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.*

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Impacto del uso de biomasa en la bioeconomía de los ingenios azucareros Centroamericanos.

Napoleón Blanco
Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Electrotecnia y computación, Nicaragua. PhD student en el programa doctoral en Ciencias Naturales para el desarrollo, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Tel: 505- 22785220
Email: blanconapoleon@yahoo.com , napoleon.blanco@usr.uni.edu.ni , www.docentes.uni.edu.ni/Napoleon.Blanco

Carlos A. Zúniga González;
Director Centro de Investigación en Ciencias Agrarias y Economía Aplicada, UNAN León. Coordinador RED Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, CYTED.
Email: czuniga@ct.unanleon.edu.ni
Web site: http://cicaea.unanleon.edu.ni , http://rebicamcli.unanleon.edu.ni Phone 505 84976448.

Pablo Sierra F.
Instituto de Geofísica y Astronomía, AMA, CITMA. Cuba.
Email: sierrafp@gmail.com Teléfono: 00 (537)2714331

Rafaela Dios Palomares
Universidad de Córdobas, España. Grupo de investigación EFIUCO.
Email: rdios@uco.es ma1dipar@uco.es

Alfredo José Curbelo Alonso
Centro de Gestión de la información y Desarrollo de la Energía.
Email: acurbelo@cubaenergia.cu

Recibido: 15 Diciembre, 2013 Aceptado: Febrero 28, 2014

RESUMEN

El propósito de este estudio fue medir el impacto del uso de Biomasa del sendero productivo de la Bioeconomía de las Biorefinerías azucareras de la región centroamericana, mediante el estudio de la productividad total de los factores. Se utilizaron los datos disponibles en la FAO que fueron organizados en un panel de datos y se aplicó el análisis envolvente de datos con la herramienta de los índices de Malmquist, se agregó el enfoque de eficiencia técnica ambiental, se consideró un modelo con tres componentes: productivo, ambiental y social. Así también, se indagó sobre la incidencia de actividad geomagnética solar planetaria sobre la productividad de las biorefinerias. Los resultados se evaluaron considerando la actividad solar y omitiéndola, los primeros evidencian que solo los países Belice, El salvador (11 %), Nicaragua (4 %) y Cuba (3%) muestran un crecimiento promedio en productividad, al contrario Costa Rica, Guatemala, Honduras y Panamá presentaron un decrecimiento en productividad. El cambio de la PTF se explicó por el desarrollo tecnológico de los ingenios más que por la eficiencia técnica de la mano de obra. Además, se concluye que la productividad de la bioeconomía tiene cierta relación con la actividad geomagnética planetaria y por consiguiente se debe tener en cuenta la relación entre la productividad de las biorefinerías y la tasa de crecimiento poblacional. Es importante que los inversionista de los ingenios azucaremos consideren estas evidencias dado que conociendo las variaciones de la actividad solar pueden reducir costos no invirtiendo en economía de escala cuando la actividad solar proyecte una tendencia decreciente.

Jel Classification: Q:52; Q:56; Q:57 Keywords: Bioeconomía, Índices de Malmquist, Biorefinerías, Bioproductos

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

1. INTRODUCCION

El propósito de este estudio fue realizar un análisis de la productividad del sendero de biorefinería y bioproductos empleando la herramienta metodológica de análisis envolvente de datos (DEA) y los índices de Malmquist; además, de indagar si la actividad geomagnética planetaria tiene incidencia en la productividad de las biorefinerias Centroamericanas. Los senderos productivos que forman parte de la bioeconomía se presentan como una opción para coadyuvar a la seguridad alimentaria, la producción de fibras y alimentos de la población centroamericana presente y futura y, adicionalmente para enfrentar la demanda de sustitución de los combustibles fósiles por otras fuentes de energía.

Según datos de la FAO y que se muestran en la tabla 1, el crecimiento promedio de la producción de azúcar en Centroamérica es bajo con porcentajes que no superan al 6% y en algunos casos con un decrecimiento en la producción como en Belice con -1,8 %. Por otra parte el rendimiento promedio por hectárea de azúcar de la región es de 74.4 ton/ha según datos de la FAO; según Cabral da Costa et al [7] en Brasil se obtiene un rendimiento de 72 ton/ha y según Aguilar et al. en México los rendimientos están en el orden de 68 ton/ha, en Nicaragua el rendimiento total nacional de la última zafra fue de 99.76 ton/ha[9]. Por lo que, desde el punto de vista de rendimientos la producción del bioproducto azúcar la región centroamericana se encuentra entre los valores promedios. No obstante, ni el decrecimiento de la producción ni el índice de rendimiento dan información sobre la productividad total de los factores involucrados en el proceso productivo del azúcar, por lo que, se necesitan investigar las variables que inciden en la productividad que es el propósito de este artículo.

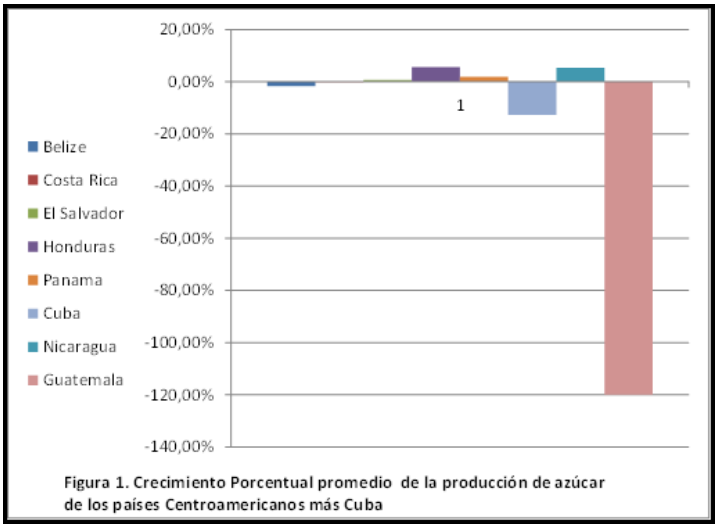


Figura 1. Crecimiento Porcentual promedio de la producción de azúcar de los países Centroamericanos más Cuba

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Tabla 1: Datos de producción y crecimiento promedio de la producción de azúcar en la región centroamericana en el periodo 2000-2012.
Fuente: Estadísticas de la FAO

Pais	Producción promedio de azúcar de Centroamérica en toneladas en el periodo 2000-2012	Crecimiento promedio en porciento en el periodo 2000-2012	Rendimiento en tonelada por hectárea de azúcar
Belize	1062035,385	-1,84	43,9
Costa Rica	4142750,154	0,19	79,3
El Salvador	5105672,077	0,57	80,4
Guatemala	1,08546E+14	-8,E+07	91
Honduras	5921764,923	5,62	84,3
Nicaragua	4497700,462	5,34	85,8
Panama	1834667,615	1,84	56,1
Cuba	19689230,77	-12,67	33,09

El reto de la bioeconomía es el de responder a la demanda creciente de materias primas renovables para la producción de productos químicos y materiales que en la actualidad se fabrican en base a derivados de la industria del petróleo y en este sentido, las biorefinerías son las llamadas a cubrir esta demanda. No obstante, la demanda creciente de materias primas renovables debe lidiar con una restricción de disponibilidad de tierras agrícolas y forestales; por lo que, se cierne una posibilidad de proporcionar esas materias primas sin presionar por más tierras, implementando mayor productividad en los procesos de empleo de la biomasa en las biorefinerías y fabricación de bioproductos.

En consecuencia, las biorefinerías son un factor clave para el empleo con alta eficiencia de los recursos naturales, incorporando aspectos económicos y ecológicos, mejorando los complejos procesos productivos para asegurar que las energías renovables se utilicen con mínimo desperdicio y máxima sostenibilidad. Pero, la satisfacción de las demandas antes planteadas requiere de mejorar la productividad de los procesos productivos relacionados al empleo de biomasa, sin causar conflictos sobre el uso del suelo y el agua, ni causar externalidades negativas sobre el ambiente. Por el contrario, se trata de mejorar la eficiencia productiva al emplear recursos de la naturaleza y gestar cambios sociales vinculados al desarrollo sostenible y generar nuevas relaciones económicas bajo el paradigma de la bioeconomía.

Este trabajo se organizó en seis partes. En la primer parte se hace una revisión bibliográfica sobre la conceptualización de la bioeconomía y sus senderos productivos, en la segunda parte se aborda el modelo metodológico de análisis envolventes de datos (DEA) y los índices de Malquist para analizar los senderos productivos de biorefinería y bioproductos, en la tercera parte se explica el panel de datos simulados empleando el programa DEAP 2.1. La cuarta parte consiste en la presentación de resultados y su discusión y finalmente se exponen en la sexta parte las conclusiones del estudio.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Nota conceptual de Bioeconomía: Biorefineria, Bioproducto

La bioeconomía es el nuevo paradigma representante de un segmento de la economía que promulga una sociedad que dependa, en menor medida, de los recursos fósiles para sus necesidades energéticas y de materia prima; y que por el contario, emplee la biomasa de la biología y las ciencias asociadas[32]. Por otra parte, la bioeconomía es definida como la aplicación de conocimiento en la nueva ciencias de la vida, sostenible, amigable con el medio ambiente y productos competitivos[14]. Entre tanto, Pavone[27] refiere que la bioeconomía, es una oportunidad de implementar una economía global realmente sostenible sustentada en recursos biológicos, pero advierte que la bioeconomía ya no involucra explotar los productos de la naturaleza, por el contrario, de reconfigurarla, manipularla genéticamente e integrarla en el ciclo de producción y comercialización del mercado.

Por otra parte, Mohammadian[21] expresa que la bioeconomía o economía biológica entrega una nueva epistemología para investigar el sistema socioeconómico junto al sistema biológico como un todo, y así estudiar las interacciones no-lineales entre sus componentes y no sólo entre las características de los componentes individuales. De forma que, el concepto de bioeconomía introduce un nuevo paradigma que se apoya en la idea de utilizar de forma más eficiente el valor económico latente en los procesos y productos biológicos [33] .

De manera que, se ha transitado de una conceptualización de la economía como la ciencia que estudia la "utilización óptima de los recursos escasos" susceptibles de usos alternativos[24] , hacia la economía ambiental centrada en la evaluación monetaria de los beneficios y costos ambientales y que trata de internalizar las externalidades[2], pasando por la economía ecológica que propone un sistema económico eco-integrador para transformar los objetivos de la producción, el modelo de consumo, los cambios tecnológicos y de las relaciones entre naciones[14]. Finalmente, estamos ante la propuesta de un nuevo paradigma económico dictado por la bioeconomía que promulga relaciones económicas que sustituyan el uso de recursos no renovables por el empleo de los recursos biológicos de la naturaleza con un enfoque sostenible auxiliándose en el desarrollo interdisciplinar de las ciencias.

Senderos productivos de la Bioeconomía

Por otro lado, en cuanto a los senderos productivos de la bioeconomía Trigo[32] define seis: 1) Explotación de los recursos de la biodiversidad, 2) Ecointensificación de la agricultura, 3) Aplicación de la biotecnología, 4) Biorefinería y Bioproductos, 5) Eficiencia en la cadena de valor, y 6) Eco Sistemas de Servicios.

Los autores[32, 42] describen los senderos productivos como el sendero de explotación de los recursos de la biodiversidad que consiste en la valorización de los elementos de la biodiversidad en conjunto con el desarrollo nuevos productos constituyendo parte de la bioeconomía como una actividad ambiental y productiva económicamente. La ecointensificación comprende principios y procesos para incrementar la productividad de los sistemas agroecológicos y se relaciona al desarrollo de prácticas agronómicas con el propósito de aumentar el rendimiento ambiental de las actividades agrícolas sin disminuir los niveles de producción y la productividad; integrándose la producción agrícola con el uso de microorganismos para mejorar la producción con buenas prácticas agrícolas, bio-inoculantes, biorremediación y biofertilizantes en la agricultura.

Otro sendero productivo es la aplicación de biotecnología como el aprovechamiento de los mecanismos e interacciones biológicas de los seres vivos para emplearlos en la producción agrícola, farmacia, ciencia de los alimentos, medio ambiente y medicina. Por otra parte, las bio-refinerías y el sector bioenergético tienen como propósito sustituir al uso de combustibles fósiles y constituyen instalaciones que transforman la biomasa en un amplio espectro de bioproductos comerciables y energía.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Y el sendero de la eficiencia en la cadena de valor consistente en el análisis de la cadena de producción para optimizar el proceso productivo, incluyendo actividades que reducen las pérdidas en cualquier nivel que se están produciendo y la definición de vínculos de mercado necesarios para los bioproductos. Además, se plantean los ecosistemas de servicios que involucran el uso de recursos ambientales tales como limpiar aire, materiales y alimentos, proyectos que reducen los gases de efecto invernadero, ecoturismo y manejo del agua.

Agregando a lo anterior, la biorefinería significa procesar biomasa de forma sostenible para obtener biocombustibles, productos comercializables y energía mediante procesos y equipos para la transformación de biomasa[16]. En el mismo sentido las biorefinerías se caracterizan por tener un enfoque global, integrador, que fomenta el uso de la biomasa como fuente de materia prima para la producción sostenible de una serie de bienes comercializables (productos químicos, materiales, bioenergía) mediante el uso de los componentes de la biomasa. Además, la biorefinería incluye biorefinería de azúcar, almidón, de aceite vegetal, lípidos de las algas, lignocelulosa y fibras verdes, el gas de síntesis y biogás[41] . Así, las biorefinerías son estructuras productivas integradas para optimizar el proceso de procesamiento de la biomasa haciéndolo más eficiente y de esa forma minimizar los impactos ambientales que se originan a partir de los mismos[33] .

Agregando a lo anterior, González y Kafarov[16] señalan que con el propósito de disminuir la emisión de gases de efecto invernadero y la dependencia de derivados del petróleo para suplir las demandas de energía de la humanidad se han producido los biocombustibles de primera generación (etanol) a partir de cultivos como la caña de azúcar, soya y remolacha derivando el biocombustible a partir del azúcar, aceites vegetales o grasas animales empleando técnicas como la fermentación y la transesterification. Sin embargo, a pesar de la ventaja de la productividad de las cosechas de donde se obtienen los biocombustibles, se tiene como inconveniente la competencia por áreas de cosecha para la producción de alimentos. Ahora bien, los llamados biocombustibles de segunda generación que incluyen material lignocelulósico resultante de las actividades agroindustriales, tales como la extracción de azúcar, prometen ser más beneficioso que los biocombustibles de primera generación en términos de uso eficiente de la tierra y el manejo adecuado del medio ambiente; aún más, los combustibles de tercer generación derivados de microorganismos y algas se presentan con más beneficios ambientales y con la ventaja de no competir por áreas de cultivo.

Según el Departamento de Energía de los estados Unidos de Norteamérica DOE (2004), los bioproductos o productos de base biológica son productos comerciales o industriales (que no son alimentos) que utilizan productos biológicos o materiales renovables provenientes de la agricultura (plantas, animales y marinos) o de materiales forestales. Según Perlack et al[26]. los cereales y las semillas oleaginosas son las principales materias que se utilizan para producir la mayor parte del etanol, biodiesel y bioproductos que se consume en la actualidad; además, refieren que los residuos de alimentos y piensos también se utilizan para generar electricidad en sistemas combinados de calor y electricidad. No obstante, Perlack et al[26] también refieren que es necesario implementar incentivos económicos adecuados, mejorar las prácticas y tecnologías, emplear plantas de mayor rendimiento y equipos de cosecha más eficiente para producir de manera sostenible en cantidades significativas residuos de cultivos agrícolas, y de los alimentos para convertirlos en bioproductos. Así también, se debe entender que el valor de la biomasa tiene que evaluarse considerando el valor de obtención desde su lugar de extracción con respecto a los costos de transporte.

En lo respectivo a los bioproductos, Sánchez[30] refiere que a través de la biotecnología industrial es posible la obtención de medicamentos y otros bioproductos difíciles de obtener mediante métodos químicos tradicionales; además de que, los bioproductos de la biotecnología se presentan como alternativa a procesos químicos convencionales, con ventajas económicas y medioambientales reduciendo el impacto con procesos industriales eco-eficientes.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Eficiencia Energética

Por otra parte, los problemas ambientales como el aumento de la población mundial y el cambio climático sumado a la presión por el uso de más recursos naturales como alimentos, agua y energía están provocando que los ecosistemas sean explotados de forma insostenibles, afectando la productividad agrícola[42]. En este sentido, Zúniga[42] mencionan que la bioeconomía ha sido representada en Latinoamérica y Europa por la producción de biocombustible principalmente. Además, aluden que hay un creciente consenso político y consolidación de una base científica sobre la alternativa conocida como la industria de la biomasa.

Así que, según Zúniga et al[42] surge la posibilidad del uso de la energía solar en un proceso de utilización a través de la biomasa generando biorefinería versus refinerías de petróleo. Así mismo, refieren que América Latina y el Caribe (ALC) poseen disponibilidad de recursos naturales como tierras, agua, biodiversidad que le permiten ser exponente de seguridad alimentaria y garante de la calidad ambiental. Sin embargo, está presente el conflicto entre el uso de tierra con fines de producción de energéticos y su empleo para la producción de alimentos; lo que no sucede en los países subdesarrollados como en el caso de Centro América por tener amplias áreas de terreno en desuso productivo.

De igual forma, según Trigo[33] ALC poseen disponibilidad de áreas agrícolas por encima del 50 % de sus tierras con potencial agrícola. No obstante, resalta que en los cultivos de caña de azúcar y aceites el potencial es muy bajo y en la mayoría de diagnósticos se muestra un pobre desempeño tecnológico, que puede ser identificado, como la restricción más importante para hacer frente para mejorar rendimiento del uso de estos recursos.

Asimismo, Zúniga et al. [42] refieren que en América Latina se han desarrollado las actividades relacionadas a la bioeconomía como la ecointensificación con el paradigma de aumentar significativamente la cantidad de alimentos producidos, en la misma cantidad de tierra agrícola; junto al uso de inoculantes, biopesticidas y biofertilizantes para mejorar la producción. Además de implementar la exploración de la biodiversidad, desarrollo de nuevos productos y mercados y los servicios ambientales como captura de emisiones de GEI y el Ecoturismo.

En otro sentido, le eficiencia energética y las energías renovables son formas de optimización de los recursos naturales y pueden aportar a la bioeconomía para la optimización de los recursos energéticos. La eficiencia energética está relacionada con la cantidad de productos que se obtienen de un proceso por unidad de energía y se define como el conjunto de actividades encaminadas a optimizar el consumo de energía en términos unitarios, manteniendo el nivel de los servicios prestados (Ramírez, 2008). En el mismo sentido, el uso de energías renovables es una opción para mitigar el cambio climático a través de la reducción de gases de efecto invernadero dado el potencial de sustitución del uso de combustibles fósiles que tienen este tipo de fuentes de energías [23] . Agregando a lo anterior, la energía renovable puede generar de forma segura la misma energía que los combustibles convencionales, y puede hacerlo sin producir las emisiones de carbono o los residuos radiactivos que contaminan el medio ambiente [40].

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Enfoque de la Frontera Estocástica Ambiental

En cuanto al problema de mejorar la productividad de las biorefinerías y bioproductos para no competir con suelos agrícolas con la producción alimenticia se propone emplear lo expuesto por Farrel [15] quien plantea examinar la productividad de una unidad de producción en función de su comparación con una función frontera de producción eficiente y para esto la eficiencia técnica de una unidad de producción se debe comparar con la de otras unidades en función de la cual se estima la función frontera representativa. En este mismo sentido, Coelli [6] 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.

Para producir bienes de mercado y bienes o servicios se consumen inputs productivos que provocan impactos negativos sobre el medioambiente como son la contaminación y el agotamiento de recursos. Por otra parte, el desarrollo tecnológico proporciona variedades y especies más productivas y permite la aplicación de mejoras en la gestión agraria y ganadera. De forma que, para incorporar los impactos ambientales al estudio de la eficiencia productiva se deben aplicar medidas relativas basadas en el concepto de eficiencia y productividad; logrando incluir la evaluación ambiental en el análisis de productividad mediante la aplicación de medidas relativas basadas en el concepto de eficiencia. No obstante, para que el modelo de evaluación sustentado en la metodología de análisis de datos envolventes DEA se pueda aplicar se debe distinguir como variables los impactos de la valoración ambiental a incluir en el estudio. Además, el análisis supone una adaptación del modelo DEA en el que los inputs se sustituyen por los impactos medioambientales y como output se toma el valor añadido a estos impactos [11].

Dios-Palomares et al [11] abordan varios enfoques relacionados con el Análisis Envolvente de Datos (DEA) para incorporar los impactos ambientales como a continuación se abordan. El enfoque de Eficiencia Técnico-Ambiental consiste en añadir variables ambientales a las variables convencionales de la producción que son los inputs y los outputs definiendo un conjunto de posibilidades de producción ambiental. Por tanto, la medida de eficiencia exige determinar la forma en que se acercan a una frontera de eficiencia las biorefinerias pudiendo ser disminuyendo (aumentar) los inputs (outputs) equiproporcionalmente, dados los outputs (inputs), lo que origina las funciones de distancia tecnológica orientadas al input (output). También, el enfoque de eco-eficiencia trata de averiguar la eficiencia con que se utilizan los recursos ecológicos para satisfacer las necesidades humanas, es decir, relacionando el output del valor de los productos o servicios producidos con el input representando por la suma de presiones ambientales propias de los procesos productivos involucrados.

El enfoque de Metafronteras por su parte también incorpora los impactos ambientales al análisis de eficiencia, pero se aplica cuando la variable ambiental tiene carácter de variable de entorno dicotómica, es decir, se aplican cuando estudiamos una muestra de unidades de producción con distinto comportamiento con respecto a una variable; por ejemplo, unas siguen un programa de respeto ambiental (como la producción orgánica) y la otra parte no lo sigue. Se consideran por tanto, dos tecnologías distintas y por tanto dos fronteras, determinando si existen diferencias de productividad entre las muestras de unidades de producción estudiadas y así la diferencia se debería al aspecto medioambiental.

Por su lado, el enfoque de eficiencia ambiental considera tanto las variables medioambientales como las variables propias de la producción que son los outputs y los inputs y la distancia que mide la eficiencia considera dos partes que son: la eficiencia técnica y la eficiencia medioambiental. Y el enfoque de balance de materiales implica que para la consideración de las presiones medioambientales se emplee el uso de la ecuación de balance de materiales.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

El método de Malmquist DEA usa datos de panel para calcular cambios en los índices de productividad total de factores (PTF) y con enfoque de eficiencia técnica ambiental se debe incluir una parte ambiental ajustada al modelo de la bioeconomía que pueden ser: cambio tecnológico, definido por el sector productivo Biorefinería en nuestro caso es la biorefinería; cambio de eficiencia técnica explicado por la capacidad de los trabajadores en la producción y cambio de escala de eficiencia entendida como el tamaño de las biorefinerías y cambio en la eficiencia pura como los cambios de la biorefinería como tal.

El método Malmquist puede emplearse bajo la medida de Output-Orientado para indagar cuántas cantidades de inputs tanto en los componentes de producción, ambiental y social pueden ser proporcionalmente reducidas, sin cambio en las cantidades producidas en el sendero productivo biorefinerías azucareras, y bajo la medida Input-orientado para indagar cuánto pueden ser proporcionalmente aumentadas las cantidades outputs si se altera las cantidades inputs [20, 25, 43, 3]. En este estudio se midió la productividad del sector productivo biorefinería y bioproducto de la bioeconomía de los ingenios azucareros de la región centroamericana, por ello, el estudio se enfocó al análisis en las condiciones no solo de producción sino ambientales y sociales.
Los enfoques Output-Orientado e Input-orientado se pueden realizar a rendimientos de escalas constantes o variables. Los rendimientos a escala, que indican los incrementos de la producción producto del incremento de todos los factores de producción en el mismo porcentaje pueden ser constantes, crecientes o decrecientes (Londoño y Giraldo, 2009). El rendimientos de escala constante está en relacionado a la función de producción y se refiere a los cambios en la producción producto de un cambio proporcional en todos los inputs. De forma que, si todos los inputs aumentan por un factor constante y si el producto aumenta en el mismo cambio proporcional entonces existen rendimientos constantes de escala (RCS). Pero, si el producto aumenta en menos que el cambio proporcional, o en más que, el cambio proporcional, existen rendimientos crecientes de escala variable.

También, el aumento en la productividad total de los factores (PTF) ajustado al modelo de la bioeconomía indica mejoría en la tecnología y en la organización de la producción del sendero productivo biorefinería, y para medir el comportamiento de la productividad se deben cuantificar las salidas de producción de la biorefinerias (los outputs) y la entrada en forma de factores productivos que se emplean; además, de la relación existente entre ambos. El enfoque de la medición de la productividad a través de números índices como el factor de productividad total de los factores FPT se define como la relación de un índice de output (Q) respecto a un índice de inputs (P), la ecuación representativa es la ecuación #1 derivada de la figura 2.

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

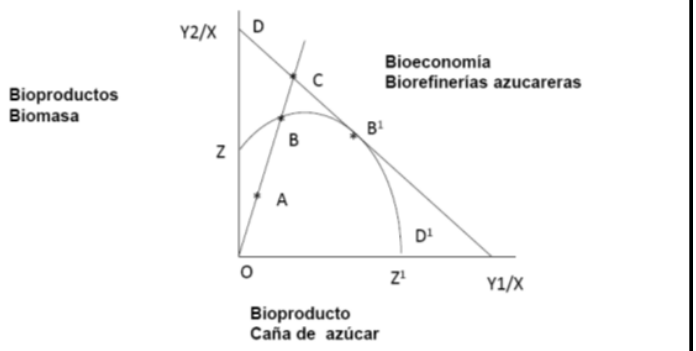


Figura 2. Enfoque de la medición de la productividad a través de la Eficiencia Técnica Ambiental de asignación económica

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

La medida de eficiencia técnica ambiental con output-orientada de la biorefinerias azucarera, representada en la distancia AB de la figura #1, que indica la ineficiencia técnica del sector biorefinerías azucarero estudiado, expresa la cantidad por la cual los outputs (bioproductos) podrían ser incrementados sin el input extra requerido. Por tanto, la medida de eficiencia técnica output-orientado está definida por la razón expuesta en la ecuación 1, es decir la cantidad de bioproductos dado los insumos de la biorefinerías utilizados.

Además, el índice de Malmquist en la condición de biorefinería-bioproducto azucarero es definido usando la función distancia. La función distancia describe una tecnología para nuestro caso definimos la biorefinería de los ingenios azucareros de producción de múltiples entradas y salidas y caracteriza la tecnología en condición de producción, condición ambiental y condición nutricional con enfoque social de la biorefinería y la bioproducción buscando proporciones mínimas de entradas dado un vector salida (output orientado) o considerando maximizar proporcionalmente y expandir el vector salida dado un vector entrada (input orientado).

La función de producción biorefinería-bioproducto puede ser definida según la ecuación 2.

P (X)={y:X puede producir y} Ecuación #2

Y la función de distancia output (bioproducto) es definida en el output (Bioproducto), P (x), como:

d_0 (x,y)=min[?:(y/?)? P(X)] Ecuación #3

El índice de Malmquist DEA puede estimar funciones fronteras (maximización, minimización, etc.,) en nuestro caso estudiamos la maximización de la biorefinerías utilizando el Análisis de Datos Envolventes bajo condiciones de producción, ambientales y nutricionales considerando estas distancias, tendríamos: a) La frontera DEA con tecnologías de biorefinerías azucareras a rendimientos a escala constante del período previo, b) la frontera DEA a con tecnologías de biorefinerías azucareras rendimientos de escala constante del período actual, c) la frontera DEA con tecnologías de biorefinerías azucareras a rendimientos de escala constante del siguiente período, y d) la frontera DEA con tecnologías de biorefinerías azucareras a escala de rendimientos decrecientes[43] .

Considerando rendimientos a escala constantes (REC), el modelo parte de considerar que hay datos de entrada (K inputs) en condicione de producción y condición ambiental y nutricional y de salida (M outputs-bioproducto) de cada N unidades de producción en nuestro caso ingenios azucareros (UP), para la i-ésima UP estas entradas y salidas se representan por el vector x1 y y1, respectivamente. La matriz insumo K x N, X, y la matriz bio-producto M x N, Y, representa los datos de todas las unidades de producción (biorefinería). El propósito de DEA es construir una frontera envolvente no paramétrica sobre los datos señalados como los observados bajo frontera de producción (Biorefinería).

La mejor manera de introducir DEA es por la vía de razones. De forma que tenemos que, para cada unidad de producción a las biorefinerías se debe obtener la medida de razón de todos los bio-productos sobre todos los insumos, tal como u' yi/v' xi, donde u es un M x 1 vector de pesos output (bioproducto) y v es un vector de pesos inputs. Para seleccionar los pesos óptimos especificamos un problema de programación matemática que se esquematiza en la programación lineal con cuatro ecuaciones.

$$Max\ uv\ \left(\frac{u'y_i}{u'x'}\right)$$

$$sa\ \left(\frac{u'y_i}{u'x'}\right) \leq 1, j = 1,2 \ldots . N$$

$$u, v \geq 0 \qquad PL1$$

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

La PL1 implica encontrar valores de u y v, tal que la medida de eficiencia de la i-ésima unidad de producción sea maximizada, sujeto a la restricción que todas las medidas de eficiencias deben ser menos o igual que uno. No obstante, la ecuación cuatro tiene infinito número de soluciones [6] , por lo que se plantea la restricción v' xi=1, resultando la PL2:

$$max_{uv} \quad (\mu\, yi)$$

$$sa \;\; v'\, xi \;\leq 0, j = 1,2 \ldots N$$

$$\mu, v \;\geq 0 \;\; PL2$$

El procedimiento matemático antes descrito refleja la transformación conocida como el multiplicador de la forma del problema de programación lineal y utilizando la dualidad en la programación lineal se deriva una forma envolvente equivalente de este problema descrito en Pl3

$$min_{xy} \quad \theta$$

$$sa \;\; -y_i + \lambda \geq 0$$

$$\theta x_i - \chi \;\geq 0$$

$$\lambda \geq 0 \; PL3$$

Donde θ es un escalar y λ es una constante del vector N x 1. Esta forma de envolvimiento implica menos restricciones que la forma multiplicador (K+M <N+1. El valor de θ obtenido será la medida de la eficiencia para la i-ésima unidad de producción. El problema de programación lineal deber ser resuelto N veces, una vez para cada unidad de producción en la muestra.

En el caso específico del uso de un panel de datos, con DEA como forma de programación lineal y (input u output orientado), el índice de Malmquist de PTF (Factor de productividad Total de producción) para medir cambio de productividad, y para descomponer este cambio de productividad en cambio de tecnología y cambio de eficiencia técnica se debe especificar la salida basada en el índice de cambio de productividad de Malmquist como se detalla en la ecuación cuatro [15] :

$$m(y_{t+1}, X_{t+1}, Y_t, X_t) = \sqrt{\left[\frac{d_0^t\,(X_{t+1},\, Y_{t+1})}{d_0^t\,(X_t, Y_t)} \;\mathrm{X}\; \frac{d_0^{t+1}\,(X_{t+1}, Y_{t+1})}{d_0^t\,(X_t, Y_t)}\right]} \qquad \textit{Ecuación \#4}$$

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

La ecuación cuatro representa la productividad de la producción en el punto (X_{t+1}, y_{t+1}) relativo al punto de producción (Xt, Yt). Un valor mayor que uno indicará crecimiento del FPT del período t para el período t+1. Este índice, es en realidad, el significado geométrico de dos output basados en índices FPT 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 FPT del período t al periodo t+1.
Para calcular el FPT se calculan cuatro funciones de distancia de los componentes de cada periodo lo que involucra cuatro problemas de programación lineal y si se asume REC los planteamientos de programación serán:

$$d_0^t\ (X_t, Y_t)^{-1} = max_{\varphi\lambda}\ \phi$$

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

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

$$\lambda \geq 0 \qquad PL4$$

$$d_0^t\ (X_t, Y_t)^{-1} = max_{\varphi\lambda}\ \phi \quad PL5$$

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

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

$$\lambda \geq 0$$

$$d_0^t\ (X_{t+1}, Y_{t+1})^{-1} = max_{\varphi\lambda}\ \phi \qquad PL6$$

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

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

$$\lambda \geq 0$$

$$d_0^t\ (X_t, Y_t)^{-1} = max_{\varphi\lambda}\ \phi \qquad PL7$$

$$sa - \phi\, Y_{it} + \lambda_t \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

Los θ y λ pueden tomar valores diferentes de los planteamientos de la programación lineal (PL). Además, los cuatro problemas de programación lineal deben ser calculados para cada biorefinería en estudio.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

3. METODOLOGÍA

El modelo para estudiar la productividad de las biorefinerías de Centroamérica está basado en el estudio de la productividad total de los factores e índices de Malmquist y en el empleo la herramienta Análisis de Datos Envolventes con enfoque de eficiencia técnica ambiental. El modelo tiene variables de entrada de factores al proceso productivo bioeconómico de las biorefinerías y una salida de producción que se detallan en la sección de panel de datos.

Las variables fueron introducidas en un panel de datos y luego este panel de datos fue simulado empleando el programa DEAP 2.1 que contiene los algoritmos de programación lineal necesarios para determinar el índice de productividad total de los factores y de esa manera obtener los índices de cambio de la eficiencia técnica expresados en cambio tecnológico, cambio en eficiencia pura y el cambio en la productividad total de los factores que permitió comparar la productividad de las biorefinerías de los ingenios azucareros de los países centroamericanos y cuba. Además, se indagó sobre la influencia de la actividad geomagnética planetaria (Ap) sobre la productividad de las biorefinerías usando una comparación de tendencia y de correlación. El modelo de cálculo usando análisis de datos envolventes se explica en la figura 2.

Las variables de estudios consideradas fueron: producción de caña azúcar, valor de producción de azúcar de cosecha procesada, maquinaria para la preparación de suelo y cultivo, población económicamente activa, emisiones de CO2eq de residuos agrícolas de caña de azúcar, emisiones CO2eq provenientes de N2O de la combustión de residuos agrícolas de caña de azúcar, emisiones CO2eq provenientes de CH4 de combustión de residuos agrícolas de caña de azúcar, suministro alimentario de energía (kcal/persona/día) (kcal/cápita/día) como diferencial de la norma alimentaria según FAO,OMS y actividad geomagnética planetaria (Ap). Estas variables están relacionadas a los senderos productivos de biorefinerías y bioproductos y se obtuvieron de la base de datos de la FAO correspondiente a los países integrantes de Centroamérica más cuba.

Dado que, el propósito de este estudio es determinar la productividad del sendero de biorefinería y bioproductos se empleó la herramienta metodológica de datos envolventes (DEA) y los índices de Malmquist para realizar una comparación de la productividad del sendero en estudio. Cabe señalar aquí, que en este estudio se plantea un modelo que contiene variables de producción, ambientales y sociales para analizar de manera integral la productividad de las biorefinerías de la región centroamericana.

El modelo de estudio de productividad considerando condición de producción, condición ambiental y condición social de nutricional de la biorefinería y la bioproducción se describe a continuación:

$$P(Xp, Xa, Xn) = \{Yi: Xp, Xa, Xn\} \qquad \textbf{Ecuación 4}$$

Y la función distancia output (bioproducto) referida en ecuación tres es definida en el output, P (x), como:

$$d_0(Xp, Xa, Xn, y) = min\left[\delta: \left(\frac{y}{\delta}\right) \epsilon \ P(X)\right] \qquad \textit{Ecuación 5}$$

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Dónde:

Yi: es la función de producción de salida de la biorefinería
Xp = es el componente de producción del modelo
Xa = es el componente ambiental del modelo
Xn = es el componente social nutricional

Para el cálculo, se hizo uso del programa de optimización de simulación DEAP 2.1 que contiene los algoritmos del proceso metodológico del método Malmquist. Es decir, el programa DEAP tiene integrados las ecuaciones de programación lineal indicadas en la revisión bibliográfica en el acápite de Enfoque de la Frontera Estocástica Ambiental relacionadas con la maximización de la función de distancia output con el propósito de construir una frontera envolvente no paramétrica sobre los datos de entrada y salida para calcular el índice de Malmquist de PTF (Factor de productividad Total de producción) de los países en estudio.

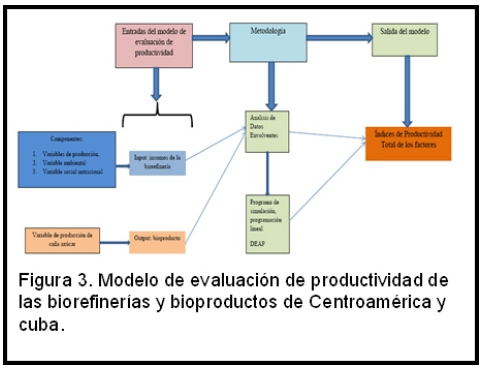


Figura 3. Modelo de evaluación de productividad de las biorefinerías y bioproductos de Centroamérica y cuba.

Por otra parte, con el propósito de estudiar si existe incidencia entre la variable de actividad geomagnética planetaria y la productividad de la biorefinerías se realiza una comparación de tendencia y de correlación de los datos de las variables del panel de datos. El análisis de tendencia pretende caracterizar las relaciones de las variables de la condición de producción, condición ambiental y la condición social usando un proceso de análisis longitudinal, lo que implica el análisis de los datos de variables a través del tiempo, con el propósito de hacer inferencias posteriores de cambios y sus consecuencias [29].

De la misma forma, se examinó la evolución y comportamiento de las diferentes variables de estudio con el fin de detectar cambios a través del tiempo para realizar inferencias del comportamiento detectar las causas de los cambios, entender sus efectos y conocer la relación entre el índice de productividad total de los factores y la actividad geomagnética planetaria (Ap). Además, se estimó la tasa de crecimiento poblacional exponencial y que según Torres-Degró [35] el modelo exponencial supone que el crecimiento se produce en forma continua, pero no con un patrón constante; la intensión del cálculo de esta tasa fue para indagar si existe vínculo entre el crecimiento poblacional y la productividad de las biorefinerias.

El análisis de correlación se concibió para evaluar la relación entre las dos variables actividad solar y el factor de productividad total empleándose para esto una herramienta grafica como es el grafico de dispersión y el coeficiente de correlación lineal de Pearson de las dos variables en cuestión, que indica si los puntos tienen una tendencia a disponerse alineadamente o no y da cuenta de la relación entre las variables.
Por tanto, se recopilaron datos de las variables desde el año 1990 hasta el 2008 y luego se procedieron a analizar estadísticamente usando el programa SPSS versión 18 para estudiar la relación entre las variables antes descritas.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

4. PANEL DE DATOS

Las variables de entrada y salida del modelo de evaluación de productividad con los componentes de producción, ambiental y social se detallan a continuación. Los datos de las variables de estudio se tomaron de la base de datos de la FAO y luego a partir de estos se formó el panel datos a ser simulados con el programa DEAP 2.1. Las variables del panel de datos fueron:

Output (salida)

Y_i que representa la variable de producción de caña azúcar en toneladas de cosecha procesada por las biorefinerías azucareras de cada país estudiado en el periodo seleccionado y el dato corresponde a la producción medido en toneladas de caña azúcar.
Los índices FAO de producción agrícola muestran el nivel relativo del volumen global de producción agrícola cada año en comparación con el período de base 2004-2006. El agregado resultante representa, pues, la producción disponible para cualquier utilización exceptuados los semillas y la alimentación de los animales.

Inputs (entradas)

Condición producción
En el componente de producción están las variables:

X_1: Variable de factor producción valor de producción de azúcar de cosecha procesada en Millones de dólares. El valor de la producción bruta se compila multiplicando la producción bruta en términos físicos por los precios de los productos a puerta de finca. Por tanto, el valor de la producción es medido en términos monetarios en la puerta de la finca. El valor corriente de la producción mide el valor en los precios en relación con el período que se está midiendo. Por tanto, representa el valor de mercado de los alimentos y los productos agrícolas en el momento de su producción.

X_2: Variable de factor producción de la maquinaria para la preparación de suelo y cultivo detallada por unidad. La maquinaria forma parte del ámbito de recursos como factores de producción para el sector agrícola. Se incluyen en este concepto los tractores (con sus accesorios), cosechadoras y trilladoras, y herramientas manuales. Por lo que con este indicador se detalla como los países difieren en la dotación de este insumo necesario para la producción agrícola.

X_3: Variable de factor producción de población total económicamente activa en cantidad de personas en cada país estudiado, durante el periodo de estudio.
El módulo de FAOSTAT contiene series cronológicas de los datos de población económicamente activa. Los datos de población económicamente activa son de la ILO (International Labour Organization) cuyos datos se refieren a la 5a edición, revisión 2009.

[1] *FAOSTAT que es la base de datos de la FAO y se puede accesar desde el vínculo: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E*

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Condición ambiental

En el componente ambiental están las variables:

X_4: Emisiones de CO_{2eq} de combustión de residuos agrícolas de caña de azúcar en Gigagramos.
X_5: Emisiones CO_{2eq} provenientes de N2O de combustión de residuos agrícolas de caña de azúcar.
X_6: Emisiones CO_{2eq} provenientes de CH4 de combustión de residuos agrícolas de caña de azúcar.
Los datos de las variables ambientales provienen de datos de indicadores agroambientales disponible en FAOSTAT elaborados en concordancia con los marcos de indicadores agroambientales (IA) elaborados por la OCDE[2] y EUROSTAT[3] en los últimos 20 años. El marco de indicadores más utilizado subdivide los IA en cinco categorías en el contexto del modelo fuerza motriz-presión-estado-impacto-respuesta (FPEIR), elaborado por la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) en 1999 y basado en el modelo presión-estado-respuesta (PER) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 1993).

X_7: Actividad geomagnética planetaria (Ap) medida en nano Tesla, son valores medios de los niveles de perturbaciones irregulares en los componentes de campo horizontales, observados en los observatorios magnéticos seleccionados de todo el mundo obtenidos del organismo Brithish Geological Survey (www.geomag.bgs.ac.uk).

Condición social

X_8: suministro alimentario de energía proveniente de la azúcar refinada en Kg/persona/día, expresada como el diferencial de la norma alimentaria según FAO, OMS.
Según el Informe de una consulta mixta de expertos OMS/FAO la fuente de energía obtenida de origen animal y vegetal para países en desarrollo el total Kcal/persona/día es de 2,681 (OMS/FAO, 2003; FAO/OMS, 2007), según el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social el índice es de 2,253 Kcal/persona/día y según la CEPAL Kcal/persona/día es del total 2,117; por lo que en promedio se considera 2,250 Kcal/persona/día. De la FAO se obtuvieron los datos de energía proveniente de la azúcar refinada en Kg/persona/día de los países en estudio y de estos datos se obtiene el porcentaje de total de energía.
El porcentaje de energía se compara con la norma que se sugiere que las calorías de azucares sean menor al 10% según la OMS (OMS/FAO, 2013) y como norma centroamericana según el instituto de nutrición de Centroamérica y Panamá y la organización Panamericana de la salud se sugiere que las calorías de azucares sean menor al 12% [22]. Por lo tanto, se selecciona un valor del 12%.

Los datos de suministro agrícola cubren productos que han sido convertidos en productos primarios equivalentes: cantidad, energía alimentaria, proteínas, grasas, total y per cápita. Los datos del suministro de alimentos son de los datos más importantes de FAOSTAT.
Cobertura: Los países en estudio fueron: Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y Cuba.
Periodo de análisis fue entre los años 1990 y el año 2008.

[2]OCDE es la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos con fines de cooperación internacional, cuyo objetivo es coordinar sus políticas económicas y sociales. [3]El EUROSTAT es la oficina estadística de la Comisión Europea, que produce datos sobre la Unión Europea y promueve la armonización de los métodos estadísticos de los estados miembros

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El propósito de este estudio fue realizar un análisis de la productividad del sendero de biorefinería y bioproductos empleando la herramienta metodológica de análisis envolvente de datos (DEA) y los índices de Malmquist de los países centroamericanos y del Caribe. En este sentido el ritmo de crecimiento promedio de productividad de los países: Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y Cuba se muestra en la tabla a continuación donde se obtuvo por separado el análisis considerando la Actividad geomagnética planetaria (Ap) y también sin ella.

Productividad total de los factores de los países en estudio

Tabla #2. Productividad total de los factores, Eficiencia Técnica, Tecnología de las Biorefinerias Centroamericanas y el Caribe, durante los años 1990-2008 con y sin Actividad Solar y su relación con la tasa de crecimiento poblacional.

#	País	Effch con	Effch sin	Techch con	Techch sin	Pech con	Pech sin	Sech con	Sech sin	Tfpch con	Tfpch sin	r
1	Belice	1,00	1,000	1,003	0,986	1,000	1,000	1,00	1,000	**1,003**	0,986	4,06
2	Costa Rica	0,998	0,998	0,960	0,946	1,000	1,000	1,00	0,998	0,958	0,944	2,80
3	El Salvador	1,000	1,000	1,114	1,084	1,000	1,000	1,00	1,000	**1,114**	**1,084**	1,15
4	Guatemala	1,000	1,000	1,000	0,989	1,000	1,000	1,00	1,000	1,000	0,989	3,02
5	Honduras	1,000	1,000	0,978	0,978	1,000	1,000	1,00	1,000	0,978	0,978	2,48
6	Nicaragua	1,005	1,005	1,034	1,017	1,005	1,005	1,00	1,000	**1,039**	**1,022**	2,62
7	Panamá	0,992	0,992	0,990	0,996	1,000	1,000	0,992	0,992	0,982	0,988	2,74
8	Cuba	1,000	1,000	1,030	1,032	1,000	1,000	1,00	1,000	**1,030**	**1,032**	0,84
	Media Geométrica	0,999	0,999	1,013	1,003	1,001	1,001	0,999	0,999	**1,012**	**1,002**	2,22

Effch: cambio de la eficiencia técnica; Con: considerando la Actividad solar planetaria (Ap); Sin: no considerando la Actividad solar planetaria (Ap); techch: cambio tecnológico; Pech cambio en eficiencia pura; Sech: cambio en eficiencia de escala; Tfpch cambio en la productividad total de los factores r: tasa de crecimiento exponencial poblacional

Tabla #3. Medias anuales de laProductividad total de los factores, Eficiencia Técnica, Tecnología de las Biorefinerias Centroamericanas y el Caribe, durante los años 1990-2008 con y sin Actividad Solar y su relación con la tasa de crecimiento poblacional.

Resumen de medias anuales de índices de Malmquist con sin la consideración de la variable Ap

Año	effch con	effch sin	techch con	techch sin	pech con	pech sin	sech con	sech sin	tfpch con	tfpch sin
1991	0.997	0.998	1.089	1.158	1.004	1.004	0.993	0.994	1.086	1.156
1992	1.004	1.004	1.023	0.953	0.997	0.997	1.006	1.006	1.027	0.956
1993	1.001	1.001	1.123	1.112	1.010	1.010	0.991	0.991	1.124	1.113
1994	0.988	0.988	0.900	0.924	0.987	0.987	1.001	1.001	0.889	0.913
1995	1.013	1.013	1.432	1.344	1.013	1.013	1.000	1.000	1.451	1.361
1996	1.000	1.000	1.166	1.117	1.000	1.000	1.000	1.000	1.165	1.117
1997	1.009	1.009	0.787	0.783	1.001	1.001	1.008	1.008	0.794	0.790
1998	1.000	1.000	0.754	0.820	1.000	1.000	1.000	1.000	0.754	0.820
1999	1.000	1.000	1.109	1.118	1.000	1.000	1-000	1.000	1.109	1.118
2000	0.996	0.996	0.969	0.979	0.996	0.996	1.000	1.000	0.965	0.975
2001	0.996	0.996	0.937	0.920	1.004	1.004	0.992	0.992	0.933	0.917
2002	1.004	1.004	1.148	1.147	1.000	1.000	1.004	1.004	1.153	1.152
2003	1.002	1.002	0.991	1.103	1.000	1.000	1.002	1.002	0.993	1.105
2004	0.999	0.999	1.067	0.960	1.000	1.000	0.999	0.999	1.066	0.959
2005	0.995	0.995	0.797	0.798	0.996	0.996	1.000	1.000	0.793	0.794
2006	0.989	0.988	1.270	1.114	1.002	1.002	0.986	0.986	1.256	1.101
2007	1.014	1.015	0.931	0.919	1.002	1.002	1.012	1.013	0.945	0.933
2008	0.981	0.981	0.976	0.966	1.000	1.000	0.981	0.981	0.957	0.947
Media	0.999	0.999	1013	1.003	1.001	1.001	0.999	0.999	1.012	1.002

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

De los resultados obtenidos el crecimiento de productividad promedio entre los países Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y cuba bajo el énfasis de análisis orientado a la salida en el periodo comprendido entre 1990 y el año 2008 se muestra que al revisar el comportamiento de la variable de salida en forma de producción en toneladas de caña de azúcar y las variables de entrada valor de producción de azúcar, maquinaria utilizada en las labores agrícolas (tractores), emisiones de CO2eq, emisiones de nitrógeno y de metano de residuos agrícolas de caña de azúcar, suministro alimentario azúcar refinada, actividad geomagnética planetaria (Ap) y la población económicamente activa resulta que en promedio el ritmo de crecimiento interanual de la productividad total de los factores de los países en estudio durante el periodo analizado fue 1.2 %.

Además, los únicos países que mostraron un crecimiento fueron Belice con 0.3 %, El Salvador con 11.4 %, Nicaragua con 3.9% y Cuba con 3 %; este aumento se debió al cambio tecnológico, es decir, a la biotecnología empleada en los procesos productivos, en otras palabras, esto significa que se han adoptado nuevas prácticas de producción y se han logrado las inversiones necesarias en investigación y aplicación de la biotecnología relacionada con las biorefinerías y bioproductos.

En otro sentido, el cambio de la eficiencias técnica promedio de todos los países en estudio no tuvo un crecimiento promedio en los países del estudio. El cambio de la eficiencias técnica puede ser interpretado 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 está relacionado con una serie de variables, como el conocimiento, la experiencia y la educación en todos los países del estudio.

Así mismo, la eficiencia de escala tampoco presenta crecimientos; aunque la eficiencia pura presenta un leve crecimiento de 0.1%. Lo anterior, es coincidente con el hecho de que la eficiencia técnica se puede descomponer en dos componentes, uno debido a la eficiencia de escala y el otro debido a la ¨pura¨. La eficiencia técnica no muestra crecimiento en los países en estudio. No obstante, si se presentó cambio tecnológico en el periodo de estudio, con un crecimiento del 1.3% debido a la introducción de nuevas tecnologías relacionadas a la biotecnología.

Por el contrario, si no consideramos a la variable de Actividad geomagnética solar planetaria (Ap), el promedio el ritmo de crecimiento interanual de la productividad total de los factores de los países en estudio es menor que si se considera Ap con un valor de 0.2 %. Los países que mostraron un crecimiento en este escenario fueron El Salvador con 8.4 %, Nicaragua con 2.2 % y Cuba con 3.2 % y de la misma forma este aumento se debe al cambio tecnológico es decir, a la biotecnología empleada en los procesos productivos. Agregando a lo anterior, el cambio de la eficiencias técnica de todos los países en estudio no muestra crecimiento promedio, la eficiencia de escala tampoco presenta crecimientos, siendo únicamente la eficiencia pura quien presenta un leve crecimiento de 0.1%. El cambio tecnológico presentado en este escenario es menor con un 0.3 %.

Tabla #4. Productividad Total de los factores Eficiencia técnica Tecnología de las Biorefinerías centroamericanas y del Caribe, considerando únicamente la salida de producción y la actividad solar

#	País	effch	techch	pech	sech	Tfpch
1	Belice	1.074	0.971	1.074	1.000	1.042
2	Costa Rica	1.109	0.971	1.109	1.000	1.076
3	El Salvador	1.115	0.971	1.115	1.000	1.083
4	Guatemala	1.126	0.971	1.126	1.000	1.093
5	Honduras	1.127	0.971	1.127	1.000	1.093
6	Nicaragua	1.116	0.971	1.116	1.000	1.083
7	Panamá	1.099	0.971	1.099	1.000	1.067
8	Cuba	0.986	0.971	0.986	1.000	0.957
	Media Geométrica	1.093	0.971	1.093	1.000	1.061

Effch: cambio de la eficiencia técnica, techch: cambio tecnológico , Pech cambio en eficiencia pura, Sech: cambio en eficiencia de escala, Tfpch cambio en la productividad total de los factores

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Por otro lado, se obtuvieron resultados del crecimiento de productividad promedio entre los países Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y cuba bajo el énfasis de análisis orientado a la salida en el periodo comprendido entre 1990 y el año 2008 considerando únicamente la salida de producción y la variable de actividad solar se muestra que en promedio el ritmo de crecimiento interanual de la productividad total de los factores de los países en estudio durante el periodo analizado fue 6.1 %.

Los países en estudio que mostraron un crecimiento en la productividad total de los factores bajo el escenario planteado en el párrafo anterior fueron: Belice con 4.2 %, Costa Rica 7.6%, El Salvador con 8.3 %, Guatemala 9.3%, Honduras 9.3 %, Nicaragua con 8.3 %, Panamá 6.7 %. Por el contrario, Cuba presenta un decrecimiento en la productividad de 4.3 %. Los países que logran aumento en este escenario lo hacen debido al cambio tecnológico de la biotecnología relacionada con las biorefinerías y bioproductos.

Por lo tanto, si solo se considera la producción de las biorefinerias y la actividad geomagnética solar planetaria (Ap) los resultados difieren del análisis anterior, puesto que, al no considerar los otros factores de producción se obtiene como resultado que países que no mostraban crecimiento productivo ahora lo muestran y otro como Cuba se muestran con deficiencia en la productividad. Demostrado esta entonces que en el análisis se deben considerar todos los factores de producción representados por las variables cuyos resultados se muestran en la tabla 3.

Influencia de la actividad solar en la productividad total de los factores de las biorefinerias de los países en estudio

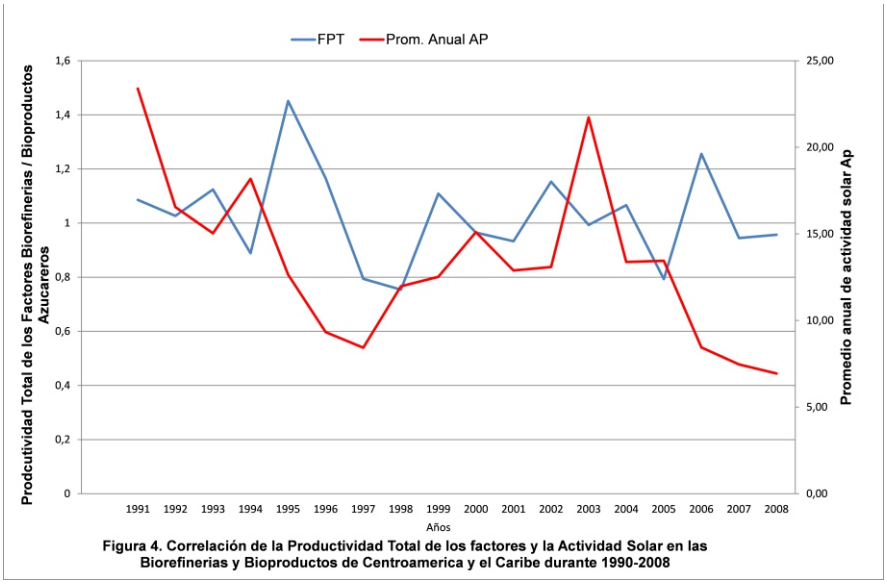


Figura 4. Correlación de la Productividad Total de los factores y la Actividad Solar en las Biorefinerias y Bioproductos de Centroamerica y el Caribe durante 1990-2008

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Correlations

		Actividad Solar	FPT
Actividad Solar	Pearson Correlation	1	,418
	Sig. (2-tailed)		,084
	N	18	18
FPT	Pearson Correlation	,418	1
	Sig. (2-tailed)	,084	
	N	18	18

Figura #5. Correlación entre Ap y FPT considerando a Ap en el cálculo de FPT resultado del programa SPSS.

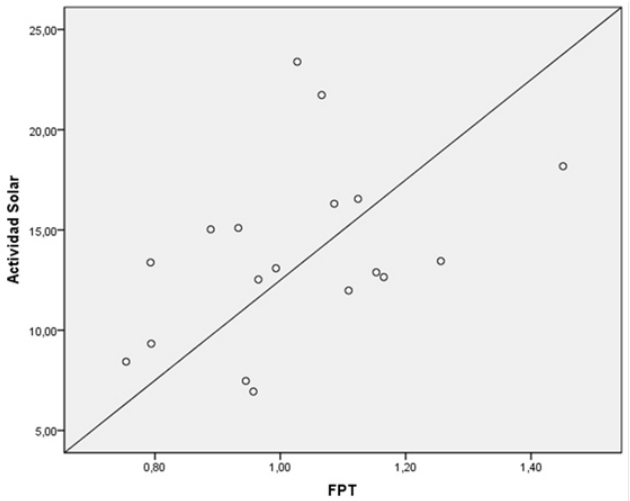


Figura # 6. Correlación entre Ap y FPT a través de gráfico de dispersión considerando a Ap simulada en programa SPSS.

Correlations

		Actividad Solar	FPT sin Ap
Actividad Solar	Pearson Correlation	1	,313
	Sig. (2-tailed)		,206
	N	18	18
FPT sin Ap	Pearson Correlation	,313	1
	Sig. (2-tailed)	,206	
	N	18	18

Figura # 7. Correlación entre Ap y FPT sin considerar a Ap en el cálculo de FPT simulada en programa SPSS.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

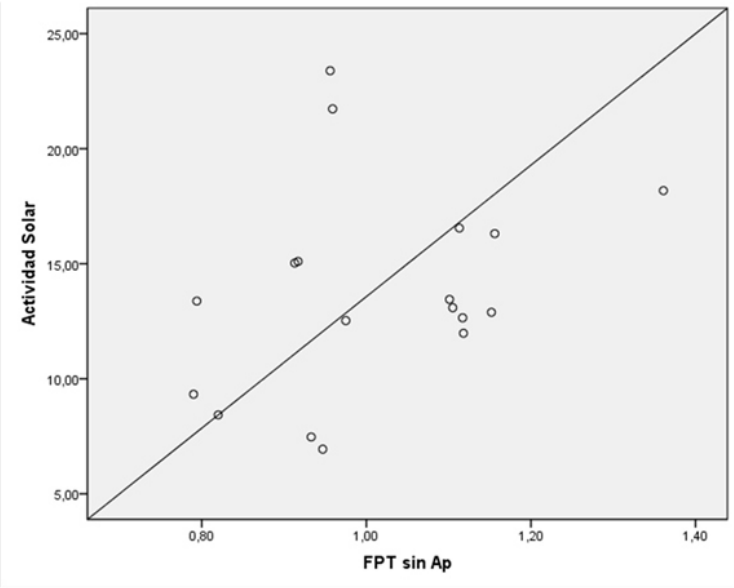


Figura # 8. Correlación entre Ap y FPT a través de grafico de dispersión sin considerar a Ap resultado del programa SPSS.

Por otra parte, existe correlación entre las variables factor de productividad total y la actividad geomagnética solar planetaria; en la gráfica cuatro se puede visualizar la relación y tendencia entre estas variables de estudio. No obstante, la correlación matemática determinada de forma estadística, usando el índice de correlación de Pearson, no es completamente determinante, con un valor de 0,418 (observar la figura # 5). Así mismo, al observar el grafico de dispersión de la figura seis se puede visualizar la tendencia de Ap y FPT a concentrarse en un patrón de correlación no determinante; observándose que, la productividad de la bioeconomía tiene cierta relación con la actividad geomagnética planetaria.

Si se analiza la correlación entre la producción y la actividad solar de cada país de forma separada (ver gráficos en anexos) se concluye que no todos los países muestran una relación definida y solamente se muestra una relación en los países Belice, el salvador, Nicaragua y Cuba. Por tanto, no se puede afirmar que no exista influencia de la actividad solar sobre la productividad de las biorefinerías de los ingenios de los países en estudio.

Por otro lado, el índice Ap es el promedio del índice de actividad geomagnética (A) planetario tomado de la información de un grupo estaciones geomagnéticas específicas y es definido por Verbanac et al [39] como una medida de la latitud media de variaciones del campo geomagnético registradas durante el periodo de 3 h por 13 observatorios geomagnéticos situados entre 44 ◦ y 60 ◦ latitud geomagnética norte o sur y según Velásquez [38] se calcula promediando los valores del índice A que a su vez se deriva del índice Kp y que reflejan las condiciones geomagnéticas, es decir, los efectos de las partículas solares en el campo magnético de la tierra. El índice A define escalas de valores y niveles de magnitud geomagnética y para valores entre 16 y 29 se considera una acción activa; pero, muy por debajo de la influencia de tormentas solares severas con valores mayores a 100.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

De tal forma que, los cambios en la atmosfera se registran como tranquilos para valores de Ap menores a 15 y valores hasta 27 son considerados de actividad geomagnética activa que corresponden a valores de índice Kp moderados menores al valor de 5 según la escala de clima espacial de NOAA (National Oceanic and Atmospheric administration, USA).

No obstante, es importante esclarecer que los valores promedios anuales de los niveles de actividad geomagnética no podrán presentar valores altos, dado que son promedios de los valores medidos. Por el contrario, los valores promedios diarios si pueden alcanzar valores altos mayores a 100, pero su peso dentro de los promedios anuales es escaso. Un promedio anual de 20, se puede considerar como bien alto; aunque, un promedio diario con ese valor, no es considerable. Aunque, según lo afirmado por Tripathi et al. (2012) valores promedio altos de la actividad geomagnética están relacionados con periodos de valores altos de actividad solar.

Del análisis estadístico del índice Ap se tiene que el valor promedio anual es de 13.8 y el máximo observado fue de 23.39 por lo que la incidencia de este factor es de considerar sobre las áreas de los países en estudio y por tanto su influencia sobre la productividad podría ser influyente.

Statistics

		producción de azucar	maquinaria tractores	Población económicamente activa	Emisiones de CO2eq residuos agrícolas de caña de azúcar	Emisiones CO2eq provenientes de N2O de combustión de residuos agrícolas de caña de azúcar	Emisiones CO2eq provenientes de CH4 de combustión de residuos agrícolas de caña de azúcar	Suministro alimentario de energía	actividad solar (Ap)	FPT	Valor de producción de azucar	Tasa de crecimeinto poblacional	Actividad Solar	FPT sin Ap
N	Valid	152	152	152	152	152	152	152	152	18	152	8	18	18
	Missing	25	25	25	25	25	25	25	25	159	25	169	159	159
Mean		882832344.6711	652.1908	2224.0329	82.9884	19.9603	3575.6807	.8276	13.5200	1.0256	17987117.6316	2.4637	13.8017	1.0126
Std. Error of Mean		109422528.72639	76.10029	116.69154	13.41483	3.80223	3519.53712	.00358	.35524	.04108	2230215.07211	.36435	1.04620	.03531
Median		380000000.0000	375.0000	2012.5000	23.5315	.6800	17.1900	.8400	13.0900	1.0100	11141809.5000	2.6800	13.2350	.9670
Mode		380000000.00[a]	470.00	2367.00[a]	12.37[a]	.34	.89	.83[a]	6.94[a]	.75[a]	12358205.00[a]	.84[a]	6.94[a]	.79[a]
Std. Deviation		1349051536.64250	938.22740	1438.66997	165.38909	46.87704	43391.76785	.04408	4.37973	.17427	27495938.04033	1.03053	4.43865	.14979
Variance		1.81994004852E+18	880270.64548	2069771.29030	27353.55070	2197.45665	1882845517.39387	.00194	19.18204	.03037	756026608717681.00	1.06200	19.70165	.02244
Range		8168940000.00	6035.00	5212.00	738.98	204.54	535023.23	.20	16.45	.70	245955660.00	3.22	16.45	.57
Minimum		11060000.00	15.00	55.00	1.06	.29	.77	.70	6.94	.75	321840.00	.84	6.94	.79
Maximum		8180000000.00	6050.00	5267.00	740.04	204.83	535024.00	.90	23.39	1.45	246277500.00	4.06	23.39	1.36
Sum		134190516390.00	99133.00	338053.00	12614.24	3033.96	543503.47	125.80	2055.04	18.46	2734041880.00	19.71	248.43	18.23

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Figura #9. Análisis estadístico descriptivo de frecuencia de las variables en estudio del programa SPSS.

Además, del análisis estadístico de las variables de la condición de producción, ambiental y social de la bioeconomía de las biorefinerías de Centroamérica, panamá y Cuba se obtiene que en el periodo de estudio la producción promedio fue de 8.829 x 10^8 toneladas de caña azúcar, con un valor promedio de 17, 987,000 millones de dólares. Para esta producción se emplearon en promedio 652 equipos y se involucraron en promedio 2, 224,039 personas de la población económicamente activa de estos países en estudio. En el mismo sentido, dentro del proceso productivo se emitieron 12,616 Gigagramos de CO_2 equivalentes de la quema de residuos agrícolas de caña de azúcar, 3,036.96 Gigagramos de CO_{2eq} provenientes de N_2O de combustión de residuos agrícolas de caña de azúcar y 543,489 Gigagramos de CO_{2eq} provenientes de CH_4 de combustión de residuos agrícolas de caña de azúcar.

Así mismo, la bioeconomía proporcionó un suministro alimentario de energía promedio un 0,82 % de kcal/persona/día, es decir este suministro se aleja un 18% en promedio como diferencial de la norma alimentaria según FAO/OMS. Y la actividad geomagnética solar planetaria en el periodo de estudio irradio en promedio 13.23 nanoTesla en los países en estudio valor considerado como de influencia estable de la radiación solar.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Correlations

		FPT	Tasa de crecimeinto poblacional
FPT	Pearson Correlation	1	,182
	Sig. (2-tailed)		,666
	N	18	8
Tasa de crecimeinto poblacional	Pearson Correlation	,182	1
	Sig. (2-tailed)	,666	
	N	8	8

Figura # 10. Correlación entre Tasa de crecimiento poblacional de los países de estudio y FPT resultado del programa SPSS.

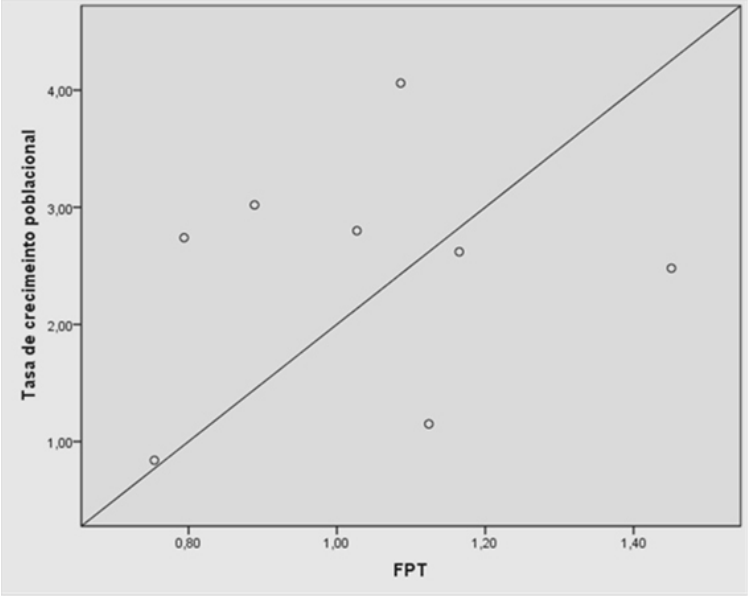


Figura # 11. Gráfico de dispersión entre la tasa de crecimiento poblacional de los países en estudio y FPT con resultado del programa SPSS

Agregando a lo anterior, para completar el análisis de productividad de la bioeconomía se estimó la tasa de crecimiento poblacional exponencial según lo expuesto por Torres-Degró[35] para analizar su relación con la productividad de las biorefinerias. El análisis estadístico demostró que la tasa de crecimiento poblacional de los países en estudio y su productividad representada en el FPT tiene un nivel de correlación débil mostrada por el coeficiente de correlación de Pearson (ver figura 10). Por consiguiente, no hay una relación directa entre el crecimiento poblacional y la productividad en estos países, aunque, se nota que los países que mostraron mayor crecimiento tienen tasas bajas de crecimiento poblacional.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

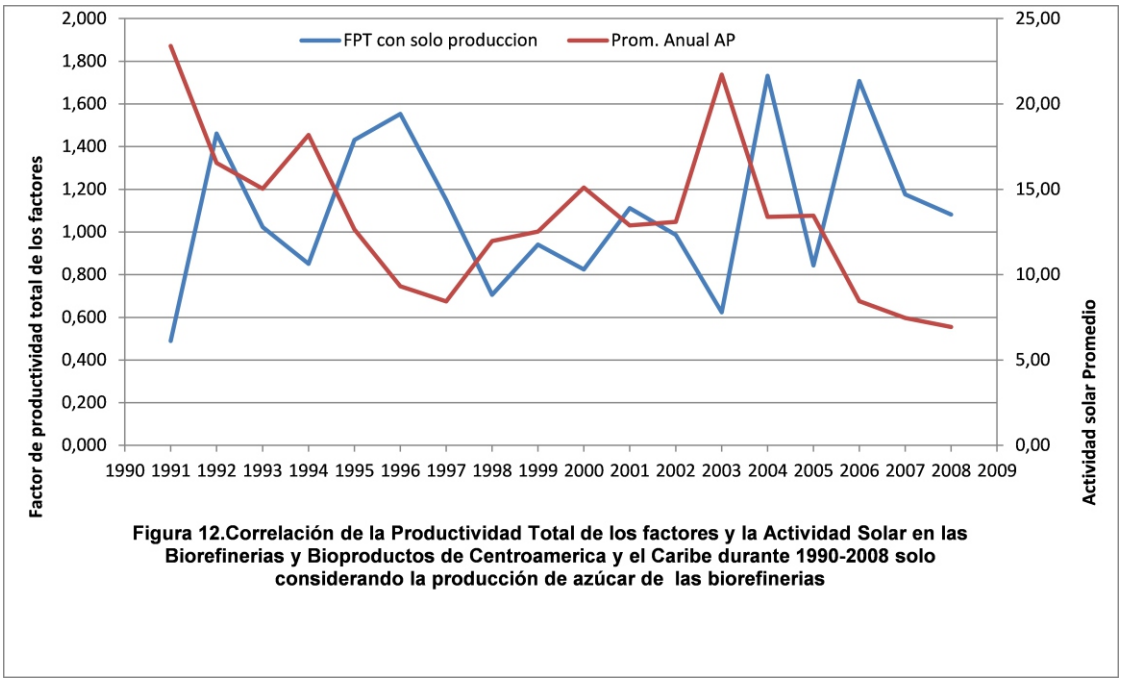


Figura 12.Correlación de la Productividad Total de los factores y la Actividad Solar en las Biorefinerias y Bioproductos de Centroamerica y el Caribe durante 1990-2008 solo considerando la producción de azúcar de las biorefinerias

Agregando a lo anterior, al comparar la tendencia entre las variables promedios anuales de actividad geomagnética planetaria (Ap) y promedios anuales de Índices de productividad total de los factores considerando solamente la producción de azúcar de las biorefinerias, se observa (ver figura 12) que la productividad de la bioeconomía tiene relación con la actividad geomagnética solar planetaria y que existe tendencia a un comportamiento similar en el tiempo de estudio, en cuanto a que, cuando la actividad solar aumentó, también lo hizo la producción. Sin embargo, no se muestra una correspondencia determinante entre ambas variables, lo que se puede visualizar en el diagrama de dispersión de la figura 13, aunque el índice de correlación de Pearson de 0.4 muestra algún grado de relación.

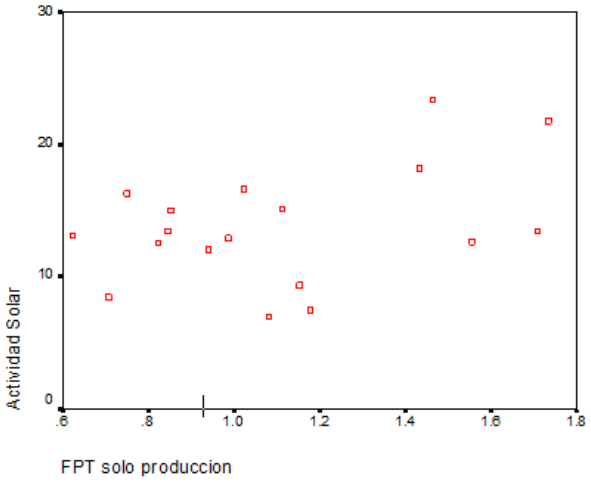


Figura # 13. Diagrama de dispersión de la actividad solar planetaria (Ap) medida en nano Tesla y Promedios anuales de Índices de productividad total de los factores solo considerando la producción de azúcar de las biorefinerias.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Correlations

		Actividad Solar	FPT solo produccion
Actividad Solar	Pearson Correlation	1	.409
	Sig. (2-tailed)	.	.092
	N	18	18
FPT solo produccion	Pearson Correlation	.409	1
	Sig. (2-tailed)	.092	.
	N	18	18

Figura # 14. Correlación entre las variables actividad solar planetaria (Ap) medida en nano Tesla y Promedios anuales de Índices de productividad total de los factores solo considerando la producción de azúcar de las biorefinerias

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Zúniga et al. [42] al referirse a los instrumentos de medición de la bioeconomía expresan que se ha empleado la programación lineal, la utilización de las cuentas nacionales, uso de indicadores socio-económicos, uso de sistemas de registro de actividades productivas y desarrollo de clústeres y mediciones a nivel micro (estudios de caso) para medir el impacto de la bioeconomía. Más aun, Zúniga et al [42] señalan que Coelli [6] planteó un modelo de eficiencia ambiental incluyendo una condición de balance de los materiales que es prácticamente un ajuste a los índices de Malmquist para medir las condiciones medio ambientales.

Además, Zúniga et al [42] otro autor utilizó la programación lineal para desarrollar un modelo bioeconómico de programación lineal para el análisis de decisiones. Así mismo, Blanco y Zúniga [5] aplicaron programación lineal utilizando los índices de Malmquist para medir la eficiencia y productividad del empleo de bagazo de caña y de los derivados del petróleo en la generación de energía eléctrica en Nicaragua.

Por su parte, Dios-Palomares et al [12] estudiaron el nivel de eficiencia técnica y medioambiental del sector productor de aceite de oliva en la región Andaluza incorporando los outputs: índice de calidad, el volumen de producción de aceite, considerados como deseables y un output medioambiental del proceso productivo. Adicionalmente, para incorporar la diferencia supuesta en productividad debida a la forma jurídica, incorporaron al modelo una variable de entorno referida al tipo de empresa, ya sea cooperativa, o empresa privada. Los autores antes mencionados para realizar la estimación de la eficiencia técnica y medioambiental, emplearon la metodología de análisis envolvente de datos (DEA) con funciones distancias no radiales y como resultado obtuvieron que las productividades de los inputs resultaron mayores en el grupo de las empresas no cooperativas.
Por lo tanto, para medir la productividad de unidades de producción se pueden emplear dos métodos: análisis envolventes de datos (DEA) y fronteras estocásticas [42]. No obstante, la estimación de la función frontera para calcular el cambio en la productividad total de los factores (PTF) se presenta como una técnica de medición de la eficiencia técnica ambiental como lo plantea Dios Palomares et al [11] y como parte de la productividad que generara información para las decisiones productivas en unidades de producción [3].

De manera que, la metodología de este artículo para realizar análisis de la productividad del sendero de biorefinería y bioproductos empleando la herramienta metodológica de análisis envolvente de datos (DEA) y los índices de Malmquist coincide con la propuesta metodológica de los autores [6,12,4,42,41].

En lo que respecta a la influencia de la actividad geomagnética Tripathi et al [36] concluyen que valores promedio altos de la actividad geomagnética están relacionados con periodos de valores altos de actividad solar. En este trabajo se encontró que la actividad geomagnética planetaria y la productividad de las biorefinerias tienen existe algún nivel de relación entre estas variables según los datos analizados y que el nivel de la actividad solar es moderado. Sin embargo, según Sierra y Baca [31] al revisar la literatura encontraron que existen nexos entre el Clima Cósmico (que incluye la influencia de la actividad solar magnética) y el Clima terrestre y el rendimiento de las cosechas junto a la productividad agrícola, pero estos mismos autores detallan que una investigación realizada con el propósito de encontrar un posible vínculo de la actividad solar con la producción de azúcar de caña en Cuba tuvo resultados no concluyentes, por lo que no se ha comprobado una influencia de la actividad solar sobre la productividad de actividades como la de las biorefinerias resorte de este artículo.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

7. CONCLUSIONES

La bioeconomía representa un nuevo paradigma de relaciones económicas para suplantar el uso de recursos no renovables por los recursos biológicos de la naturaleza con un enfoque sostenible. En este sentido, América Latina y el Caribe poseen disponibilidad de recursos naturales que le permiten aportar a la seguridad alimentaria y a la conservación del ambiente y el aumento de la productividad de la bioeconomía suprime la discusión sobre la disputa por el uso de suelos para la producción agrícola para la industria de los alimentos.

Según los resultados de este artículo existen oportunidades de desarrollo a partir de la bioeconomía al mejorar la productividad y de esa forma responder a la seguridad alimentaria de la población mundial presente y futura y, enfrentar las nuevas demandas asociadas con la sustitución de los combustibles fósiles por otras fuentes de energía. En este artículo se resaltan los senderos productivos de la bioeconomía como las actividades productivas de explotación de los recursos de la biodiversidad, eco-intensificación de la agricultura, aplicación de la biotecnología, biorefinería y bioproductos, y eficiencia en la cadena de valor.
Por otro lado, el propósito de esta investigación fue realizar un análisis de productividad del sendero de biorefinería y bioproductos empleando datos envolventes (DEA) y los índices de Malmquist; además de indagar si la actividad geomagnética solar planetaria tiene incidencia en la productividad de las biorefinerias Centroamericanas. En este sentido, se encontró que existe en promedio crecimiento interanual de la productividad total de los factores involucrados en la bioeconomía del uso de biomasa de los ingenios azucareros de los países en estudio del 1.2% durante el periodo promedio total y específicamente los países Belice, El Salvador, Nicaragua y Cuba mostraron crecimiento en la productividad y que este aumento se debió al cambio tecnológico. No obstante, existe deficiencia en cuanto a la productividad de los factores de Costa Rica, Guatemala, Honduras y Panamá.

De modo que, se presenta un reto de aumento de productividad y específicamente en la optimización de los procesos productivos necesitándose reducir las entradas al proceso productivo; es recomendable por tanto que se optimice el uso de maquinaria utilizada en las labores agrícolas, se reduzcan las emisiones de CO_2eq, N_20, CH_4 de residuos agrícolas de caña de azúcar, se reorganice el suministro alimentario de azúcar refinada y se aumente la población económicamente activa.

Por otra parte, se concluye que la productividad de la bioeconomía tiene cierta relación con la actividad geomagnética planetaria; de manera que, **se o**bserva cierta influencia de la actividad solar sobre la productividad de las biorefinerías de los ingenios de los países en estudio. Por otro lado, no existe relación entre la productividad de las biorefinerías de los países en estudio y la tasa de crecimiento poblacional.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

8. REFERENCIAS

1. Aguilar, N., Galindo, M., Guadalupe, F. y Javier, C. (2011).Factores de competitividad de la agroindustria de la caña de azúcar en México. *Región y Sociedad*, 23.
2. Azqueta, D. (2007). *Introducción a la Economía ambiental* .2a Edición. España. Mc Graw Hill. 493p.
3. Bravo-Uretra, B., Solís, D., Moreira, V., Maripani, J., Thian, A., y Rivas T., (2007). Technical efficiency in farming: a Meta regression analysis. *Journal of productivity Analysis*. 27(1), 57-72.
4. Bravo-Ureta, B., Moreira, V., Arzubi, A., Schilder, E., Álvarez, J., Molina, C. (2008). Cambio tecnológico y eficiencia técnica en predios lecheros de tres países de Sudamérica. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 68 (4).360-367
5. Blanco, N y Zúniga, C. (2013). A New Case of Bio Economy in Nicaragua. *Journal of Agricultural Studies*, 1(1). Macrothink Institute. doi:10.5296/jas.v1i1.3352. URL:http://dx.doi.org/10.5296/jas.v1i1.3352
6. Coelli, T. (2008). A guide to DEAP versión 2.1: a data Envelopment Analysis computer program. *CEPA Working Paper*, 96.
7. Cabral da Costa, C., Lee Burnquist, H, y Martins, J. (2006). Relations of the regional Brazilian cane agro-industry with the national economy: analysis applied to the Centre-South and North-Northeast. *Applied Economics*. 38. 519–531.
8. Comisión Económica para América Latina, CEPAL. (1985). *Determinación de las necesidades de Energía y Proteínas de la población*. Obtenido desde: http://www.eclac.cl/deype/mecovi/docs/TALLER4/10.pdf
9. Comisión Nacional de Productores de Azúcar, CNPA. (2012). *Estadísticas de producción de azúcar*. Obtenido desde: http://www.cnpa.com.ni/indicadores/
10. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, CONEVAL. (2012). *Construcción de la Líneas de Bienestar*. Documento metodológico, México, D.F. Obtenido desde: http://www.coneval.gob.mx/Informes/Coordinacion/INFORMES_Y_PUBLICACIONES_PDF/Construccion_lineas_bienestar.pdf
11. Dios-Palomares, R., Alcaide, D., Diz, J., Bello, M., Guijarro, A y Zúniga, C. (2014). *La eficiencia ambiental mediante Análisis Envolvente de Datos: Métodos y evidencias empíricas*. En Zúniga, C., Dios Palomares, R., Duran, O., Sol, A. En Estado del arte de la bioeconomía y el cambio climático / Red de Bioeconomía y Cambio Climático. (pp. 190-228). León, Nicaragua: Editorial Universitaria.
12. Dios-Palomares, R., Prieto, A., Martínez, J. (2008). Eficiencia Medioambiental y Forma Jurídica en el Sector Oleícola. *XI Encuentro de Economía Aplicada*. Salamanca, España.
13. European Commission, EC. (2005). *New perspectives on the knowledge based bio-economy: A conference report*. European Commission, Brussels, Belgium, 2005.
14. Figueroa, J. (2005). Valoración de la biodiversidad: Perspectiva de la economía ambiental y la economía ecológica. *INCI* 30 (2).103-107.
15. Farrel, M. (1957). The Measurement of productivity. *Journal of the Royal Society, A CXX*, 3, 253-290.
16. González, A. y Kafarov, V. (2011). Microalgae based biorefinery: Issues to consider. *A review. CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, 4 (4), 5 - 22.
17. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (2003). *Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas*. Obtenido desde: ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/ac911s/ac911s00.pdf
18. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (2007). *Principios y aplicación de las nuevas necesidades de energía según el Comité de Expertos FAO/OMS*. Obtenido desde: http://www.eclac.org/publicaciones/xml/4/30044/LCL2780e.pdf

Londoño, L.,

19. y Giraldo, Y. (2009).Análisis Envolvente de Datos -DEA- : Una aplicación al sector de telecomunicaciones de países de medianos ingresos.Ecos de Economía, 28. 1-20.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

20. Ludena C. (2012). Agricultural Productivity Growth, Efficiency Change and Technical Progress in Latin America and the Caribbean. Paper presentado para una presentación en la conferencia International de la asociación de economistas agrícolas (International Association of Agricultural Economists Triennial Conference, IAAE). Foz do Iguaçu, Brasil.
21. Mohammadian, M. (2008).La bioeconomía: economía del tercer camino, entre la antigua economía y la nueva economía global. *Revista de Estudios Empresariales*, 2. 118-121.
22. Menchu, E. y Osegueda. (2006).*La canasta básica de los alimentos en Centroamérica*. INCAP/OPS. 60p.ISBN 99922-880-3-5. Obtenido desde: http://www.iaip.gob.hn/transparencia/pdf/Regulacion/exoneraciones/canasta%20basica/La%20Canasta%20Basica%20de%20Alimentos%20en%20CA.pdf
23. Moreira J. (2006). Global biomass energy potential. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11(2), 313–342. DOI: 10.1007/s11027-005-9003-8.
24. Orduna, L. 2004.Análisis del concepto de la economía: la falacia de Robbins. *Cuadernos de estudios empresariales*, 14. 143-177.
25. O'Donnell C., (2012). Econometric estimation of distance functions and associated measures of productivity and efficiency change. Paper presentado para una presentación en la conferencia International de la asociación de economistas agrícolas (International Association of Agricultural Economists Triennial Conference, IAAE). Foz do Iguaçu, Brasil.
26. Perlack, R., Wright, L., Turhollow, A., Graham, R., Stokes, B., y Erbach, B. (2005). Biomass as feedstock for a bioenergy and bioproducts industry: the technical feasibility of a billion-ton annual supply. Obtenido desde: http://web.ornl.gov/~webworks/cppr/y2001/rpt/123021.pdf
27. Pavone, V. (2012). Ciencia, neoliberalismo y bioeconomía. CTS: *Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad*, 7(20). 145-16.
28. Ramírez, R. (2008). *Sostenibilidad y Eficiencia Energética en la Industria*. CITCEA. Obtenido desde: http://es.scribd.com/doc/23525965/Eficiencia- Energetica-en-la-Industria
29. Sampieri R; Fernández C; Baptista P. (2006). *Metodología de la investigación*. 4a Edición. México. Mc Graw Hill. 850p.
30. Sánchez, J. (2007). Biotecnología blanca e industria farmacéutica. *An. R. Acad*. Nac. Farm. 73. 501-535.
31. Sierra, P y Baca, M. (2014). *Actividad solar, clima y productividad agrícola, posibles vínculos*. En Zúniga, C., Dios Palomares, R., Duran, O., Sol, A. Estado del arte de la bioeconomía y el cambio climático / Red de Bioeconomía y Cambio Climático. (pp. 122-148). León, Nicaragua: Editorial Universitaria.
32. Trigo, E., Henry, G., Sanders, J., Schurr, U., Ingelbrecht, I., Revel C. , Santana, C. , y Rocha, P. (2013). Towards bioeconomy development in Latin America and the Caribbean. *Bioeconomy Working Paper.* 1.
33. Trigo, E., Mentaberry, A., Cap, E., Zelada, A y Villarreal, F. (2011). El potencial de la bioeconomía y las biorefinerías en la Argentina. Obtenido desde: http://www.argentinainnovadora2020.mincyt.gob.ar/?wpfb_dl=25
34. Trigo, E., Henry, G., Sanders, J., Schurr, U., Ingelbrecht, I., Revel C., Santana, C., y Rocha, P. (2013). Towards bioeconomy development in Latin America and the Caribbean. *Bioeconomy Working Paper* No.2013-01. ALCUE KBBE FP7 Project No. 264266, 15 p.
35. Torres-Degró, A. (2011). Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo lineal, geométrico y exponencial. *CIDE digital*, 2(1),142-160.
36. Tripathi, K., Gupta, R., Verma, P., Y Khare, N. (2012). Association between Geomagnetic Kp and Ap Index with solar and interplanetary Parameters. *Indian Journal of Scientific Research*. 3(1). p153-156. Obtenido desde: http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=8&sid=6b91c3e6-5090-4fb5-919b-9a58da6c820f%40sessionmgr4005&hid=4106
37. U.S. Department of Energy, DOE. (2004). *Year 2 biomass utilization, Final Technical Report*. Obtenido desde: https://www.etde.org/etdeweb/servlets/purl/876436-McWqN1
38. Velásquez, K.2012. Análisis de la actividad solar en los últimos 80 años. *Tetrahedron, Elseviere*.

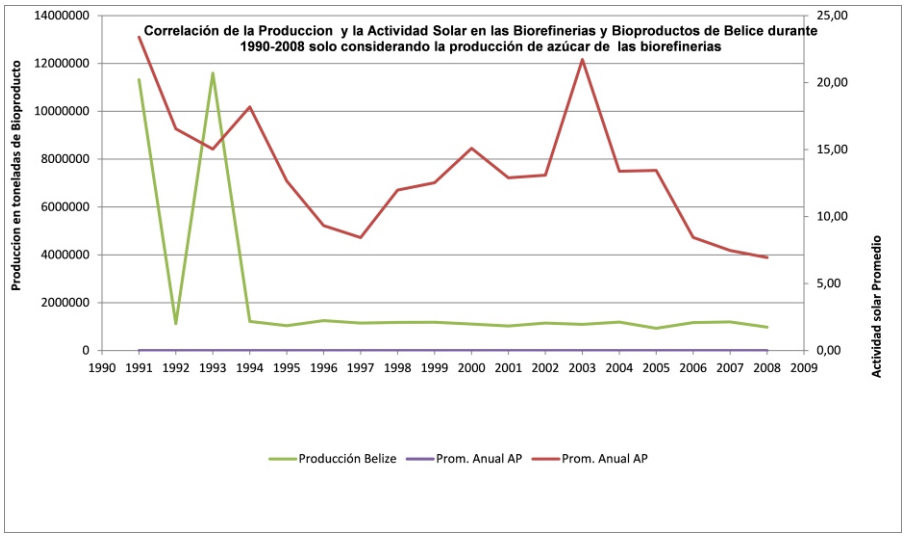
UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

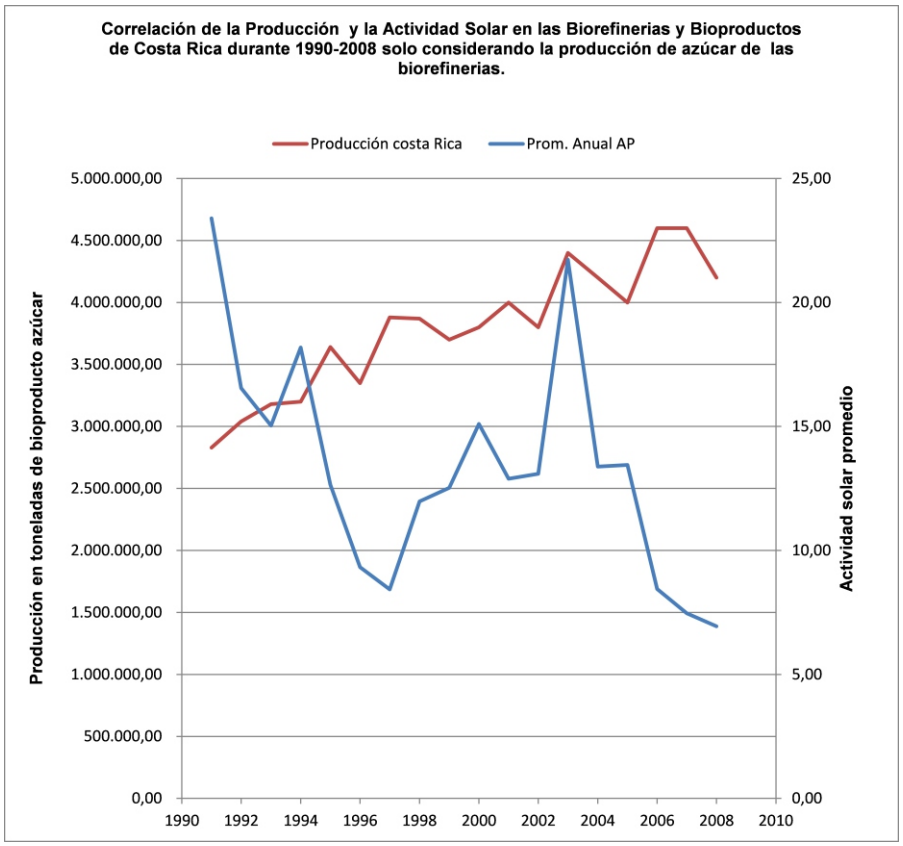
39. Verbanac, G., Mandea, M., Vršnak, B., y Sentic, S. Solar Physics. (2011). Evolution of Solar and Geomagnetic Activity Indices and Their Relationship: 1960 – 2001. *Solar Phys.* 271(1/2). Pp183-195. DOI: 10.1007/s11207-011-9801-y. Obtenido desde : http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=13&sid=6b91c3e6-5090-4fb5-919b-9a58da6c820f%40sessionmgr4005&hid=4106
40. Wangong, J., y Daniel, P. (2010). Análisis a la eficiencia de las fuentes de energía renovable. *Revistas Ingenierias USBMed*, 1(1).39-45.
41. Wagemann, K. (2010). Prerequisite for the Realization of a Future Bioeconomy. Reducing the Carbon Footprint of Fuels and Petrochemicals DGMK Conference, Berlin, Germany. Obtenido desde: https://www.etde.org/etdeweb/servlets/purl/22072962/
42. Zúniga, C., Dios, R., Rangel, R., Aguilar, A., Blanco, N., Toruño, P., Salazar, W., Y caballero, A. (2014). *Impacto del Cambio Climático en la producción agraria: Un caso de aplicación de instrumentos tradicionales de medición en la economía agrícola*. En Estado del Arte de la Bioeconomía y el Cambio Climático/ Red de Bioeconomía y Cambio Climático. (pp 173-188). León, Nicaragua: Editorial Universitaria.
43. Zúniga, C. (2010). Impacto de los Sistemas de Producción Agropecuarios en el Desarrollo Local Sostenible de Nicaragua, 1998-2005: Índice de Malmquist DEA con un producto Orientado. *Universitas*, 1(4). 10-17

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

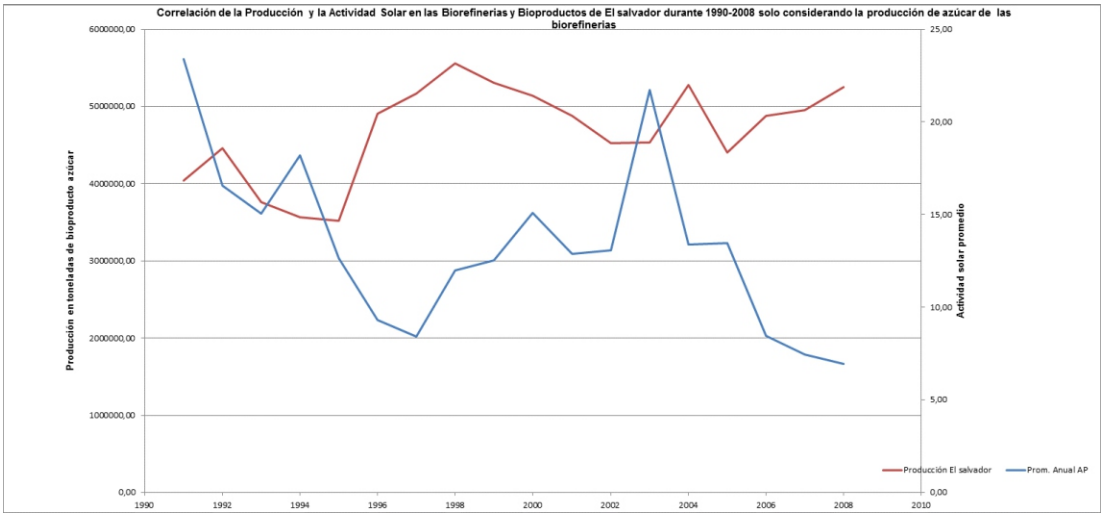
ANEXOS

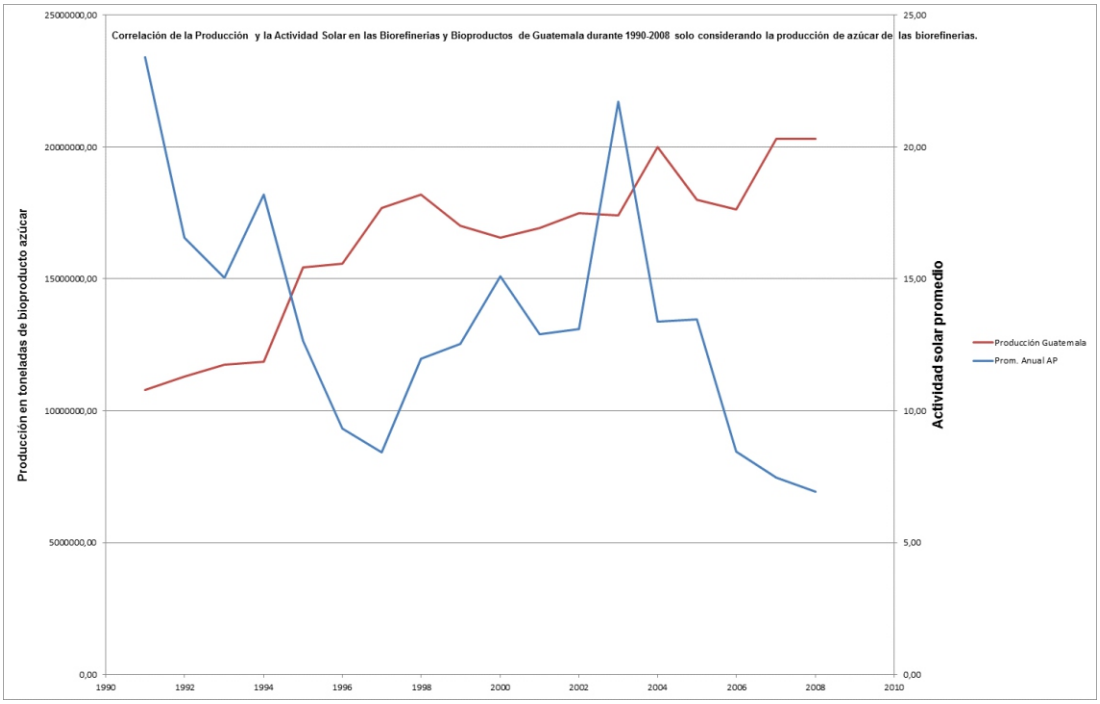
A continuación se presentan los gráficos que muestran el grado de correlación entre la producción de las biorefinerias considerando únicamente la producción del bioproducto azúcar refinada y la actividad geomagnética solar planetaria de los países de Centroamérica y Cuba.



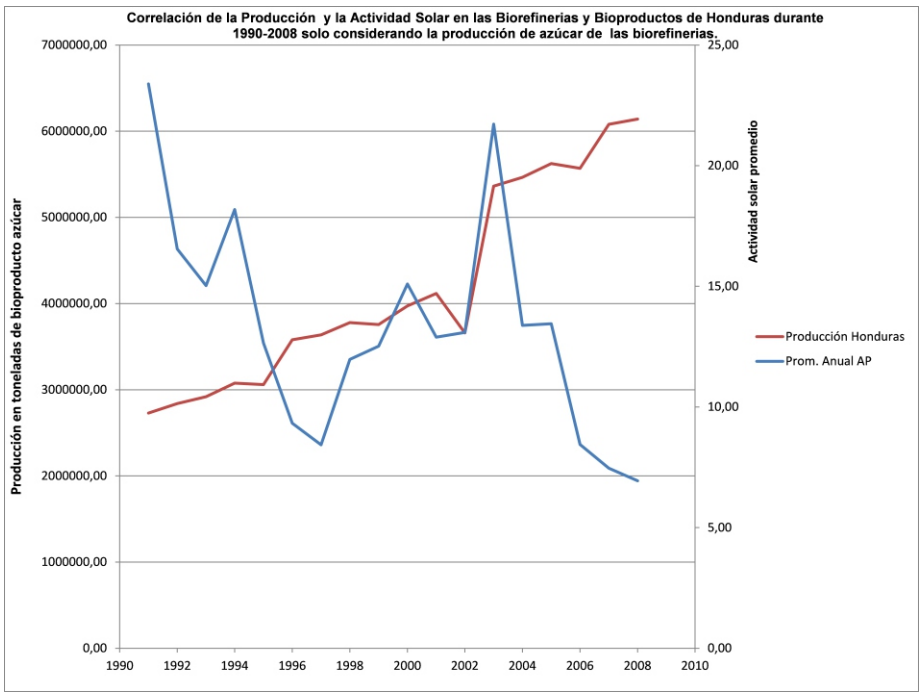


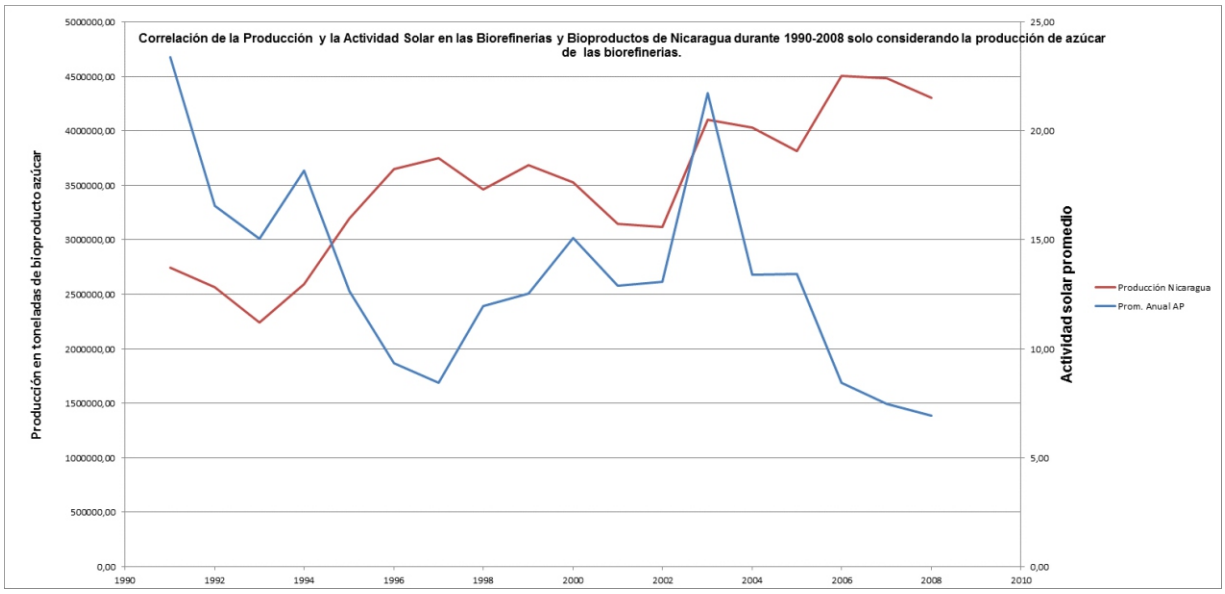
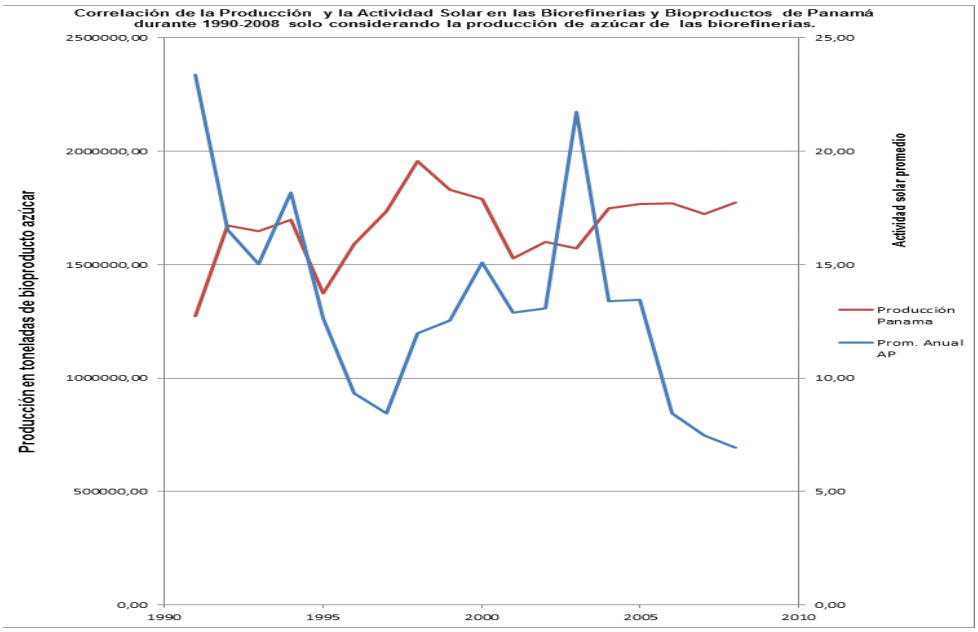
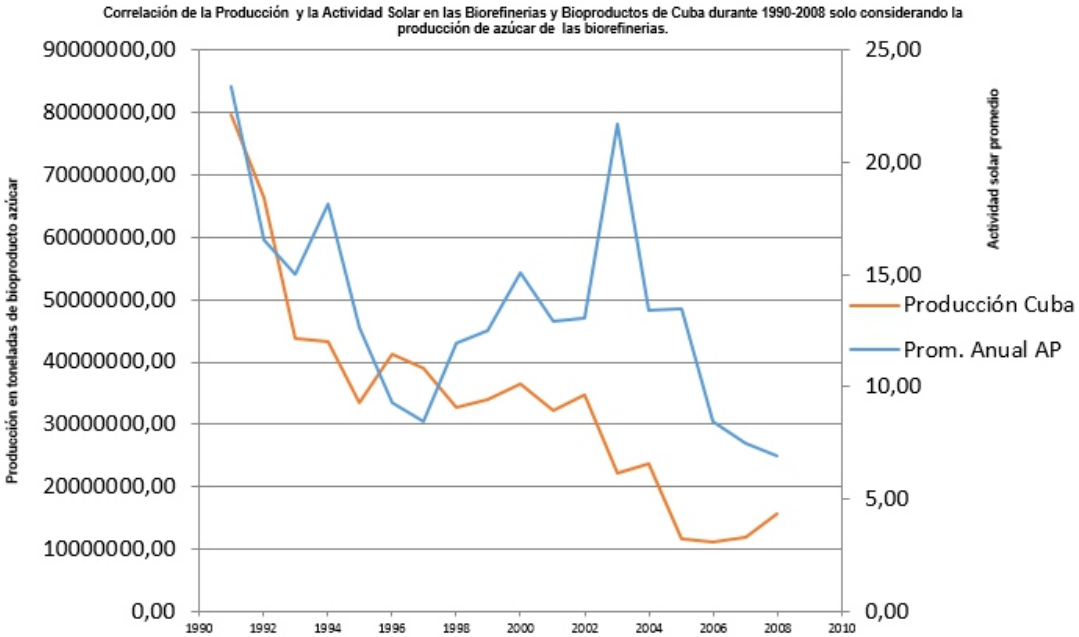
UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X





UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X





UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (1) Agosto 2014, pp 26 - 58
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X