología de producción multi-input, multi-output. Una función distancia input caracteriza la tecnología de la producción buscando proporciones mínimas del vector input, dado un vector output; una función de distancia output considera maximizar proporcionalmente expandir el vector output, dado un vector input.

Una tecnología de la producción puede ser definida usando el output:

$$P(X) = \{y: X \text{ puede producir } y\}$$

Ecuación #4

La función de distancia output es definida en el output, $P(x)$, como:

$$d_0(x, y) = \min \left[\delta : \left(\frac{y}{\delta} \right) \in P(X) \right] \quad \text{Ecuación \#5}$$

La función distancia, $d_0(x, y)$ tomará un valor menor que o igual a 1, si el vector output, y , es un elemento de la producción energética deseable, $P(x)$. Además, la función distancia tomará el valor de la unidad si, y , es localizado fuera del conjunto de producción deseable.

El índice de Malmquist DEA es un método para estimar funciones fronteras (maximización, minimización, etc.) utilizando el análisis de datos envolventes (Zúniga, 2010, citando a Charner, Cooper and Rhodes: 1978), estas distancias son: 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.

El Modelo de rendimientos a escala constantes (REC)

El modelo parte de considerar que hay datos en K inputs y M outputs de cada N Unidades de producción (UP), para la i -ésima UP que 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 unidades de producción. El propósito de DEA es construir una frontera envolvente no paramétrica sobre los datos señalados como los observados bajo frontera de producción.

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

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } uv \left(\frac{u y_i}{u x_i} \right) \\
 & \text{sa } \left(\frac{u y_i}{u x_i} \right) \leq 1, j = 1, 2 \dots N \\
 & u, v \geq 0 \quad \text{ecuación \#6} \\
 & (PL1)
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 & \text{max}_{uv} (\mu y_i) \quad \text{Ecuación \# 7} \\
 & \text{sa } v' x_i \leq 0, j = 1, 2 \dots N \\
 & \mu, v \geq 0 \quad (PL2)
 \end{aligned}$$

Este procedimiento matemático 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).

$$\begin{aligned}
 & \text{min}_{xy} \theta \quad \text{ecuación \# 8} \\
 & \text{sa } -y_i + \lambda \geq 0 \\
 & \theta x_i - \chi \geq 0 \\
 & \lambda \geq 0 \quad (PL3)
 \end{aligned}$$

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

Al trabajar con un panel de datos, se puede emplear DEA como forma de programación lineal y (input u output orientado), el índice de Malmquist de TFP (Total factor de producción) para medir cambio de productividad, y para descomponer este cambio de productividad en cambio de tecnología y cambio de eficiencia técnica.

Fara et al (1994) especificaron un output basado en el índice de cambio de productividad de Malmquist como:

$$m(y_{t+1}, X_{t+1}, Y_t, X_t) = \sqrt{\left[\frac{d_0^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}{d_0^t(X_t, Y_t)} \times \frac{d_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{d_0^t(X_t, Y_t)} \right]} \quad PL10 \quad Ecuación \#9$$

Esto representa la productividad de la producción en el punto (x_{t+1}, y_{t+1}) relativo al punto de producción (x_t, y_t) . Un valor mayor que uno indicará crecimiento del TFP del período t para el período $t+1$. Este índice, es en realidad, el significado geométrico de dos output basados en índices TFP de Malmquist; un índice usado en el periodo t de la tecnología y el otro periodo de la tecnología $t+1$. Un valor mayor de uno indicara un crecimiento positivo de PTF del período t al periodo $t+1$.

Para calcular la programación lineal debemos calcular las cuatro funciones de distancia de los componentes, de los cuales se involucran los problemas de la programación lineal, se asume REC de forma tal que los planteamientos de programación serán:

$$d_0^t (X_t, Y_t)^{-1} = \max_{\phi, \lambda} \phi \quad \text{Ecuación \# 10}$$

$$sa - \phi Y_{it} + Y\lambda \geq 0$$

$$X_{it} - X_t \quad \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0 \quad PL11$$

$$d_0^t (X_t, Y_t)^{-1} = \max_{\phi, \lambda} \phi \quad \text{Ecuación \# 11}$$

$$sa - \phi Y_{it+1} + Y\lambda \geq 0$$

$$X_{it} - X_t \quad \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0 \quad PL12$$

$$d_0^t (X_{t+1}, Y_{t+1})^{-1} = \max_{\phi, \lambda} \phi \quad \text{Ecuación \# 12}$$

$$sa - \phi Y_{i,t+1} + Y\lambda \geq 0$$

$$X_{it} - X_t \quad \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0 \quad PL13$$

$$d_0^t (X_t, Y_t)^{-1} = \max_{\phi, \lambda} \phi \quad \text{Ecuación \# 13}$$

$$sa - \phi Y_{it} + Y_t \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0 \quad \text{PL14}$$

Los puntos de producción son comparados con tecnologías de diferentes tipos de períodos, el parámetro θ no necesita ser ≥ 1 , como debe ser cuando calculamos la eficiencia de Farrell. El punto debe ubicarse debajo de conjunto de producción factible; esto ocurriría más probablemente en PL 13 donde el período del punto de producción $t+1$ es comparado para tecnología en el período t . Si el progreso tecnológico ha ocurrido, entonces un valor de $\theta < 1$ es posible. Note que también es posible que ocurra en PL 14 si el regreso tecnológico ha ocurrido, pero esto es menos probable.

Los θ y λ pueden tomar valores diferentes cuatros planteamiento de la programación lineal (PL). Además, los cuatro problemas de programación lineal deben ser calculados para cada unidad de producción en la muestra (UP). Así, si usted toma 20 UP y 2 tiempos de período se debe calcular 80 PL. Se debe calcular tres PL para cada UP (para construir un índice cambiado). Para T períodos, se debe calcular $(3T-2)$ PL para cada UP de la muestra, o sea para N unidades de producción, se necesitará calcular $N \times (3T-2)$ Programas Lineales.

Cálculos de Eficiencias de Escala

La Eficiencia Técnica se puede descomponer en dos componentes, uno debido a la eficiencia de escala y el otro debido a la "pura" eficiencia técnica. Si hay diferencia en los registros particulares de las unidades de producción de energía eléctrica en cuanto a la eficiencia técnica, entonces esto indica que la unidad de producción tiene ineficiencia a escala. Así que, la eficiencia técnica a rendimiento

de escala constante (REC), está descompuesta en eficiencia "pura" y eficiencia de escala. La eficiencia de escala indica si la unidad de producción está operando en un área de rendimiento a escalas crecientes o decrecientes.

Según Bravo-Uretra (2007) la eficiencia técnica (TE) puede ser interpretada como una medida relativa de la capacidad de gestión de una tecnología dada y se deriva de la mejora en la toma de decisiones, que a su vez están relacionados con una serie de variables, como el conocimiento, la experiencia y la educación. Mientras que, en el análisis de un cambio tecnológico (TC) se evalúa el efecto de la productividad a partir de la adopción de nuevas prácticas de producción y se refiere a las inversiones en investigación y tecnología.

El autor Bravo-Uretra empleó el método DEA para examinar el impacto de los diversos atributos en un estudio (por ejemplo, la estimación técnica, la forma funcional, tamaño de la muestra) en las estimaciones de eficiencia técnica; para lo cual realizó un análisis de meta regresión de 167 estudios de frontera de eficiencia técnica en el sector agrícola de artículos científicos publicados. Cabe señalar que, el análisis de meta regresión es un método cuantitativo que permite para evaluar el efecto de metodológicas y otros estudios específicos sobre las características de estimaciones empíricas publicadas de de algún indicador como el de eficiencia técnica.

Por su parte, los autores Ma, Chunbo; Zhao, Q; Ma Y. Zhao. (2011) utilizaron el análisis envolvente de datos (DEA), enfoque de Malmquist, para estimar las ganancias de eficiencia relativa en el sector eléctrico chino e identificar los factores significativos que afectan a los cambios de eficiencia antes y después de la última reforma en 2002 de la industria eléctrica de China. Además, estos autores refieren que los métodos de frontera, tales como análisis envolvente de datos (DEA) y el análisis de frontera estocástica (SFA) pueden medir productividad y comparar varias empresas generadoras con respecto a las empresas más eficientes, pudiendo también identificar las fuentes de ineficiencia.

En este mismo sentido el autor Ludena (2012) analizó el factor de productividad y crecimiento en la agricultura y sus subsectores en América Latina y el Caribe. Y para estimar el crecimiento de la productividad utilizó el índice de Malmquist, y la metodología Análisis de Datos Envolvente (DEA). El Análisis DEA fue empleado para la construcción de una frontera para cada país y año en una muestra, usando el modelo de escala a rendimientos constantes. Así mismo, O'Donnell (2012) utilizó el análisis DEA para hacer inferencias sobre los rendimientos a escala y medidas del cambio de productividad total de los factores TFP y la eficiencia en la agricultura de EE.UU. Los resultados mostraron que los principales motores de cambio en la productividad agrícola en California han sido los avances técnicos y las mejoras en la eficiencia de escala.

Por otro lado, Zúniga (2013) propone medir la productividad total de los factores de bioeconomía utilizando los métodos de índice de Malmquist. El autor Zúniga citando a Trigo (2011) define bioeconomía como nuevas formas de vincular los recursos naturales con el procesamiento de bienes y servicios a través de intensidad mayor conocimiento como denominador común de las nuevas cadenas de valor. De manera que, Zúniga usó la medida de eficiencia orientada en biocombustibles para construir una frontera de eficiencia basada en el concepto del índice de Malmquist. El autor Zúniga examinó el crecimiento en la productividad de la bioeconomía en 7 países durante el período de 1980 a 2007; encontrando un crecimiento anual de crecimiento de la productividad de la bioeconomía de 1.1 por ciento, con cambio de eficiencia de bioeconomía (o recuperación de bioeconomía) que aporta 0.03 por ciento por año y cambio técnico de bioeconomía (o Bioetanol cambio de frontera) proporcionando 0,09%. En términos de desempeño de cada país, el desempeño más extraordinario es publicado por Belice, con un crecimiento anual promedio de 4 por ciento durante el período de estudio y otros países con un promedio con fuerte rendimiento son Guatemala y Nicaragua.

Según Trigo (2011) la bioeconomía se relaciona con la concepción de mover las economías basadas en el petróleo y sus derivados hacia los biocombustibles y

fuentes energéticas y productos sostenibles, respetuosos del medio ambiente y de una mayor disponibilidad. No obstante, se advierte que en el futuro inmediato la biotecnología tendrá que coexistir con tecnologías híbridas en un proceso gradual de cambio de los actuales tecnologías de alto consumo energético hacia alternativas de menor consumo energético, con aumento de la productividad y, al mismo tiempo generando beneficios en términos de manejo de recursos naturales. Por su parte, Mohammadian (2005) concibe a la bioeconomía como la ciencia que determina el umbral de la actividad socioeconómica para utilizar el sistema biológico sin destruir las condiciones necesarias para su regeneración y por ende buscar su sostenibilidad. Finalmente, Blaschek (2008) señala que la economía, y en concreto el precio del petróleo y los aspectos medioambientales sostenibles, están presionando para el uso de materias primas alternativas, como la biomasa y se prevé que la biomasa podría satisfacer entre el 25 - 50% de la demanda mundial de energía para el siglo XXI.

METODOLOGIA

Como parte del proceso de investigación se realizó una recopilación de información relacionada a los componentes de entrada y salida de los procesos de generación de energía eléctrica en centrales que emplean biomasa proveniente del bagazo de caña como recurso renovable y de derivados de petróleo que funcionan actualmente en Nicaragua y que están conectadas al sistema interconectado nacional. La información recopilada de los ingenios San Antonio y Monte Rosa corresponde a la entrada del proceso de cogeneración de energía en forma de consumo de bagazo de caña en toneladas, recurso energético que es quemado para obtener vapor a alta presión, mismo que es transformado en energía mecánica en las turbinas y luego en energía eléctrica en los generadores síncronos. El dato de salida corresponde a la energía eléctrica generada en Gw-hr, esta energía es empleada para consumo propios de los ingenios y parte es vendida al mercado eléctrico nacional.

En lo respectivo a las plantas de generación en base a combustibles fósiles, también se documento la entrada de combustible bunker que es usado para

obtener vapor a alta presión, y luego este vapor se transforma en energía mecánica en las turbinas, y seguidamente se obtiene energía eléctrica en los generadores síncronos. La salida de las plantas térmicas en base a derivados del petróleo se detalla como energía eléctrica en Gw-hr¹, esta energía es vendida en el mercado eléctrico nacional.

Luego de recopilar la información de entrada y salida a los sistemas de generación de energía empleando biomasa y derivados del petróleo, se procedió al análisis de la productividad en el aprovechamientos de estos energéticos usando la herramienta metodológica de datos envolventes (DEA) y los índices de Malquist para realizar una comparación en la productividad entre las diferentes centrales de generación de energía eléctrica conectadas al sistema interconectado nacional de Nicaragua.

Para el análisis de la eficiencia en la producción de energía eléctrica empleando biomasa en forma de bagazo de caña y de los derivados del petróleo se empleó el método de análisis de datos envolvente (Data Envelopment Analysis, DEA). Así mismo, se utilizaron datos de panel para calcular cambios en los índices de productividad total de factores (PTF); cambio tecnológico; cambio de eficiencia técnica y cambio de escala de eficiencia. Para el cálculo, se hizo uso del programa de simulación DEAP 2.1 que contiene los algoritmos del proceso metodológico del método Malmquist; Se empleó la medida de Output-Orientado.

Panel de datos, DEA

Los datos analizados en esta sección fueron obtenidos de los sitios web de instituciones del estado de Nicaragua como el Instituto Nicaragüense de la Energía (INE), el Despacho Nacional de Carga (CNDC) y del Ministerio de energías y

¹ Gw-hr es una unidad de energía eléctrica en Giga watts hora

Minas de Nicaragua (MEM). Se consideraron tres escenarios de estudio de plantas de Generación de Energía de Nicaragua conectadas al sistema Interconectado Nacional (SIN). El primer escenario considera el caso la comparación de los ingenios conectados al SIN y que son el Ingenio San Antonio y el Ingenio Monte Rosa. Los datos analizados fueron:

Caso # 1

Out put (Salidas): Se utilizo generación neta GW-HR, durante el periodo de estudio

Inputs (Entradas): consumo de Bagazo 103 ton de bagazo de caña, durante el periodo de estudio.

Cobertura: Se utilizo una serie de tiempo entre el 2002 y 2011.

Caso # 2

El segundo escenario considerado fue el de Caso # 2: Comparación de las plantas térmicas que emplean derivados del petróleo en la generación de energía eléctrica conectados al SIN donde las plantas en estudio fueron: **ALBANISA, GECSA, GESARSA (Generadora San Rafael), CENSA, Empresa energética Corinto, Tipitapa power Company, GEOSA y las Brisas**. Los datos analizados fueron:

Out put (salidas): Se utilizo generación neta GW-HR, durante el periodo de estudio

Inputs (Entradas): consumo de combustible 10^3 Galones durante el periodo de estudio y su costo variable.

Cobertura: Se utilizo una serie de tiempo entre el 2009 y 2011

Caso # 3

El tercer considerado fue el de Caso # 3: Comparación de las plantas térmicas y de energía renovables conectados al SIN, con contratos en el mercado Eléctrico donde las plantas en estudio se detallan en la siguiente tabla:

Tabla # 1: Plantas térmicas y de energía renovables conectados al SIN, con contratos en el mercado Eléctrico.		
Planta generadora	Unidad de producción	Tipo de combustible
CENSA	Unidad de producción # 1	Tipo de combustible
Empresa energética Corinto	Unidad de producción # 2	Fuel oil
Tipitapa Power Company	Unidad de producción # 3	Fuel oil
GEOSA	Unidad de producción # 4	Fuel oil
San Antonio	Unidad de producción # 5	Biomasa, Bagazo
Monte Rosa	Unidad de producción # 6	Biomasa, Bagazo
Polaris San Jacinto	Unidad de producción # 7	Geotérmica
Albanisa	Unidad de producción # 8	Fuel oil

Los datos analizados fueron:

Out put (salidas): Se utilizo generación neta GW-HR, durante el periodo de estudio

Inputs (Entradas): costo de capital de cada planta.

Cobertura: Se utilizó una serie de tiempo entre el 2009 y 2011

Resultados de Análisis output orientado y de escala a rendimiento constante.

El propósito fundamental de este artículo es el análisis de la productividad total de los factores y la eficiencia técnica de la Bio Economía en las plantas de generación de energía conectadas al sistema Interconectado Nacional para comparar la productividad del empleo de recursos energéticos renovables como la biomasa con respecto al empleo de derivados del petróleo en la generación de energía eléctrica. Así que, se pretende aportar a la evaluación integral del empleo de energéticos usados para la generación de energía eléctrica y que los resultados del estudio puedan ser considerados para la toma de decisiones sobre qué tipo de fuentes de energía impulsar para el cambio de la matriz energética de Nicaragua que por el momento aún es dependiente de derivados del petróleo.

Se estudian tres casos, el primero es para comparar la Bio Economía de productividad total de los factores con el empleo de la biomasa en la generación de energía eléctrica, el segundo caso es para valorar la productividad del empleo de los derivados del petróleo en la generación de energía eléctrica y el último caso tiene el propósito de comparar la productividad del empleo de energéticos renovables y no renovables entre si para generar energía eléctrica.

En el primer caso de estudio correspondiente a la comparación de la Bio Economía de la productividad total de los factores entre los ingenios San Antonio y Monte Rosa se obtuvieron los resultados reflejados en la tabla # 2:

Tabla #2: Promedios de ritmo de crecimiento de la productividad total de los factores, la eficiencia técnica, y la tecnología de los ingenios San Antonio y Monte Rosa, durante el periodo 2002-2011.					
Planta de Producción	effch	Techch	pech	Sech	Tfpch
Ingenio San Antonio	0.958	0.940	0.979	0.979	0.9
Ingenio Monte Rosa	1.188	0.940	1.138	1.044	1.116
Promedio	1.067	0.940	1.055	1.011	1.002
Effch: cambio de la eficiencia técnica, techch: cambio tecnológico, pech cambio en eficiencia pura, tfpch cambio en la productividad total de los factores.					

En promedio geométrico el ritmo de crecimiento interanual de la productividad total de los factores, durante el periodo de estudio para ambos ingenio fue de 0.002 %, este bajo ritmo de crecimiento es razonable en nuestro país donde la Bio Economía no es conocida ni aplicada a los procesos productivos como un enfoque epistemológico alternativo a los combustible fósiles. La PTF en la Bio Economía se explica fundamentalmente por el ritmo de crecimiento interanual de los cambios en la eficiencia técnica más que la tecnología (Bio Tecnología, el bagazo como Biomasa), 0.067 %, a su vez podemos valorar que esta eficiencia se explica por el ritmo de crecimiento de la eficiencia pura 0.55 % indicando la capacidad y la asistencia técnica de los Trabajadores en el proceso de la Bio Economía y de igual manera se nota una economía de escala de 0.01 % en el ritmo de crecimiento interanual de la eficiencia técnica a escala.

El ingenio con mayor índice de crecimiento interanual de productividad total de los factores es el ingenio Monte Rosa. Este Ingenio registro un índice de 1.116, es decir un 11.6 % de aumento de productividad en ritmo de crecimiento interanual, que es debido al cambio en la eficiencia técnica (18 %) interanual; en comparación al 0.9, que representa un 10 % de reducción de productividad total de los factores del Ingenio San Antonio. No obstante, el mayor índice de productividad del ingenio Monte Rosa no se debe al cambio tecnológico. El cambio en la tecnología (Bagazo como Biomasa) está referido al desarrollo de las actividades de generación de energía eléctrica utilizando Bagazo como Biomasa, y dado que ambos ingenios presentan el mismo índice de cambio tecnológico (Bio Tecnología) durante todo el

periodo de estudio, entonces, el mayor índice de productividad se basa en la capacitación de la mano de obra del Monte Rosa expresada en un índice de 1.188, o sea un aumento del 18.8%, de la eficiencia técnica comparado con 0.958 del Ingenio San Antonio, que presenta un déficit de 4.2%.

El aumento de la eficiencia técnica para el Ingenio Monte Rosa se explica a su vez por un mayor cambio de la eficiencia pura (1.138, aumento del 13.8%) y la eficiencia en la escala de generación de energía eléctrica (1.044, aumento del 4.4%). El cambio de eficiencia pura, representa la diferencia entre el cambio de la eficiencia y el cambio de la tecnología, en nuestro caso es la diferencia entre la Bio tecnología y la capacidad de los trabajadores; como se ha aclarado ambos ingenios poseen la misma característica Bio tecnológica (Bagazo como Biomasa), con la diferencia que el Ingenio Monte Rosa ha desarrollado mayor desempeño en la mano de obra. Por tanto, el cambio en la eficiencia técnica se explica por la eficiencia a escala por el hecho de que en promedio el porcentaje de crecimiento de la generación de energía eléctrica del Ingenio Monte Rosa es mayor con un 0.44 % con respecto al decrecimiento del 0.021 % del San Antonio.

Resumiendo podemos valorar que durante el periodo de estudio la Bio Economía registra un bajo crecimiento interanual, destacándose el Ingenio Monte Rosa, en ambos ingenios queda claro que este ritmo de crecimiento no se explica por la Bio tecnología empleada, sino más bien por la eficiencia técnica. Implica que, científicamente se debe revisar los procesos Bio tecnológicos para incrementar más aceleradamente el ritmo de crecimiento.

En el caso # 2 se hace una comparación de las plantas térmicas que emplean derivados del petróleo en la generación de energía eléctrica conectados al SIN los resultados del programa DEAP se muestran a continuación:

Tabla #3: Promedio de la productividad total de los factores, eficiencia técnica y tecnología de las centrales térmicas del SIN que emplean derivados del petróleo en la generación de energía eléctrica, durante el periodo 2009-2011.					
Centrales térmicas de Generación	effch	techch	Pech	sech	tfpch
ALBANISA	1.034	0.992	1.000	1.034	1.026
GECSA	1.031	0.988	1.029	1.002	1.019
TIPITAPA POWER COMPANY	1.012	0.994	1.000	1.012	1.006
GESARSA	0.987	0.988	1.000	0.987	0.976
CENSA	0.979	0.989	0.979	1.000	0.969
EMPRESA ENERGÉTICA CORINTO	1.000	0.930	1.000	1.000	0.930
GEOSA	0.854	0.950	0.854	1.000	0.811
Promedio	0.984	0.976	0.979	1.005	0.960
Effch: cambio de la eficiencia técnica, techch: cambio tecnológico, pech cambio en eficiencia pura, tfpch cambio en la productividad total de los factores.					

En promedio geométrico durante el periodo de estudio se nota desmejoría en el ritmo de crecimiento interanual de la productividad total de los factores (0.04 %), sin embargo se nota mejoría para la centrales térmicas de ALBANISA, GECSA y Tipitapa Power Company.

Los resultados muestran que la planta que posee mayor índice de productividad total de los factores con un aumento del 2.6% en su ritmo de crecimiento interanual es ALBANISA, seguida de las plantas GECSA con 1.9 % y TIPITAPA POWER con 0.6%. El mayor índice de cambio en la productividad total de los factores de ALBANISA, GECSA y TIPITAPA no se explica con un cambio tecnológico en el uso de combustible fósiles, debido a que se muestra que todas las plantas en estudio tienen prácticamente el mismo déficit (Desmejoría) en aumento de cambio tecnológico; por el contrario, el mayor índice de productividad total de los factores de estas plantas es debido al cambio en eficiencia técnica, o sea, en la capacitación del talento humano que trabaja en las plantas. De manera que, por ejemplo, ALBANISA presenta un cambio de la eficiencia técnica del 3.4% que se explica en el aumento de la eficiencia de escala del 3.4%, y no de la eficiencia pura que no presenta crecimiento. De la misma manera, GECSA y TIPITAPA POWER presentan cambios en la eficiencia técnica de 3.1% y 1.02%, con un aumento de 2.9% de la eficiencia pura para GECSA y sin aumento para

TIPITAPA POWER; en la eficiencia de escala GECSA aumento el 2% y TIPITAPA POWER 1.2%. Por tanto, el aumento del cambio de productividad de los factores de las plantas térmicas ALBANISA, GECSA y TIPITAPA POWER se explica en aumento de la capacidad de gestión tecnológica, mejora en la toma de decisiones, aumento del conocimiento, la experiencia y la capacitación del personal de las plantas térmicas.

En resumen podemos notar que la productividad total de los factores en promedio geométrico registró desmejora en el periodo de estudio. No obstante, ALBANISA, GECSA, y Tipitapa Power Company fueron las únicas que registraron un ritmo de crecimiento interanual entre el 2.6% y 0.6%.

Para el Caso # 3 donde se hace una comparación de las plantas térmicas y de energía renovables conectados al SIN, con contratos en el mercado Eléctrico las unidades en estudio son: **Empresa energética Corinto, Tipitapa Power Company, GEOSA, San Antonio, Monte Rosa, Polaris San Jacinto y Albanisa.** Los resultados de la aplicación del programa DEAP son:

Tabla #4: Promedios de la productividad total de los factores que emplean derivados del petróleo y con fuentes de energía renovable en la generación de energía eléctrica, durante el período 2009-2011					
Unidad de Generación	effch	techch	pech	sech	tfpch
EMPRESA ENERGÉTICA CORINTO	2.322	0.454	0.849	2.737	1.063
TIPITAPA POWER COMPANY	2.198	0.458	0.838	2.624	1.006
SAN ANTONIO	2.377	0.458	0.963	2.468	1.088
POLARIS SAN JACINTO	2.117	0.458	0.822	2.574	0.968
CENSA	1.935	0.458	1.131	1.711	0.885
MONTE ROSA	1.935	0.458	1.087	1.508	0.750
GEOSA	1.000	0.548	1.000	1.000	0.458
ALBANISA	2.607	0.458	1.000	2.607	1.193
Effch: cambio de la eficiencia técnica, techch: cambio tecnológico, pech cambio en eficiencia pura, tfpch cambio en la productividad total de los factores.					

De los resultados de la comparación de plantas térmicas en base a petróleo y plantas que utilizan fuentes renovables de energía renovable para la generación de energía eléctrica se tiene que las plantas con aumento de cambio en la

productividad total de los factores son las plantas térmicas como ALBANISA con el 19.3%, ENERGETICA CORINTO con 6.3% y TIPITAPA POWER con un 0.6%; de las plantas que utilizan fuentes de energía renovables estudiadas, el Ingenio San Antonio con un 8.8%. El aumento del índice de productividad total de los factores de las plantas antes mencionadas se explica por el aumento de cambio tecnológico y su vez por cambio en las eficiencias de escala, es decir en la forma de participación en el mercado eléctrico de Nicaragua.

Por lo tanto, el aumento de productividad de las plantas térmicas ALBANISA, ENERGETICA CORINTO y TIPITAPA POWER y el Ingenio San Antonio se debe a mayor capacidad de gestión de tecnología, mejora en la toma de decisiones, y mayor inversión en la capacitación para adquirir el conocimiento que le permite ser más productivo. De la misma forma, el aumento de cambio tecnológico (TC) que incide en aumento de la productividad se explica en la adopción de nuevas prácticas de producción e inversiones en investigación y tecnología. De manera, que las plantas de energía eléctrica en base al petróleo y las renovable analizadas y que resultaron con índices bajos de productividad deberán emprender acciones para mejorar la capacitación del talento humano de sus empresas generadoras y la gestión de la tecnología empleada en la generación de energía eléctrica.

Conclusiones

En este artículo nos propusimos estudiar la Bio Economía de la generación de energía eléctrica midiendo la productividad total de los factores en plantas eléctrica donde se utiliza recursos energéticos no renovables derivados del petróleo y de los no renovables para la generación de energía eléctrica en Nicaragua en centrales de generación conectadas al Sistema interconectado Nacional de Nicaragua (SIN). Para medir la productividad total de los factores de las centrales de generación de energía eléctrica empleamos el análisis de datos envoltantes y los índices de Malmquist.

En la tabla 5 se resumen los resultados de los principales estimaciones. La Bio Economía comparada con la Economía convencional para la generación de energía resulto ser más representativo destacándose el Ingenio Monte Rosa en su mejoría (PTF) con un 11.6 % de crecimiento interanual. La economía convencional al utilizar combustibles fósiles resulta con un menor ritmo de crecimiento en su PTF destacándose ALBANISA con un 2.6 %, esto demuestra el esfuerzo del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional por contribuir a la conversión de la matriz energética. Al estudiar las plantas energéticas por el nivel de inversión que realizan en sus respectivas economía de escala se destaca ALBANISA en la economía convencional (19.3 %), de igual manera se destaca el Ingenio San Antonio por su inversión en la Bio Economía de la producción de energía con Bio Tecnología (Biomasa de Bagazo) con un 8.8 %, aunque al analizarla con las Bio tecnologías no representó mejoría. Estos resultados evidencian la necesidad de continuar mejorando la productividad total de los factores no solo en función de la inversión, sino en mejorar los procesos de la Bio Tecnología como en el caso del Ingenio Monte Rosa y disminuir el ritmo de crecimiento de la productividad total de los factores en la Economía Convencional. Estos resultados son aceptables si los valoramos con otros autores que han investigado la productividad total de los factores en Economías Convencionales (Ludena, 2012; O'Donnell, 2012; Zúniga, 2010, Boris Bravo-Uretra, 2007).

De igual manera, es importante valorar que estos ritmos de crecimiento interanual están por encima del ritmo de crecimiento de la demanda por consiguiente la revisión de los procesos de la Bio tecnología deben revisarse en función de elevar por lo menos en un 4.5 % interanualmente para satisfacer la demanda con una Bio Economía amigable con el medio ambiente considerando que la tendencia del recurso no renovable se agota.

Se consideraron tres casos de estudio: el primero consistió en comparar la productividad total de los factores de los ingenios conectado al SIN. Se encontró que el ingenio Monte Rosa tiene un mayor índice de aumento de productividad total de los factores en comparación al del Ingenio San Antonio. El mayor índice

de productividad del ingenio Monte Rosa se basa en la capacitación de la mano de obra expresada en un mayor índice de la eficiencia técnica; este Ingenio ha desarrollado mayor desempeño en la mano de obra en el proceso de generación de energía eléctrica.

En el segundo caso de estudio se compararon las plantas térmica conectadas al SIN y se determinó que las plantas con mayor índice de productividad total de los factores son ALBANISA, GECSA y TIPITAPA POWER. El mayor índice de cambio en la productividad total de los factores de estas plantas es debido al cambio en eficiencia técnica, es decir en la capacitación del talento humano que trabaja en las plantas.

En el tercer caso de estudio se compararon plantas térmicas que emplean derivados del petróleo en la generación de energía eléctrica con plantas que usan fuentes renovables de energía y se determinó que las plantas con aumento de cambio en la productividad total de los factores son las plantas térmicas como ALBANISA, ENERGETICA CORINTO y TIPITAPA POWER, y de las plantas que utilizan fuentes de energía renovables estudiadas está el Ingenio San Antonio.

Así mismo, se determinó que el aumento de productividad de las plantas térmicas antes mencionadas y en el caso del Ingenio San Antonio que emplea biomasa para generar energía eléctrica, el aumento de productividad se debe a mayor capacidad de gestión de tecnología, mejora en la toma de decisiones, y mayor inversión en la capacitación para adquirir el conocimiento que le permite ser mas productivo. Además, el aumento de cambio tecnológico (TC) se explica en la adopción de nuevas prácticas de producción e inversiones en investigación y tecnología.

Ahora bien, al comparar los aumentos de la productividad en la generación de energía eléctrica en función del tipo del recurso energético, renovables y no renovables, se tiene que en promedio las plantas térmicas tiene un déficit en el crecimiento de productividad lo que es una desventaja para asumir el compromiso de suministro de la demanda de la energía eléctrica que crece con un porcentaje

anual superior al 4% (ver tabla #6). Por su parte, el empleo del recurso energético biomasa para la generación de energía eléctrica tiene un porcentaje de productividad bajo en promedio del 2% lo que significa que se puede mejorar la productividad del empleo de este recurso para satisfacer el crecimiento anual de la demanda de energía eléctrica.

Finalmente, en base a los resultados analizados en este artículo se recomienda, para mejorar la productividad total de los factores en la generación de energía eléctrica mejorando los procesos de la Bio Tecnología, que las plantas de generación de energía eléctrica en base al petróleo y las renovables analizadas permitan emprender acciones para mejorar la gestión de la bio tecnología empleada en la generación de energía eléctrica y de esta manera lograr satisfacer la demanda con una Bio Economía alternativa.

Tabla #5: Cuadro comparativo de Bio Economía y Economía Convencional en el aumento de productividad total de los factores en el empleo de recursos energéticos renovables y no renovables (Bio tecnología), durante el periodo 2009-2011.				
Caso de estudio	Energético renovable Biomasa	Energético no renovable derivado de petróleo	PTF ²	Crecimiento de la demanda ³
	Bio Economía	Economía Convencional	Promedios geométricos	
Caso #1: Ingenios conectados al SIN	Ingenio Monte Rosa		11.6%	4.5%
	Promedio de ambos ingenios		0.2%	
Caso #2: Plantas térmicas		ALBANISA	2.6%	
		GECSA	1.9%	
		TIPITAPA POWER	0.6%	
		Promedio de plantas estudiadas	Déficit del 4%	
Caso de estudio #3: comparación de plantas	Ingenio San Antonio		8.8%	
		ALBANISA	19.3%	
		ENERGETICA CORINTO	6.3%	

² Ritmo de crecimiento inter anual en promedio geométrico.

³ Según Plan indicativo de la generación del sector eléctrico periodo 2005 – 2016. Comisión Nacional de la Energía.2005

Tabla #5: Cuadro comparativo de Bio Economía y Economía Convencional en el aumento de productividad total de los factores en el empleo de recursos energéticos renovables y no renovables (Bio tecnología), durante el periodo 2009-2011.

Caso de estudio	Energético renovable Biomasa	Energético no renovable derivado de petróleo	PTF ²	Crecimiento de la demanda ³
	Bio Economía	Economía Convencional	Promedios geométricos	
térmicas y de energía Renovable		TIPITAPA POWER	0.6%	

Referencias

- Aranda A; Scarpellini S; Feijoo M. (2003). Análisis de la eficiencia energética de la industria española y su potencial de ahorro (en línea). Economía industrial 352(4). Extraído el día 26 Junio del año 2012. Disponible en la página Web: <http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/352/01%20ALFONSO%20ARANDA.pdf>
- Bravo-Uretra, Boris; Solís Daniel, Moreira Víctor; Maripani José; Thian Abdouahmane; Rivas Teodoro, (2007). Technical efficiency in farming: a meta regression analysis. Journal of productivity Analysis, 27:1, 57-72. Extraído el día 10 de Diciembre del año 2012 desde: http://download.springer.com/static/pdf/400/art%253A10.1007%252Fs11123-006-0025-3.pdf?auth66=1354728336_43f0018e785747e4ec11e608c31ecde9&ext=.pdf
- Blaschek, H.2008. What Are the Possibilities for the New Bioeconomy. Proceedings of a conference Atlanta, Georgia. Extraído el 21 de Diciembre del año 2012. Desde: <http://farmfoundation.org/news/articlefiles/378-Atlanta%20final.pdf>
- Coelli, T. (2008). A guide to DEAP versión 2.1: a data Envelopment Analysis computer program. CEPA Working Paper 96. Extraído el día 09 de octubre del año 2012 en página web: <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/deap.php>
- CONNUE (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía de México). (2009). Metodologías para la cuantificación de gases de efecto invernadero y consumos energéticos evitados por el aprovechamiento sustentable de la energía. Extraído el día 11 de Junio del año 2012 desde: http://www.conuee.gob.mx/work/files/metod_gei_cons_evit.pdf
- Estrucplan. (2012). Impactos Ambientales de las centrales térmicas. Argentina. Extraído el día 11 de Junio del año 2012 desde: <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=297>
- Farrel, M.J. (1957). The Measurement of productivity. Journal of the Royal Society, A CXX, Part3, 253-290. Documento consultado el día 07 de Diciembre del año 2012. Disponible en: <http://www.lib.ctgu.edu.cn:8080/wxcd/qw/285.pdf>
- Koopmans, T.C. (1951). An Analysis of production as an efficient combination of activities. Documento consultado el día 07 de Diciembre del año 2012. Disponible en: <http://cowles.econ.yale.edu/P/cm/m13/m13-03.pdf>

- Leal. (2012). Frontera de posibilidades de producción y coste de oportunidad. Documento consultado el día 09 de octubre del año 2012 en página web: [http://www.gh.profes.net/propuestas3.asp?id_contenido=38281&ciclo=4206&cat=bachillerato&nombre_id=Problemas%20de%20Econom%EDa%20\(1%BA%20Bachillerato\)](http://www.gh.profes.net/propuestas3.asp?id_contenido=38281&ciclo=4206&cat=bachillerato&nombre_id=Problemas%20de%20Econom%EDa%20(1%BA%20Bachillerato)).
- Ludena C. (2012). Agricultural Productivity Growth, Efficiency Change and Technical Progress in Latin America and the Caribbean (en línea). Paper presentado para una presentación en la conferencia Internacional de la asociación de economistas agrícolas (International Association of Agricultural Economists Triennial Conference, IAAE). Foz do Iguaçu, Brasil. Extraído el día 26 Agosto del año 2012. Disponible en la página Web: <http://iaae.confex.com/iaae/iaae28/webprogram/Paper17483.html>
- Laguna, I.(2007). Generación de energía eléctrica y medio ambiente. Extraído el día 11 de Junio del año 2012 desde: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetas/367/energiamed.html#top>
- Ma, Chunbo, X.L. Zhao, Q. Ma and Y. Zhao. (2011). China's Electricity Market Reform and Power Plants Efficiency (en línea). Working Paper 1125, School of Agricultural and Resource Economics, University of Western Australia, Crawley, Australia. Extraído el día 29 de Abril del año 2012. Disponible en página web: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/117811/2/WP110025.pdf>
- Mohammadian, M. 2005. La bioeconomía: un nuevo paradigma socioeconómico para el siglo XXI. Encuentros multidisciplinares, 7(19), 57-70. Extraído el 17 de diciembre del año 2012. Desde: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1114027>
- O'Donnell C., (2012). Econometric estimation of distance functions and associated measures of productivity and efficiency change (en línea). Paper presentado para una presentación en la conferencia Internacional de la asociación de economistas agrícolas (International Association of Agricultural Economists Triennial Conference, IAAE). Foz do Iguaçu, Brasil. Extraído el día 26 Agosto del año 2012. Disponible en la página Web: <http://iaae.confex.com/iaae/iaae28/webprogram/Paper16885.html>
- Trigo E., (2011). The Bioeconomy in Latin America and the Caribbean: Towards a socioeconomic research agenda. LAC regional IAAE Inter-conference Symposium on the Bio-economy. CIAT, Cali, Colombia. Extraído el 17 de diciembre del año 2012. Desde: [http://www.bioeconomy-alcue.org/doc/IAAE-CIAT_Concept%20Note_\(2nd%20_draft_22-09-2011\).pdf](http://www.bioeconomy-alcue.org/doc/IAAE-CIAT_Concept%20Note_(2nd%20_draft_22-09-2011).pdf)

Zúniga G, Carlos A. (2011). Texto básico de economía agrícola: su importancia para el Desarrollo Local Sostenible (en línea). 1a Edición. . ISBN: 978-99964-0-049-0. Registro de propiedad intelectual No OL-019-2011. Disponible On Line en: <http://purl.umn.edu/111604> . Nicaragua. Editorial Universitaria, UNAN-León. 311p.

Zúniga G, Carlos A. (2010). Impacto de los Sistemas de Producción Agropecuarios en el Desarrollo Local Sostenible de Nicaragua, 1998-2005: Índice de Malmquist DEA con un Output Orientado (en línea). Extraído el día 01 de abril del año 2012. Disponible en la página web:<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/92840/2/Analisis%20de%20produktividad%20de%20sistemas%20de%20producci%C3%B3n.pdf>

Zúniga González, Carlos Alberto (2013). Total Factor Productivity and the Bio Economy Effects. Macrothink Institute. Journal of Agricultural Studies. ISSN 2166-0379 2013, Vol. 1, No. 1. Received: November 13, 2012 Accepted: November 24, 2012 Published: December 18, 2012. <http://www.macrothink.org/journal/index.php/jas/article/view/2383/2424>
doi:10.5296/jas.v1i1.2383 URL:<http://dx.doi.org/10.5296/jas.v1i1.2383>

Sitios web consultados

Centro Nacional de Despacho de Carga (CNDC).2012.Sitio web consultado el día 12 de Octubre del año 2012. Disponible en: www.cndc.gob.ni

Instituto Nicaragüense de Energía, INE. 2012. Sitio web consultado el día 16 de Agosto del año 2012. Disponible en: <http://www.ine.gob.ni/dge.html>

Ministerio de Energía y Minas. 2012. Sitio web consultado el día 16 de Agosto del año 2012. Disponible en: <http://www.mem.gob.ni/index.php?s=1>

Anexos

Datos del Caso # 1: comparación de los ingenios conectados al SIN

Tabla # 1: Generación neta de GW-HR										
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Ingenio San Antonio	72.99	97.36	84.19	113.6	100.42	122.38	98.25	87.93	113.48	95.05
Ingenio Monte Rosa	22.8	36.74	43.73	89.83	93.93	112.9	99.37	118.07	111.08	115.47
Fuente: Instituto Nicaragüense de la Energía, INE. 2012										

Tabla # 2: Datos Input de Ingenios, consumo de Bagazo 10³ ton de bagazo de caña

Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Ingenio San Antonio	174.93	269.12	494.36	585.44	563.41	640.29	574.08	562.51	682.85	587.21
Ingenio Monte Rosa	257.15	262.55	430.56	425.35	387.53	463.08	416.13	478.85	485.1	484.02

Tabla # 3: datos output, generación neta GW-HR

1	ALBANISA	99.81	159.46	512.64	503.56	734.12
2	GECSA	211.42	209.11	161.96	162.51	56.98
3	GESARSA (Generadora San Rafael)	4.5	11.6	8.98	2.24	3.63
4	CENSA	217.65	153.5	150.97	240.69	282.16
5	Empresa energetica Corinto	550.12	518.84	511.18	508.61	527.26
6	Tipitapa power Company	409.24	392.96	390.61	376.7	392.62
7	GEOSA	515.98	559.6	496.43	370.66	389.66
8	Las Brisas (GECSA)	107.12	14.05	8.26	3.61	1.96

Fuente: Instituto Nicaragüense de Energía

Tabla # 5: datos Input, consumo de combustible de las plantas térmicas 10⁵ Galones

	Planta	2007	2008	2009	2010	2011
1	ALBANISA	7084.57	10078.85	32420.12	30494.88	44037.48
2	GECSA	17522.8	18303.38	14207.07	14213.48	4816.98
3	GESARSA (Generadora San Rafael)	271.05	717.76	564.94	141.53	239.89
4	CENSA	13837.01	8641.96	8813.98	14963.8	17593.77
5	Empresa energetica Corinto	32845.77	30683.3	30250.99	30378.11	31521.63
6	Tipitapa power Company	25013.43	24116.69	23965.73	23076.56	23771.84
7	GEOSA	40967.7	44366.92	39834.54	30621.27	31946.16
8	Las Brisas (GECSA)	10,568.39	1,361.63	705.7	299.88	166.58

Fuente: Instituto Nicaragüense de Energía