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.*

Estado del arte de la medición de la productividad y la eficiencia técnica en América Latina: Caso Nicaragua

State of the art for measuring productivity and technical efficiency in Latin America: Nicaragua Case

López-González, Álvaro Santiago; Zúniga-González, Carlos Alberto; López, Mario Ramón; QuirósMadrigal, Olman José; Colón-García, Adelfa Patricia; Navas-Calderón, José; Martínez-Andrades, Erick; Rangel-Cura, Raúl Alberto; Editor Académico Prof. Dr. Angel Sol Sanchez

Álvaro Santiago López-González
alvaro_lopez67@yahoo.es
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN – Managua. , Nicaragua

Carlos Alberto Zúniga-González
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León. , Nicaragua

Mario Ramón López
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN – Managua. , Nicaragua

Olman José QuirósMadrigal
Universidad de Costa Rica. , Costa Rica

Adelfa Patricia Colón-García
Universidad Nacional Autónoma de Honduras., Honduras

José Navas-Calderón
Universidad Nacional autónoma de Nicaragua, León., Nicaragua

Erick Martínez-Andrades
Universidad Nacional autónoma de Nicaragua, León., Nicaragua

Raúl Alberto Rangel-Cura
Instituto de Geografía Tropica, Cuba

Editor Académico Prof. Dr. Angel Sol Sanchez
Colegio Postgraduados, Nicaragua

Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua
ISSN-e: 2410-7980
Periodicidad: Semestral
vol. 1, núm. 2, 2015
czuniga@ct.unanleon.edu.ni

Recepción: 13 Agosto 2015
Aprobación: 15 Octubre 2015

Resumen: En este artículo se plasman los resultados de una revisión bibliográfica de textos y artículos científicos que abordan la teoría de la "Productividad" y de la "Eficiencia técnica" como dos magnitudes económicas claves para determinar el crecimiento económico de una unidad productiva, un sector económico o de una nación. En el estudio se encontró que los países donde se registró una mayor contribución del progreso técnico a la variación de la productividad en el período de 50 años (de 1960-2010) analizado fueron la Argentina, el Brasil, Colombia y el Ecuador, con índices de alrededor del 0,3%. Además, se evidencia que los 19 países analizados en este trabajo registraron una eficiencia técnica decreciente, que supone que el aporte de dicha eficiencia a la PTF fue negativo en todos los países. En el caso de Nicaragua se notó que la PTF algunos autores la estimaron entre un 0.08 y 0.016 de ritmo de crecimiento interanual.

Palabras clave: Productividad, Eficiencia Técnica, Cambio tecnológico, Fronteras de producción.

Abstract: In this article were presented the results of a literature review from textbooks and scientific papers that address theory of "productivity" and "technical efficiency" as two key economic indicators to determine the economic growth reflected a productive unit, an economic sector or a nation. The study found that countries with a higher contribution of technical progress to the change in productivity in the period of 50 years (1960-2010) were analyzed recorded the Argentina, Brazil, Colombia and Ecuador, with indexes of around 0.3%. Furthermore, it is evident that the 19 countries analyzed in this study showed a decreasing technical efficiency, which means that the contribution of TFP that efficiency was negative in all countries. In the case of Nicaragua it was noted that some authors TFP estimated between 0.016 and 0.018 of growth.

Keywords: Productivity, Technical Efficiency, Technological Change, Borders production.

URL: http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3941749001/

DOI: https://doi.org/10.5377/ribcc.v1i2.2478

Autor de correspondencia: alvaro_lopez67@yahoo.es

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas torales de Nicaragua y podríamos decir que del área centroamericana es la medición de la productividad. Generalmente, este concepto se mal emplea y se sustituye por el de rendimientos físicos, tales como el de rendimientos por manzana, para el caso de cultivos agrícolas, litros de leche por día, por vaca, en el caso de la producción de leche e igual para la producción en metros cúbicos de madera por hectárea.

Aunque en Nicaragua cada año se realizan grande esfuerzo por aumentar las áreas de siembras de los principales rubros agrícolas sobre todo en cultivos de granos básicos, esto no implica que cada año se mejore la productividad de estos cultivos, al respecto Lema y Brescia (2001) afirman que:

Es importante tener en cuenta que el crecimiento del rendimiento por manzana es un indicador imperfecto de la productividad del sector, ya que no considera que en general el resto de los insumos utilizados en el proceso productivo se incrementen junto con los rendimientos. Cuando se habla de productividad en un sentido amplio, el concepto central a tener en cuenta es el incremento de la "Productividad Total de los Factores" (PTF), definida como el cociente entre el producto obtenido y el total de insumos utilizados en el proceso productivo. Es decir, la mejora en la productividad debe permitir el incremento del producto para la misma cantidad de insumos totales o, alternativamente, obtener el mismo nivel de producto con menor cantidad de insumos.

En un informe del año 2007 el IICA señala que en la región Centroamericana, Nicaragua es el mayor productor de frijol con el 40% seguidos de Honduras y El Salvador, en el caso del maíz somos el segundo país productor de maíz, (22.3%) superado únicamente por Guatemala (39.3 %), asimismo menciona a Nicaragua como el único país del Istmo centroamericano que ha mantenido tendencias para el incrementos de sus áreas de siembra, cada año existen considerables áreas de siembra en ambos rubros, aportando un poco más de dos millones de quintales anuales en el rubro de frijol, y un poco superior a los diez millones de quintales anuales para el rubro del maíz, estos volúmenes fueran totalmente superiores, según el estudio, si nos acercáramos a las productividades optimas de estas especies, en el caso del maíz estamos produciendo el 34% de la producción total que se podrían obtener con las áreas establecidas, en el caso del frijol es aún más relevante, ya que estamos obteniendo el 28% de la producción, que se podría llegar a obtener si incrementamos la productividad.

El mismo estudio indica que a pesar, de ser unos de los principales productores de estos rubros los rendimientos obtenidos son totalmente marginales, enfocándolo en el concepto regional, Nicaragua ocupa el último lugar en productividades de ambos cultivos.

Las bajas productividades obtenidas incide sobre la rentabilidad de los productos, ya que los ingresos apenas cubren ciertas necesidades dentro de la estructura de costos, asimismo los vuelve con poca ventaja comparativa en cuanto a costos con otros países productores de maíz y frijol.

Pero la situación de baja productividad en Nicaragua no se limita a los cultivos de maíz y frijol (los de mayor consumo a la par del arroz), sino que cultivos como la yuca y el quequisque presenta productividades inferiores. Según cifras del MAGFOR, (2009), INTA y el IICA del 2010 en el cultivo de la yuca se está produciendo a un nivel del 43% de la potencialidad del país y en el caso del quequisque a un 35%. Situaciones

Notas de autor

alvaro_lopez67@yahoo.es

similares presentan cultivos como el plátano que comparado con Honduras, y produciendo con tecnologías similares, alcanza un 55% aproximadamente FUNICA, (2012).

Eduardo Lora, economista Jefe del BID citado por Chamorro (2015) afirma: "Estamos hablando de la productividad, de todos los factores, o sea encontramos una manera de sumar, digamos, de combinar trabajo y todas las formas de capital, incluso educación. Hay una manera de valorar todas las formas de todos los recursos productivos y ponerlos juntos como en una canasta de recursos productivos. Entonces la productividad es la relación entre el producto total que obtiene la economía y toda esa canasta de factores productivos".

En el caso particular de Nicaragua la producción de maíz y frijol, está ligada a las tipologías de mayor pobreza, siendo un elemento en la determinación de esta, las bajas productividades y por ende bajos ingresos neto obtenidos por manzanas. Las familias productoras se caracterizan por la falta de acceso a servicios públicos, bajo nivel educativo y alto deterioro ambiental de su principal recurso "Tierra", asimismo son parte de estas la explotación de pequeñas o medianas parcelas, dedicadas principalmente a garantizar la seguridad alimentaria. (MIFIC, 2012).

Para citar un dato más nos podemos referir al caso de la producción lechera que según un estudio de Cordero (2009) anda por el orden de 3-4 litros por vaca por día cuando el óptimo debería ser de entre 10 y 12 litros por vaca por día. Esto tomando en cuenta los sistemas de producción pecuaria predominante en nuestro país, aunque algunos estudios han encontrado rendimientos mayores en fincas especializadas como el realizado por el IICA en el 2004 pero este sistema de producción estudiado representa aproximadamente un 4% del total de explotaciones en el país.

Eduardo Lora coautor del libro "La era de la productividad" (2010) agrega: América Latina asciende a cerca de la mitad de su potencial y no se está poniendo a la par de la frontera de productividad. Al cerrar la brecha de productividad con la frontera se reduciría la mayor parte de la brecha de ingreso per cápita con los países desarrollados. Desde un contexto comparativo mundial, el crecimiento más lento de América Latina se debe al crecimiento más lento de la productividad (BID, 2010)

En un informe periodiistico del año 2011 Lora señala que: "El aumento de la productividad es absolutamente fundamental para el aumento del ingreso y para la mejora de la calidad de vida de todo el mundo, no hay ninguna otra forma posible, sostenible de mejorar en forma continua, permanente el nivel de vida de la gente sino es porque hay aumento de productividad en los países, no hay ningún otro atajo que eso, señalando a la vez que Nicaragua está muy rezagado en esta tema concluyendo: Nicaragua se ubica bastante mal, en un puesto bastante bajo... no se aprovecha el potencial para crecer y lo que encontramos el algo bastante triste, en general para América Latina".

En un informe de FUNIDES denominado "Crecimiento, productividad, salarios y costo de la vida en Nicaragua" elaborado en el año 2015 se muestra la caída de la Productividad Total de los Factores (PTF) en toda la región Centroamericana tomando como año base el año 1960 en donde Nicaragua se situaba en el nivel superior de la PTF con una productividad de 120 (Tomando como base 1960 = 100) seguido de Costa Rica, Honduras y El Salvador. El mismo informe señala que ya para el año 2006 Nicaragua ocupaba el último lugar en la escala de la PTF con un nivel cercano al 50%.

Presentar el estado del arte referente al abordaje actual que se hace del tema de la medición de la productividad y eficiencia técnica es el propósito esencial de este artículo como una forma de encontrar esos cauces teóricos que llevados a la práctica pueden contribuir a reducir el rezago de los sectores productivos de nuestros países respectos a países de otras latitudes.

Se revisan para tal efecto algunos postulados teóricos, así como algunos trabajos investigativos relacionados con los temas en cuestión desarrollados en algunos países de América latina como Argentina, Costa Rica, Nicaragua y México.

Se presentan en este trabajo una sección acerca de los conceptos básicos de productividad, una segunda sección dedicada a literatura económica de la eficiencia productiva, donde se aborda el concepto de eficiencia,

una tercera sección hace referencia a la medición de la productividad como un enfoque moderno, seguido del enfoque DEA y algunos estudios relacionados.

UN ACERCAMIENTO A LOS CONCEPTOS BÁSICO

El tratamiento que la eficiencia productiva ha recibido en la literatura económica hasta hace no muchos años ha sido poco claro, y esto ha favorecido sin duda la confusión que rodea al término. El autor que dio por primera vez una definición de eficiencia productiva fue Koopman (1951), quien se centró en la eficiencia técnica, afirmando que "una combinación factible de inputs y outputs es técnicamente eficiente, si es tecnológicamente imposible aumentar algún output y/o reducir algún input sin reducir simultáneamente al menos otro output y/o aumentar al menos otro input". No obstante fue la función de producción de Cobb y Douglas la primera propuesta económica para medir los grados de eficiencia productiva, En economía, la función Cobb-Douglas es una forma de función de producción, ampliamente usada para representar las relaciones entre un producto y las variaciones de los insumos tecnología, trabajo y capital. Fue propuesta por Knut Wicksell (1851-1926) e investigada con respecto a la evidencia estadística concreta, por Charles Cobb y Paul Douglas en 1928.

Esta función de producción presenta la forma:

dónde:

Q = producción total (el valor monetario de todos los bienes producidos durante un año)

T = trabajo insumo

K = capital insumo

A = factor total de productividad

α y β son las elasticidades producto del trabajo y el capital, respectivamente. Estos valores son constantes determinadas por la tecnología disponible.

Por otra parte, Debreu (1951) propuso la construcción de un índice de eficiencia técnica, al que llamó "coeficiente de utilización de los recursos", que definía como la unidad menos la máxima reducción equiproporcional en todos los inputs, consistente con el mantenimiento de la producción de los outputs. Dicho coeficiente no depende de las unidades de medida empleadas, lo cual constituye una propiedad interesante desde el punto de vista operativo.

En su estudio "Medición de la eficiencia productiva" Farrel (1957) destaca la importancia de la medición de la eficiencia productiva, teniendo como base los estudios de Koopman (1951) y Debreu (1951).

Farrel propone en su estudio que:

Dado que el comportamiento eficiente (las distintas funciones de producción, costes y beneficios), resultan desconocidas en la práctica, se hace necesario considerar como referencia eficiente la mejor práctica observada de entre la muestra de empresas objeto de estudio, y calcular así los índices de eficiencia de cada una por comparación con la/s que presenta/n un mejor comportamiento económico. De esta forma se obtiene una medida de eficiencia que tiene un carácter relativo, es decir, depende de la muestra objeto de estudio.

Al respecto, el mismo autor considera que las empresas que se desempeñan con un comportamiento eficiente, pasan a integrar lo que se denomina la "frontera eficiente". Este término alude al hecho de que no es posible ser más eficiente que las empresas situadas en dicha frontera. La estimación de cualquiera de estas formas de eficiencia necesita, ya sea previa o simultáneamente, la especificación y estimación, de la frontera "optima" de referencia.

Garcia Prieto (2002), afirma: "El investigador, para hacer posible el análisis de la realidad, debe restringir el campo de estimación mediante ciertos supuestos que en sí mismos, pueden dar lugar a estimaciones diferentes de la misma variable. En el ámbito de la estimación de la eficiencia, las elecciones claves que dan lugar a los distintos procedimientos de estimación son, por un lado la definición de la frontera, bien como estocástico o bien como determinística; y por el otro, una especificación de esa frontera como una función paramétrica conocida, o por contra, libre de esa restricción funcional. La eficiencia, por último, es un concepto relativo,

que se obtiene por comparación con otras alternativas disponibles, considerando los recursos empleados en la consecución de los resultados".

Murillo Melchor (2002) señala que la Eficiencia técnica (ET) es al igual que la eficiencia asignativa un tipo de eficiencia productiva, entendiendo como tal el término de "eficiencia productiva" a la utilización más adecuada de los recursos disponibles dada la tecnología existente en ese momento.

Cooll y Blasco (2006) definen la ET como la capacidad que tiene una unidad para obtener el máximo output a partir de un conjunto dado de inputs y que se obtiene al comparar el valor observado de cada unidad con el valor óptimo que viene dado por la frontera de producción estimada (isocuanta eficiente)

Una empresa productiva puede asegurar que ha alcanzado un nivel de ET cuando la misma produce en su función de producción, es decir cuando obtiene un nivel dado de outputs con la menor cantidad de inputs utilizados con los cuales es posible producir.

El análisis de la eficiencia y la productividad es una forma de medición de la efectividad productiva, utilizada frecuentemente en la investigación económica. Se utiliza tanto para medir la efectividad de una política pública como para medir resultados de una estrategia en una empresa privada. Usualmente permite la medición tanto en el ámbito de la función de producción a través de la eficiencia técnica, o tomando como base la frontera de costos o la de beneficios para la eficiencia asignativa y económica, respectivamente.

La eficiencia productiva se alcanza cuando las economías maximizan la producción con los insumos disponibles. Su cálculo permite disponer de información sobre el comportamiento de la economía durante el período analizado y comparar los resultados de las economías objeto de estudio. Si las economías no están aprovechando de manera adecuada sus recursos, pueden realizar ajustes económicos que les harán posible mejorar su eficiencia e incrementar su producción Becerril Torres et al., (2012).

según las estimaciones obtenidas en las investigaciones de América Latina asciende a cerca de la mitad de su potencial y no se está poniendo a la par de la frontera de productividad. Al cerrar la brecha de productividad con la frontera se reduciría la mayor parte de la brecha de ingreso per cápita con los países desarrollados. Desde un contexto comparativo mundial, el crecimiento más lento de América Latina se debe al crecimiento más lento de la productividad

LA EFICIENCIA PRODUCTIVA EN LA LITERATURA ECONÓMICA

El concepto de eficiencia

Inspirado en los trabajos de Koopman (1951) y Debreu (1951), Farrell (1957) añadió a la eficiencia técnica un nuevo concepto, el de eficiencia asignativa, que él llamó eficiencia en precios. Para ello supuso que la empresa persigue un objetivo que consiste en la minimización de los costes. La eficiencia asignativa consiste para Farrell (1957) en elegir, de entre las combinaciones de inputs y outputs técnicamente eficientes, aquella que resulta más barata según los precios de los inputs.

La gran contribución de Farrell (1957), que le convierte en el autor más influyente en el estudio de la eficiencia productiva, consiste en proponer la forma de medir empíricamente la eficiencia. La teoría económica nos muestra cuál es el comportamiento eficiente (las distintas funciones de producción, costes y beneficios), pero éstas resultan desconocidas en la práctica. Este autor propuso considerar como referencia eficiente la mejor práctica observada de entre la muestra de empresas objeto de estudio, y calcular así los índices de eficiencia de cada una por comparación con la/s que presenta/n un mejor comportamiento económico. De esta forma se obtiene una medida de eficiencia que tiene un carácter relativo, es decir, depende de la muestra objeto de estudio.

Se considera en la actualidad una imperante necesidad, sobre todos en los países en vías de desarrollo, impulsar procesos investigativo cuya finalidad sea obtener indicadores medibles de los resultados que se han generado a partir de la implementación de nuevas técnicas de producción en los campos productivos sean

estos industriales, agropecuarios, forestales e inclusos en ramas del sector servicio como salud, educación, gestión gubernamental y otros.

La estimación de la unidad de eficiencia del modelo de frontera de producción fue extensivamente utilizado desde los trabajos pioneros de Farrell (1957) desde un enfoque paramétrico y por Aigner et al., (1977), Aigner y chu (1968).

Gonzalez Fidalgo, et al, (1996) afirma que:

El concepto de eficiencia productiva hace referencia a la manera más adecuada de utilizar los recursos, con la tecnología de producción existente.... Para evaluar el grado de eficiencia técnica con que actúa una explotación es necesario conocer como es la tecnología que caracteriza su actividad, tradicionalmente se han venido utilizando dos métodos para la estimación de la tecnología. Por un lado en la aproximación paramétrica se parte de la especificación de una forma funcional para la frontera de producción, cuyos parámetros se estiman a partir de los datos. Por otra parte en la aproximación no paramétrica no es necesario especificar una forma funcional concreta, sino que se establecen ciertas propiedades que debe satisfacer el conjunto de posibilidades de producción, y a partir de ellas, se calcula su frontera como una envolvente a los datos, determinándose para cada una de las observaciones si pertenece o no a dicha frontera. Los índices de eficiencia se obtienen como resultado de comparar la actuación de cada empresa con las mejores prácticas productivas observadas, que definen la frontera eficiente, o frontera de mejor práctica.

La idea es la siguiente: la eficiencia de una unidad de producción está caracterizada por la distancia entre las salidas (producción) nivel alcanzado por esta unidad y el nivel de lo que debería obtener si esta fuera eficiente. Este último está definido como el máximo nivel de salidas alcanzado para una combinación dada de salidas (factores), el lugar geométrico de una producción optima puede ser representado por una función de producción o (frontera de producción) que puede ser plasmada por un modelo paramétrico (Simar, 1992)

Una definición de "eficiencia" según este autor es la siguiente:

"La eficiencia es la relación entre un ingreso y un gasto; entre una entrada y una salida; entre un recurso y un producto"

La expresión en cualquier relación de eficiencia toma la forma de una proporción: un output dividido por un input, y se presenta en forma matemática de la siguiente forma:

F = I/E

Dónde: F = eficiencia

I = output especificado

E = input especificado

La eficiencia técnica (TE), se mide comúnmente por el ratio:

TEI = OQ/OP (1)

El cual es igual a 1 - QP/OP

Esta medida tomará un valor entre 0 y 1, constituyendo un indicador del grado de ineficiencia técnica de esta unidad. Un valor de 1 indicaría una empresa con eficiencia técnica completa.

La ET se puede interpretar como una medida relativa de la capacidad de gestión mientras que el avance tecnológico proviene de la adopción de nuevas prácticas de producción". Por consiguiente, el crecimiento en la ET se deriva de mejoras en la gestión lo que a su vez proviene de la educación, capacitación y experiencia, mientras que la fuerza motora del CT es la inversión en investigación Bravo Uretra et al., (2008); Ahmad y Bravo-Uretra (1995).

La teoría económica considera que un sistema de producción es técnicamente eficiente si no es posible obtener la misma cantidad de productos con menos insumos, o dicho de otra manera, si con la misma cantidad de insumos no es posible obtener mayor producción, cuando se habla de productividad y progreso tecnológico en un sentido amplio, el concepto central a tener en cuenta es el incremento de la eficiencia productiva o "Productividad Total de los Factores" (PTF), definida como el cociente entre el producto obtenido y el total de insumos utilizados en el proceso productivo.

Es decir, el cambio técnico o de productividad debe permitir la posibilidad de incrementar el producto para la misma cantidad de insumos totales o, alternativamente, obtener el mismo nivel de producto con menor cantidad de insumos Lema (2001).

Una de las formas más habituales de medir la productividad consiste en la utilización de números índices. Así, frecuentemente se suele comparar el nivel de producción con la cantidad empleada de trabajo. Sin embargo, éste es un índice de productividad "parcial" en el sentido de que ignora la contribución de otros factores involucrados en el proceso productivo.

Este problema se ha intentado superar a través del concepto de Productividad Total de los Factores (PTF), el cual se puede definir como el cociente entre una medida agregada de outputs (Y) y una medida agregada de inputs (X): X(x ,x ,...,x) Y(y ,y ,...,y) X Y PTF 1 2 n 1 2 m = = (1) En el caso más sencillo en el que sólo hay un input y un output, la PTF coincide con la productividad media del factor.

De acuerdo con esto, el crecimiento de la productividad viene medido por la diferencia entre las tasas de crecimiento de los outputs y los inputs. El objetivo de la literatura empírica en este campo es estudiar la evolución de la productividad y, en la medida de lo posible, descomponer el crecimiento del output en tres efectos: el cambio tecnológico, el cambio en la eficiencia y el cambio en la escala. Diewert (1996) expone los fundamentos teóricos de la medición de la productividad. (Álvarez y Sánchez, 2001)

Lema y Brescia (2001) señalan que el concepto central a tener en cuenta es el de la Productividad Total de Factores (PTF) definida como el cociente entre el producto obtenido y el total de insumos utilizados en el proceso productivo.

Bravo Ureta (2008) considera que la Eficiencia Técnica es también "la habilidad de una unidad productiva para producir el máximo rendimiento dado una cantidad de recursos y la tecnología", agregando que el crecimiento de la productividad se puede descomponer en dos factores fundamentales: cambio tecnológico (CT) y cambio en la eficiencia técnica (ET).

Cambio Tecnológico se puede definir como "cambio en los procesos de producción fruto de la aplicación del conocimiento científico"

La distinción entre CT y ET no sólo es importante por razones analíticas, sino que también porque los elementos que sustentan cada uno de estos sub-componentes son diferentes.

Es evidente la diversidad de métodos utilizados en la medición de la ET, la mayoría de ellos la miden a partir de la capacidad que tiene la unidad productiva para obtener el máximo output a partir del conjunto de input dados, valor que deberá ser comparado con un valor óptimo que se define por una frontera de producción estimada.

Bravo Ureta (2008) afirma respecto a la importancia de este tema "La progresiva liberalización de los mercados agrícolas, junto con la amenaza de que los productos importados pueden representar para los productores locales, revela la importancia del crecimiento de la productividad como mecanismo para mejorar la competitividad. La medición de la eficiencia técnica es el componente más estudiado de la productividad, ya que puede ayudar a generar información valiosa para las decisiones de formulación de políticas "

El ritmo de crecimiento de la productividad en los subsistemas de producción dependen de las tecnologías (el cómo hacer) y de la capacidad de la mano de obra (gestión del conocimiento). Por consiguiente, medir la productividad en la economía debería ser un referente en la toma de decisiones para los hacedores de política Zúniga (2011) y Zúniga y Jaramillo (2012).

Un aporte importante es el de Lema (2001) quien afirma que "La ET es la habilidad de producir la máxima cantidad de productos con una dotación de recursos y un nivel tecnológico dado". Esta aseveración define el concepto más en término de las capacidades de los individuos (habilidad humana) para la utilización eficiente de la tecnología con la que ha podido contar y da un giro en la atención que se debe prestar a este componente, que muchas veces incide más en los indicadores obtenidos de productividad que el cambio tecnológico propiamente dicho.

Según Lema, el cual toma como referencia estudios realizados por Farrel (1957) la ET depende de la información que se transfiere y se recibe por el capital humano y por la capacidad de gestión desarrollada por éste.

El otro punto de vista de este autor es el que hace referencia a la "Productividad" la cual define como "el aumento de la producción (cantidad) fruto de un mejor uso de la cantidad de recursos disponibles.

No debería ser difícil definir la palabra "eficiencia". Sin embargo, con mucha frecuencia el concepto teórico de eficiencia acaba mal interpretado, y la medida de eficiencia, que, por otro lado es una herramienta muy útil y poderosa que puede ser empleada en campos y ocupaciones muy diversas, al ser empleada incorrectamente acaba transformándose en un instrumento que genera indicadores totalmente artificiales. (Parra, 2014)

Estudiar la productividad en una región o en un país, incluso en un sector económico, lo mismo que en una empresa, una finca, una unidad productiva de cualquier naturaleza o hasta en una empresa de servicios puede ayudar a develar el origen del crecimiento económico del mismo o identificar las razones que limitan la productividad misma de los factores de producción utilizados en cada caso.

ANALISIS DE LAS METODOLOGÍAS APLICADAS PARA LA MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

Se han observados diferentes métodos cuantitativos para la medición de la productividad destacándose los de "frontera" que son métodos estadísticos y de programación matemática que permiten "cuantificar" la eficiencia, entre los cuales el de mayor uso es el método de Análisis de Datos Envolventes DEA por sus siglas en inglés.

La metodología DEA permite definir la frontera tecnológica, o mejores prácticas (o sea, la máxima cantidad de productos posible dados los insumos utilizados), a partir de las observaciones consideradas en la muestra, y comparar las observaciones de cada unidad productiva con la frontera tecnológica. De esta forma, se establece un "punto de referencia", a través del cual es posible obtener medidas de eficiencia, a partir de la distancia entre los puntos de producción y la frontera tecnológica.

Pedrajas, Salinas y Smith (1994) señalan al respecto "El análisis envolvente de datos desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes en (1978) es un procedimiento no paramétrico y determinístico de evaluación de la eficiencia relativa de un conjunto de unidades de producción homogéneas. Utilizando las cantidades de inputs y outputs consumidas y producidas por cada unidad y mediante técnicas de programación lineal.

Pastor (1995) afirma que la estimación del cambio productivo se realiza utilizando índices de Malmquist, los cuales utilizan la noción de función de distancia por lo que su cálculo requiere la previa estimación de la frontera correspondiente... Los distintos modelos fronteras se diferencian en la forma de estimación y especificación de dichas fronteras así como por los supuestos realizados.

Batesse y Coelli (1992) afirman que:

En la literatura se encuentran tres aproximaciones generales para el estudio de la frontera de la función de producción de acuerdo con la interpretación que se realice de la desviación con respecto a la frontera. Estas tres aproximaciones pueden ser caracterizadas como determinísticas, probabilísticas y técnicas de estimación estocásticas. La aproximación determinística utiliza toda la muestra de observaciones, pero restringe los puntos observados de producto a caer sobre la frontera o debajo de ella. A pesar de que esta técnica corresponde de forma más cercana al concepto teórico de frontera, como la frontera externa del conjunto de posibilidades de producción, empíricamente es sensible a errores en las observaciones.

Las fronteras de producción también se clasifican de acuerdo con la técnica empleada para su construcción. En este caso, las fronteras pueden construirse a partir de aproximaciones paramétricas y no paramétricas. Las primeras imponen una forma funcional para representar la tecnología e incorporan un error de especificación que incluye la presencia de perturbaciones estocásticas. Por el contrario, las aproximaciones no paramétricas, entre las que sobresale el análisis envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés), se valen de técnicas de programación matemática que no incorporan la presencia de ruido estadístico. Este tipo de metodologías no impone ninguna especificación funcional.

Los autores agregan:

Una frontera eficiente de producción f(x) define la cantidad máxima del producto que una determinada firma puede producir a partir de un conjunto dado de insumos x. La frontera de producción provee el límite superior de las posibilidades de producción y la combinación insumo-producto, que para cada productor puede estar localizada sobre la frontera o por debajo de ella. ...La ineficiencia técnica corresponde a las diferencias que surjan entre ese máximo teórico y lo que realmente produce la firma. Estas diferencias reflejarían que la firma no ha minimizado sus costos del todo, por ejemplo, al elegir proporciones inadecuadas en el uso relativo de distintos insumos. Por tanto, estimando esta frontera teórica de producción es posible definir indicadores de eficiencia para la unidad de producción bajo estudio.

La propuesta de Análisis de Datos Envolventes (DEA por sus siglas en inglés) se combina con la utilización de índices Malmquist de cambios en la productividad a través del tiempo. Estos índices descomponen el crecimiento de la productividad total de los factores en dos componentes: cambios en la eficiencia técnica y cambios en la tecnología, a través del tiempo, identificando así lo que se denomina "catching up" (eficiencia), por un lado, e innovación (tecnología), por otro. En este sentido, el acercamiento hacia la frontera tecnológica correspondería al "catching up", mientras que el cambio tecnológico representaría las innovaciones (cambios en la frontera). (Lanteri, 2004)

Siguiendo este criterio la frontera puede especificarse como una relación **paramétrica**de los inputs o como una relación **no paramétrica,** también puede especificarse una relación **estadística** entre el output observado y la frontera o emplear métodos de **programación matemática** que construyan una frontera compatible con los datos y la teoría económica. Por último este autor afirma que la frontera puede tener un carácter **determinístico,**no permitiendo observaciones por encima de la misma o **estocástica** permitiendo observaciones por encima de la frontera por causas aleatorias.

Es evidente que la eficiencia es un concepto relativo. De hecho, el análisis de frontera es básicamente una forma de llevar a cabo una comparación respecto de una referencia de la eficiencia relativa de una unidad de decisión. El análisis de frontera proporciona una medida global, determinada de forma objetiva y numérica del valor de la eficiencia que permite una ordenación de las organizaciones, y que no pueden proporcionar otros enfoques...Cuando una Unidad de Toma de Decisiones (UTD) es eficiente debe operar sobre la frontera de costes o de producción (Puig-Junoy, 2000)

Estos autores agregan:

La frontera de producción representa el nivel máximo de producción que se puede obtener para cada nivel de recursos. La frontera de costes representa el coste mínimo factible para cada nivel de producción. Las UTD se encuentran sobre la frontera de producción (o de coste) cuando presentan eficiencia técnica (o eficiencia económica). O bien, se encuentran por debajo (encima) de la frontera de producción (costes) si no son eficientes. Puesto que la función de producción y la de costes no son directamente observable, el análisis de frontera utiliza la mejor práctica observada en la muestra de UTD analizadas para construir la frontera de producción o de costes.

Los enfoques de frontera también permiten obtener medidas de cambio en la productividad y el cambio técnico cuando se dispone de datos de panel. En este caso, el cambio en la productividad se puede descomponer en cambio en la eficiencia y en cambio técnico.

El Análisis Envolvente de Datos (DEA) se ha utilizado y sigue siendo utilizado ampliamente en muchos ajustes para analizar la eficiencia de organizaciones. En Las últimas dos décadas, la comparación de la eficiencia en diferentes grupos se ha convertido en un área activa de investigación en la literatura de la DEA. Se ha aplicado a una variedad de industrias, que van desde software, la ingeniería, la banca y los seguros, etc.

Ali y Seiford, (1993), afirman:

Para una tecnología dada y un conjunto de magnitudes de entrada, la frontera de producción define la potencia máxima posible a partir de una determinada combinación de insumos. En DEA, una técnica de programación lineal envuelve en datos y define la tecnología de referencia de las mejores prácticas mediante

el uso de una función de distancia. El valor de la función de distancia de salida sirve como la medida de la eficiencia técnica de cada explotación en relación con los mejores valores observados de los insumos y salidas de todas las granjas, y se utiliza para construir la tecnología de referencia. La DEA orientado a los resultados de medición de la eficiencia técnica busca un proporcional aumento de su nivel de producción dado su uso de insumos, sin dejar de ser en la misma frontera de producción. Por lo tanto, este método supone que las salidas son capaces de expandirse.

Recientemente el estudio de las metodologías fueron analizadas en Dios-Palomares (2015) donde se hace una revisión tanto de las metodologías como de las aplicaciones DEA, pero desde la perspectiva del medio ambiente y el cambio climático.

ALGUNOS ESTUDIOS Y APLICACIÓN DEL MÉTODO DEA

Los indicadores de eficiencia tradicionalmente calculados están basados en la utilización de funciones de producción de costes o beneficios. La "frontera" puede ser definida en cada caso para un conjunto de observaciones indicando que no es posible encontrar ninguna observación por encima de la misma o por debajo de ella. (Pastor, 1995)

Bajo estos conceptos y enfoque se han examinado el crecimiento de la Productividad Total de los Factores en varias economías en las últimas décadas, realizando estimaciones a través de metodologías de programación No Paramétricas, basados en el análisis envolvente de datos (DEA). Esta metodología ha permitido descomponer los cambios en la productividad en un componente de eficiencia y en otro de cambio tecnológico en países como Argentina, México, Chile, Colombia, Costa Rica, y algunos paises asiaticos y europeos como España, de ello son los siguientes:

- "Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano: una aplicación con análisis envolvente de dato" (Perdodomo y Mendieta, 2007).

En este estudio se manejan datos microeconómicos de caficultores pequeños, medianos y grandes en los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, para determinar la eficiencia técnica y asignativa mediante el método no paramétrico de Análisis Envolvente de Datos – DEA (Data Envolpment Analysis, siglas en inglés). Los resultados del estudio reflejan que la eficiencia técnica promedio encontrada para pequeños fue de 3,76%, medianos de 51,71%, grandes de 60,15% y todo el sector1 de 42,38%. Mientras en eficiencia asignativa la media estadística obtenida, sobre las mismas unidades cafeteras, se ubicó así: 36,13%, 42,98%, 18,86% y 36,50%, respectivamente. Estas cifras, en el plano general, posiblemente presumen un sector cafetero y por tamaño de caficultores, en la muestra, ineficiente técnica y asignativamente.

Resaltando a los grandes productores como más eficientes técnicamente e ineficiente asignativamente de todos los grupos involucrados. Con los resultados obtenidos sobre ET y EA, buscando mejorarlas, se pueden realizar algunas sugerencias en la caficultura del país para cafeteros pequeños, medianos, grandes y sector general muestreado en el Eje Cafetero. Desarrollando este estudio, se encontraron investigaciones relacionadas, aplicando la misma metodología analítica para otros países, con el cultivo de café; lo cual permite observar, cómo es la eficiencia técnica y asignativa de otros caficultores distintos a los colombianos.

Actualmente existen estudios (Moreira y Bravo 2009; Vargas Leiton et al., 2015; Lanteri 2002) con aplicaciones analíticas para la eficiencia técnica (ET), asignativa (EA) y de escala (EE), en el sector agrícola y otros sectores mediante el método DEA en varios países. A continuación se hace énfasis de trabajos realizados a escala mundial en el sector cafetero utilizando esta metodología , señalados por Pardomo en su estudio del sector cafetalero colombiano, empleando Rendimientos Constantes a Escala (RCE) y Rendimientos Variables de Escala (RVE) para estimar la eficiencia técnica, asignativa y a escala.

- Mosheim (2002) determinó la ET, EA y EE para los procesadores del sector cafetero en Costa Rica.
- Binam, Silla, Diarra y Nyambi (2003) obtuvieron evidencia de la ET para África, bajo DEA (suponiendo RCE y RVE), en la región Côte d'Ivoire. Además, estimaron un modelo Tobit para encontrar los

determinantes que afectaban su comportamiento, teniendo en cuenta las siguientes variables: área dedicada a cultivar café, educación para el jefe de hogar, años de la propiedad del terreno, acceso a crédito e infraestructura. Los niveles promedio en la ET encontrados son de 36% y 47%, utilizando rendimientos constantes y variables a escala, respectivamente. Con esta primera modalidad hallaron un puntaje en eficiencia técnica que varió de 2% hasta 100% y con la segunda obtuvieron un rango entre 5% y 100%.

• Ríos y Shively (2005) estudian la eficiencia técnica y asignativa, para 209 fincas en Vietnam y los determinantes que afectan su comportamiento (los mismos de Binam et al.) manejando un modelo Tobit, de acuerdo con su área cultivada en café. Las fincas pequeñas (con menos de 1,5 hectáreas) son menos eficientes que las grandes (mayores a 1,5 hectáreas), encontrando una ET y EA promedio de 82% y 42% para pequeños; 89% y 58% en grandes, respectivamente. De otra manera, también determinaron que 50% y 65% de las pequeñas y grandes ex- plotaciones son eficientes técnicamente; mientras que el 10% y 19%, respectivamente, presentaron eficiencia asignativa.

Aunque los estudios citados anteriormente hacen referencia a la ET y la productividad de unidades de producción agropecuaria podemos citar estudios que muestran la diversidad de campos de aplicación que tienen estas metodologías:

• La Medición de la Eficiencia Universitaria: Una Aplicación del Análisis Envolvente de Datos de Raquel Martín (2008) de la Universidad de La Laguna,Facultad de Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, La laguna, Tenerife, Islas Canarias-España.

• Índice de Malmquist y productividad estatal en México. Miguel A. Martínez-Damián, José J. Brambila-Paz, Roberto García-Mata (2013).

• Evaluación de la eficiencia con factores exógenos mediante el análisis envolvente de datos: una aplicación a la educación secundaria en España. Tesis doctoral de José Manuel Cordero, (2009.)

• Uretra-Bravo (2008), se focalizado a estudios microeconómicos de la medición de la eficiencia técnica en unidades de producción de lecherías.

• El colega Carlos Leudena (2010), se focaliza hacia el estudio macroeconómico de impactos y evaluaciones financieras respecto al ritmo de crecimiento de las economías de los países de américa latina.

• Zúniga & Trejos (2014), Zúniga et al., (2015a) y Zúniga et al., (2015b) se han enfocado hacia la medición de la bioeconomia como una alternativa de medición de la productividad en el sistema de cuentas nacionales, pero en un contexto global de la creciente demanda de alimentos y recursos unido a las variaciones del cambio climático.

• En el caso de Nicaragua se encontraron estudios que miden la productividad para granos básicos como arroz, rubro forestal, economía de patio, Desarrollo local sostenible, bioeconomia y cambio climático entre otros Zúniga (2011), Zúniga (2011a),Zúniga (2013) y Lomeli et al., (2015).

También existen informes de estudios macro económicos sobre la PTF en América Latina como el elaborado por Araujo et al., (2015) bajo el título "América Latina: productividad total de los factores y su descomposición". En el cual se examinan la productividad total de los factores (PTF) y su descomposición en América Latina durante el período 1960 - 2010. Haciendo uso del modelo de frontera estocástica y que incluye variables macroeconómicas de ineficiencia técnica relativas a una selección de países de América Latina en los 50 años de referencia.

CUADRO # 1:
La PTF en países de América Latina (promedio 1960 – 2010)

País	Cambio en la PTF	Eficiencia Técnica
Argentina	0.0002	-0.0013
Bolivia	-0.0093	-0,0014
Brasil	0.0096	-0,0004
Chile	-0.0011	-0.0005
Colombia	0.0043	-0.0014
Costa Rica	-0.0049	-0.0038
R. Dominicana	-0.0101	-0.0010
Ecuador	0.0038	-0.0028
El Salvador	-0.0101	-0.0048
Guatemala	-0.0051	-0.0041
Honduras	-0.0079	-0.0062
Jamaica	-0.0177	-0.0062
México	0.0081	-0.0011
Nicaragua	-0.0077	-0.0098
Paraguay	-0.0071	-0.0015
Perú	0.0086	-0.0006
Trinidad y Tobago	-0.0137	-0.0005
Uruguay	-0.0145	-0.0005
Venezuela	0.0113	-0.0004

Como lo señalan los autores en el cuadro #1, se aprecia que los países donde se registró una mayor contribución del progreso técnico a la variación de la productividad en el período de 50 años analizado fueron la Argentina, el Brasil, Colombia y el Ecuador, con índices de alrededor del 0,3%.

Además se evidencia que los 19 países analizados en este trabajo registraron una eficiencia técnica decreciente, que supone que el aporte de dicha eficiencia a la PTF fue negativo en todos los países.

CUADRO #2.
Resultados de estudios Previos que aplicaron el Índice de PTF de Malmquist.

Cuadro # 2 : Resultados de estudios Previos que aplicaron el Índice de PTF de Malmquist								
Autores	Coelli and Prasada	Leudena Carlos	Nin et al.	Avila and Evenson	Trueblood and Coggins	Arnade	Lanteri Luis N	Este estudio
Fecha estudio	2005	2010	2003	2004	2003	1998	2002	2012
# Países	93	120	115	82	115	70		17
Periodo	1980-2000	1961-2007	1965-94	1961-2001	1961-91	1961-93	1970-2001	1980-2009
Método	DEA	DEA	DEA	OLS	DEA	DEA	DEA	DEA
Pa íses								
Argentina	-2.7	2.4	2.5	2.1	-2.6	-1.9	0.995	0.932
Bolivia (Estado Plurinacional de)	1.1	1.9	0.9		0.4	4.7		1.005
Brasil	1.1	1.8	-0.5		-0.6	1.9		0.975
Canada								1.018
Chile	1.1	2.1	0.6	1.4	1.4	1.3	0.999	0.997
Colombia	1.4	2.1			1.6	1.8		1.02
Costa Rica	1.028	1.037	1.018	1.015	1.027	1.033		1.024
Ecuador	0.3	1			-0.6	-1		1.02
El Salvador	1.008	1.003	0.98	1.01	1.003	0.992		0.989
Guatemala	1.005	1.019	1.03	1.007	1.009	0.995		1
Honduras	1.003	1.013	0.95	1.016	0.987	0.996		0.99
México	1.5	2.1	0.9	1,9	0.5	1.2	1.01	0.999
Nicaragua	1.018	1.014		1.016	0.964	0.998		0.99
Paraguay	-1.6	1.08	-2	1.2	-1.1	0.2		1.02
Perú	1.5	1.2	0.7		-1.1		0.989	0.998
Uruguay	0	0.9	1.5				0.987	1.014
Venezuela (República Bolivariana de)	0.6	2.1			0.7	0.2		1.058

Fuente: Zúniga (2015a) y Zúniga (2015b)

En el cuadro # 2 se resumen las aplicaciones del índice de PTF que algunos autores realizaron en países de américa latina, donde se puede apreciar que en el caso de Nicaragua la PTF se estima entre 0.018 y 0.016, en otros casos resulta ser improductivo.

• La Medición de la Eficiencia Universitaria: Una Aplicación del Análisis Envolvente de Datos de Raquel Martín (2008)de la Universidad de La Laguna, Facultad de Cienciaas Econónimcas y empresariales, Laguna, Tenerife, Islas Canarias-España.

CONCLUSIONES

Es imperante la necesidad de mejorar la productividad de los países del área latinoamericana ya que como señala el Banco Interamericano de Desarrollo en el libro "La era de la productividad" no existen atajos para mejorar la calidad de vida de las personas. Todo pasa ineludiblemente por un mejor aprovechamiento de los potenciales productivos de nuestros países. No basta con aumentar las áreas de siembras de los principales productos de consumo interno hay que tratar la Productividad Total de los Factores en todas las áreas de nuestras economías como la urgencia de la investigación Económica para determinar qué elementos están limitando el aprovechamiento de todas nuestras potencialidades y a partir de ahí recomendar a los tomadores

de decisiones las medidas que permitan mejorar la competitividad de los sectores productivos sobre todo en los sectores agrícolas y pecuarios. Zúniga González (2011) destaca que "el problema de estudiar el ritmo de crecimiento de la productividad en la agricultura se centra en la importancia del sector para abastecer de alimentos a la población a un ritmo tal que sea mayor que el ritmo de crecimiento de la población, de tal manera que el ritmo de crecimiento de la población está directamente relacionado al ritmo de crecimiento de la productividad del sector".

Quizás el reto es continuar con este tipo de enfoque para lograr generar los insumos que permita a los tomadores de decisiones mejorar las condiciones de vida de los productores mediante la mejora de la productividad y la eficiencia técnica de los programa y proyectos que en el caso de Nicaragua implementa el gobierno de unidad y reconciliación nacional.

Referencias

Aigner, D. J. y Chu, S. F .(1968). Una estimación de la función de producción de la industria. Revista Americana de Economía.No. 52. pp.762-782.

Aigner, D. J., Lovell, C. A. K. y Schmidt, P. J. (1977). Formulación y estimación de modelos de función de producción a través de frontera estocástica. *Diario de Econometría. (*6), 21-37.

Ali, AI, y Seiford, L. M. (1993). El enfoque de programación matemática para Análisis y eficacia, en Fried, HO, Lovell y Schmidt S. S. La medición de la eficiencia productiva: Técnicas y Aplicaciones, Oxford University Press, Nueva York. pp 120- 129.

Álvarez Pinilla y Sánchez, L.O. (2001). Descomposición del crecimiento de la productividad: una aplicación a las regiones españolas. Ed. Pirámide, Madrid. Pp. 19-38.

Araujo, J. A., Feitosa, D. G., & da Silva, A. B. (2015). América Latina: productividad total de los factores y su descomposición. Revista de la CEPAL (114), 63-67.

Ahmad, M., & Bravo - Ureta, B. E. (1995). An econometric decomposition of dairy output growth. American Journal of Agricultural Economics, 77(4), 914-921.

Arnade, C. (1998). Using a programming approach to measure international agricultural efficiency and productivity. Journal of Agricultural Economics, 49(1), 67-84.

Avila, A. F. D., & Evenson, R. E. (1995). Total factor productivity growth in Brazilian agriculture and the role of agricultural research. In Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural (Vol. 1, pp. 631-657).

Battese, G., & Coelli, T. J. (1992). Funciones de Producción de Frontera. eficiencia técnica y datos de panel: Con aplicación en producción de arroz en agricultores en la India. *Journal of Productivity Analysis,* 3, 53-169.

Bravo-Ureta, B. E. (2008). Globalización y desarrollo económico: algunas consideraciones sobre la incidencia en el sector agrícola. *Agro sur*, 36(1), 1-7.

Becerril-Torres, O. U., Álvarez-Ayuso, I. C., & Nava-Rogel, R. M. (2012). Frontera tecnológica y eficiencia técnica de la educación superior en México. Revista mexicana de investigación educativa, 17(54), 793-816.

Binam, J. Silla, K. Diarra, I. and Nyambi, G. (2003), «Efficient Among Coffee Farmers in Côte d'Ivore: Evidence From the Centre West Region». R&D Management, 15 (1), 66-75.

Bravo-Ureta, B. E., Moreira, V. H., Arzubi, A. A., Schilder, E. D., 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.

Cordero, Z. R. V. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Revista educación, 33(1), 155-165.

Coelli, T. J., & Rao, D. P. (2005). Total factor productivity growth in agriculture: a Malmquist index analysis of 93 countries, 1980–2000. *Agricultural Economics,* 32, 115-134.

Coll, V., & Blasco, O. M. (2006). Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos. Universidad de Valencia.Ed. 1. Pp. 7 – 10.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. European journal of operational research, 2(6), 429-444.

Chamorro. J, S. (2015). Crecimiento, productividad, salarios y costo de la vida en Nicaragua. FUNIDES. Pp 19.

de Desarrollo, Banco Interamericano.(2010). La era de la productividad: cómo transformar las economías desde sus cimientos. Desarrollo en las Américas (DIA).

Debreu, G. (1951). El coeficiente de utilización de recursos. Econométrica, Vol.19, 273-292.

Diewert, W. E. (1996). Seasonal commodities, high inflation and index number theory. University of British Columbia Discussion Paper, (96-06).

Dios-Palomares, R., Alcaide, D., Diz, J., Jurado, M., Prieto, A., Morantes, M., & Zuniga, C. A. (2015). Analysis of the efficiency of farming systems in Latin America and the Caribbean considering environmental issues. *Revista Cientifica, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia,* 25(1), 43-50.

FUNICA (2012). Estado actual, oportunidades y propuestas de acción del sector agropecuario y forestal en Nicaragua. FUNICA. Pp. 25 -31.

Fidalgo, E. G., Pinilla, A. A., & Sampedro, C. A. (1996). Análisis no paramétrico de eficiencia en explotaciones lecheras. *Investigación Agraria. Economía,* 1, 173-190.

Farrell, M. J. (1957). La medición de la eficiencia productiva. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253-281.

García Prieto, C. (2002). Análisis de la eficiencia técnica y asignativa a través de las fronteras estocásticas de costes: una aplicación a los hospitales del INSALUD. Revista estudios sobre la economía española, EEE63, FEDEA-Fundación de Estudios de Economía Aplicada, 24.

Koopmans, T. C. (1951). Analysis of production as an efficient combination of activities. Activity analysis of production and allocation, 13, 33-37.

Lema, D., & Brescia, V. (2001). Medición del cambio tecnológico, la productividad y la eficiencia del sector agropecuario. *Taller internacional:"La modernización en el Sector Agropecuario Argentino". Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires,* 19-20.

Lanteri, L. N. (2004). Productividad, desarrollo tecnológico y eficiencia. la propuesta de los índices Malmquist. http://www.aaep.org.ar/anales/works/works2002/lanteri.pdf. Visitado el 25102015.

Lanteri, L. N. (2002). Productividad, desarrollo tecnológico y eficiencia. la propuesta de los índices Malmquist. Anales de la Asociación Argentina de Economía Política, XXXVII Reunión Anual, Tucumán, Argentina [en línea] www. aaep. org. ar.

Leudena, C. E. (2010), Agricultural Productivity Growth, Efficiency Change and Technical Progress in Latin America and Caribbean. IDB Working paper serie No. IDB-WP-186. http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35838847

Lomelí-Sandova, N. A., Muñoz-Orozco, A., Zúniga-González, C. A., Caballero-Hernandez, A. J., & Vázquez-Montenegro, R. J. (2015). Cambio climático a nivel de nicho y caña de azúcar. I Tamazula, Jalisco, México. *Revista Iberoamericana de Bieoconomía y Cambio Climático, 1(1), 185-206.*

Martínez-Damián, M. A., Brambila-Paz, J. J., & García-Mata, R. (2013). Índice de Malmquist y productividad estatal en México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(3), 359-369.

Martín, R. (2008). La medición de la eficiencia universitaria: una aplicación del análisis envolvente de datos. *Formación universitaria, 1(2), 17-26.*

MAGFOR. (2009). Fortalecimiento al sistema nacional de semilla. Nicaragua. Gob. de Nicaragua.

MIFIC. (2012). "Análisis de Encadenamientos Productivos para la Generación de Valor Agregado en Nueve Cadenas Agroalimentarias Ubicadas en las Zonas de Mayor Potencial Productivo de Nicaragua". Gob. de Nicaragua. Pp.6-12.

Murillo Melchor, C. (2002. Contribuciones al análisis estocástico de la eficiencia técnica mediante métodos no paramétricos. Tesis doctoral. Universidad de Cantabria.

Moreira, V., & Bravo, B. (2009). Un estudio de eficiencia técnica en lecherías usando meta regresión: Una perspectiva internacional. *Chilean Journal of Agricultural Research. (9), 1-2.*

Mosheim, R. (2012). A Quarterly Econometric Model for Short-Term Forecasting of the US Dairy Industry (No. 1488-2016-123440).

Nin, A., Arndt, C., & Preckel, P. V. (2003). Is agricultural productivity in developing countries really shrinking? New evidence using a modified nonparametric approach. *Journal of Development Economics*, 71(2), 395-415.

Puig-Junoy, J. (2000). Eficiencia en la atención primaria de salud: una revisión crítica de las medidas de frontera. *Revista Española de salud pública*, 74, 483-495.

Pastor, J. M. (1995). Eficiencia, cambio productivo y cambio técnico en los bancos y cajas de ahorro españolas: un análisis frontera no paramétrico. Institut Valencià d'Investigacions Econòmiques.

Pedraja, F., Salinas, J., & Smith, P. (1994). La restricción de las ponderaciones en el análisis envolvente de datos: Una fórmula para mejorar la evaluación de la eficiencia. *Investigaciones Económicas*, 18(2), 365-380.

Parra, L. I. C. (2014). Los sistemas de control interno en las Mipymes y su impacto en la efectividad empresarial. En-Contexto Revista de Investigación en Administración, Contabilidad, Economía y Sociedad, (2), 129-146.

Perdomo, J. A. & Mendieta, J. C. (2007). Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos. *Revista Desarrollo y Sociedad, (60), 1-45.*

Rios, A. R., & Shively, G. E. (2005). Farm size and nonparametric efficiency measurements for coffee farms in Vietnam. Selected Paper prepared for presentation at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Providence, Rhode Island, July 24-27, 2005

Simar, L., (1992) Estimating Efficiencies from Frontier Models with Panel Data: A Comparison of Parametric Non-Parametric and Semi-Parametric Methods with Bootstrapping. *Journal of Productivity Analysis*, 3, 167-203.

Trueblood, M. A., & Coggins, J. (2003). Intercountry agricultural efficiency and productivity: a Malmquist index approach. mimeo, World Bank, Washington DC.

Vargas-Leitón, B., Solís-Guzmán, O., Sáenz-Segura, F., & León-Hidalgo, H. (2015). Eficiencia técnica en hatos lecheros de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 01-15.

Zúniga-González, C. A. (2011). Impacto de la deforestación en el desarrollo local sostenible de los hogares: caso de Nicaragua, 1998-2005. *Encuentro*, (88), 101-119.

Zúniga-González, C. A. (2011a), Technical efficiency of organic fertilizer in small farm of Nicaragua. 1998-2005. *African Journal of Business Management,* 5 (3), 967-973

Zúniga-González, C. A. & Jaramillo-Villanueva, J. L. (2012). Wages and Employs for Non-Farm Agricultural Activities: One Livelihood Strategy in Nicaragua. *Global Journal of Management And Business Research*, 12(15), 15-23.

Zúniga-González, C. A. (2013). 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 (León): Revista Científica de la UNAN León*, 14(1), 10-17

Zúniga-González, C. A., & Trejos, R. (2014). Medición de la contribución de la Bioeconomía: Caso Nicaragua. *Universitas (León): Revista Científica de la UNAN León*, 5(1), 59-82.

Zúniga-González, C. A., Toruño, P. J., & Navas-Calderón, J. B. (2015a). Impacto de los sistemas forestales en la economía verde con énfasis en la producción pecuaria de centro américa y el caribe. *Universitas (León): Revista Científica de la UNAN León*, 6(1), 49-69.

Zuniga-González, C. A., Blanco-Roa, N. E., Berrios, R., Martínez-Avendaño, J., & Navas-Calderón, J. (2015b). Impacto de la reducción de Metano en las Economías Verde de los sistemas de producción pecuaria de América Latina. *Universitas (León): Revista Científica de la UNAN León*, 6(1), 30-48.