



**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](mailto: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,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

**FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA MATAGALPA  
FAREM – Matagalpa**

Programa de Doctorado en Desarrollo Rural Territorial Sustentable

**Análisis de la medición de productividad de granos básicos, en  
Nicaragua, periodo 1961-2013**

Tesis para optar al grado científico de Doctor en Ciencias en Desarrollo Rural Territorial  
Sustentable

Autor: Álvaro Santiago López-González, MSc

Tutor: Carlos Alberto Zúniga-González, PhD

Nicaragua, diciembre de 2017





UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

**FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA MATAGALPA  
FAREM - Matagalpa**

Programa de Doctorado en Desarrollo Rural Territorial Sustentable

**Análisis de la medición de productividad de granos básicos, en  
Nicaragua, periodo 1961-2013**

Tesis para optar al grado científico de “Doctor en Ciencias en Desarrollo Rural Territorial Sustentable”

Autor: Álvaro Santiago López González, MSc

Tutor: Carlos Alberto Zúniga-González, PhD

Nicaragua, diciembre de 2017

**Dedicatoria:**

A mi esposa y mis tres hijos.

A la memoria de mi Madre.

**Agradecimiento:**

A Dios Padre y a nuestro Señor Jesucristo.

Al Dr. Carlos Alberto Zúniga González, PhD

*“La libertad humana es muy importante para aumentar las oportunidades de las personas. Al aumentar la libertad, se mejora la capacidad de los individuos en dos aspectos: para ayudarse a sí mismos y para influir en el mundo como agentes del desarrollo”.*

Amartya Sen (Premio Nobel de economía, 1998)

## Opinión del tutor

Habiendo revisado, en mi calidad de Tutor de tesis, el informe final del trabajo de investigación titulado:

### **“Análisis de la medición de productividad de granos básicos, en Nicaragua, periodo 1961-2013”**

Elaborado por el Máster Álvaro Santiago López González para optar al grado científico de “Doctor en Ciencias en Desarrollo Rural Territorial Sustentable”, considero que el mismo reúne los requisitos científicos, técnicos y metodológicos, para ser presentado ante el tribunal examinador. A la vez considero muy importantes los aportes que hace el trabajo a los procesos investigativos y de análisis que en el campo de la investigación económica se están realizando desde la academia y las instituciones públicas y privadas en nuestro país.

El abordaje de la metodología y su aplicación contribuyen al debate acerca del desempeño de los sectores productivos de nuestra economía e identifica los cambios en la productividad anual de factores descompuesto en el cambio de la tecnología utilizada y la eficiencia o ineficiencia técnica que están afectando la producción de granos básicos del país.

Además, valoro de muy positivo, desde el punto de vista científico metodológico, la identificación de la problemática del enfoque parcial con que se mide la productividad de los sectores agrícolas en Nicaragua, la revisión de los modelos existentes para la medición de la productividad con un enfoque total y la aplicación del modelo de Análisis Envolvente de Datos (DEA por sus siglas en inglés) utilizado en el proceso investigativo como una nueva epistemología que contribuye a mejorar los insumos de los tomadores de decisión para el análisis de la política sectorial y productividad y eficiencia técnica de los sectores productivos del país.

Carlos Alberto Zúniga-González, PhD.

Tutor de tesis.

## Resumen

El presente estudio aborda la problemática de los enfoques parciales utilizados en la medición de los indicadores de productividad en el sub sector de la producción de granos básicos en Nicaragua y propone un modelo que permite un enfoque más amplio para la medición de estos indicadores. En la parte inicial del informe se presenta un resumen del contexto actual de la producción de los cultivos del arroz, frijoles y maíz y se señalan las debilidades de las metodologías utilizadas en el contexto nacional para medir la productividad de estos rubros.

Se presenta una breve explicación de las diferentes metodologías para medir los niveles de productividad de sub sectores económicos en particular y que han servido como base para realizar estudios en varios países de América latina y el mundo. Se hace una revisión de las teorías más destacadas respecto al tema de la productividad y la eficiencia técnica como los elementos primordiales del objeto de estudio.

Con datos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas inglés) de las Naciones Unidas, de los rubros arroz, maíz y frijol, referente a las áreas de siembra, rendimientos productivos y nivel de utilización de semillas y datos de variables agroclimáticas, se aplicó un modelo que permitió medir los cambios interanuales de los índices de productividad de los rubros en estudio en el período 1961 – 2013.

Finalmente se presentan los resultados obtenidos de la aplicación del modelo y se analizan los factores de eficiencia e ineficiencia que inciden en el comportamiento de los índices de productividad. El estudio refleja que el cultivo del frijol es el rubro que presenta un mayor ritmo de crecimiento interanual con un 12%, seguido del cultivo del arroz con un 11% y el cultivo del maíz con un 5%.

Palabras claves: Productividad; Eficiencia Técnica; Tecnología; Eficiencia a Escala; Eficiencia Pura.

## Índice de contenidos

|   |    |
|---|----|
| <b>I. Introducción</b> .....  | 1  |
| <b>II. Antecedentes</b> .....   | 5  |
| 2.1. La evolución en la medición de la productividad .....                                | 8  |
| <b>2.2. El contexto de la producción de granos básicos en Nicaragua</b> .....             | 14 |
| 2.3. La situación actual de la productividad en Nicaragua .....                           | 17 |
| <b>III. Justificación de la investigación</b> .....                                       | 21 |
| <b>IV. Planteamiento del problema</b> .....   | 24 |
| <b>V. Objetivos</b> .....   | 26 |
| 5.1. Objetivo General: .....  | 26 |
| 5.2. Objetivos Específicos: .....   | 26 |
| <b>VI. Particularidades de los cultivos de granos básicos</b> .....                       | 27 |
| 6.1. Cultivo del arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) .....                                      | 27 |
| 6.2. Cultivo del frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) .....                               | 29 |
| 6.3. Cultivo del maíz ( <i>Zea Mays</i> ) .....   | 31 |
| <b>VII. Marco teórico</b> .....   | 33 |
| 7.1. Un acercamiento a los conceptos básicos sobre eficiencia técnica y productividad ... | 33 |
| 7.2. La eficiencia técnica en la literatura económica.....                                | 36 |
| 7.3. Metodologías utilizadas para la medición de la productividad.....                    | 44 |
| 7.3.1. El índice divisa o índice de Törnqvist-Theil o Translog .....                      | 45 |
| 7.3.2. Índice de Fisher de Productividad Total de los Factores.....                       | 46 |
| 7.3.3. Índice de Hulten .....   | 46 |
| 7.3.4. Índice Mensual de la Actividad Económica (IMAE) .....                              | 46 |
| 7.3.5. Índice de Malmquist.....   | 47 |
| 7.4. Metodología DEA aplicada para la medición de la productividad.....                   | 49 |



|   |           |
|---|-----------|
| 7.5. La productividad total de los factores (PTF) .....   | 57        |
| <b>VIII. Diseño metodológico .....</b>  | <b>60</b> |
| 8.1. Tipo de estudio.....   | 60        |
| 8.2. Área de estudio .....  | 60        |
| 8.3. Datos.....   | 60        |
| 8.4. Método .....   | 62        |
| 8.5. Como ejecutar el programa DEAP 2:1 en un ordenador .....   | 63        |
| <b>8.5.1. Archivo de datos .....</b>  | <b>64</b> |
| <b>8.5.2. Archivo de instrucciones .....</b>  | <b>65</b> |
| <b>8.5.3. Archivo de salida.....</b>  | <b>65</b> |
| 8.6. Operacionalización de Variables.....   | 65        |
| <b>IX. Resultados .....</b>   | <b>68</b> |
| <b>X. Análisis y discusión de resultados .....</b>  | <b>74</b> |
| <b>XI. Conclusiones.....</b>  | <b>80</b> |
| <b>XII. Recomendaciones.....</b>  | <b>82</b> |
| <b>XIII. Referencias bibliográficas .....</b>   | <b>83</b> |
| <b>Anexos .....</b>   | <b>88</b> |
| Anexo No. 1 Promedios anuales de los índices de Malmquist.....  | 88        |
| Anexo. No. 2 Tabla de panel de datos.....   | 90        |
| Anexo No. 3. Evolución de las áreas cosechadas y los rendimientos productivos de los rubros arroz, frijol y maíz. Período 1961 – 20141..... | 96        |

## Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 Estudios Previos sobre PTF en el sector agrícola chileno .....                      | 9  |
| Tabla 2 Resultados de estudios sobre PTF en el sector agrícola de Nicaragua.....            | 12 |
| Tabla 3 Estudios Previos sobre PTF en el sector agrícola argentino .....                    | 12 |
| Tabla 4 Resultados de la PTF promedios 1962-2010 en países de Centroamérica .....           | 13 |
| Tabla 5: Operacionalización de Variables .....  | 63 |
| Tabla 6 Promedio índices de Malmquist para rubros arroz, frijoles y maíz. 1961 – 2013 ..... | 69 |
| Tabla 7 Evolución de los índices de Malmsquist por década. Período 1961 – 2013. ....        | 70 |
| Tabla 8 Indicadores obtenidos en estudios previos sobre PTF en Nicaragua .....              | 75 |

## Índice de gráficos

|  |     |
|--|-----|
| Gráfico 1 Evolución de las áreas de siembra y volúmenes productivos totales de los cultivos de arroz, frijoles y maíz. Período 1961- 2013..... | 5   |
| Gráfico 2 Evolución de las áreas de siembra de arroz 2007 - 2012 .....   | 14  |
| Gráfico 3 Evolución de las áreas de siembra de frijol 2007 - 2012.....   | 15  |
| Gráfico 4 Evolución de las áreas de siembra de maíz 2007 - 2012.....   | 15  |
| Gráfico 5 Productividad Total de los Factores en Centroamérica.....  | 17  |
| Gráfico 6 Comparación de los rendimientos potenciales y rendimientos reales de los rubros maíz y frijol.....                                   | 26  |
| Gráfico 7 Importación de arroz en miles de toneladas 2011 - 2017.....  | 27  |
| Gráfico 8 Evolución rendimientos cultivos de arroz en países centroamericanos 2010 - 2014 .....  | 28  |
| Gráfico 9 Rendimientos por manzanas del cultivo del frijol (en QQ) período 2010 - 2014.....  | 30  |
| Gráfico 10 Rendimientos por manzanas del cultivo del maíz (en QQ) período 2010 - 2014..  | 31  |
| Gráfico 11: Eficiencia técnica y de localización orientada al output.....  | 386 |
| Gráfico 12 Eficiencia técnica.....   | 518 |
| Gráfico 13 Modelo ilustrativo de orientación al input .....  | 47  |

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 14 Modelo ilustrativo de orientación al output .....   | 48 |
| Gráfico 15 Evolución de áreas cosechadas de granos básicos, período 1961 – 2013 .....  | 65 |
| Gráfico 16: Evolución de la producción total de granos básicos 1961 - 2013 .....   | 66 |
| Gráfico 17 Evolución de los rendimientos productivos por manzana.....  | 67 |
| Gráfico 18 Comparación de los indicadores PTF obtenidos con los índices de la tasa anual de crecimiento histórica de Nicaragua.. ..... | 76 |

### **Lista de acrónimos**

1. BID: Banco Interamericano de Desarrollo.
2. CEI: Comunidad de Estados Independientes
3. CEPAL: Comisión Económica para América Latina
4. BCN: Banco Central de Nicaragua.
5. DEA: Análisis Envolvente de Datos.
6. ET: Eficiencia Técnica.
7. FAO: Organización para la Alimentación y la Agricultura.
8. FUNICA: Fundación para el desarrollo tecnológico agropecuario y forestal de Nicaragua
9. FUNIDES: Fundación Nicaragüense para el Desarrollo Social.
10. HA: Hectárea.
11. IICA: Instituto Interamericano de Ciencias Agropecuarias.
12. INTA: Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria.
13. IMAE: Índice Mensual de la Actividad Económica
14. MAG: Ministerio Agropecuario.
15. MIFIC: Ministerio de Fomento de Industria y Comercio.
16. PIB: Producto Interno Bruto.
17. PTF: Productividad Total de los Factores.
18. TC: Cambio Tecnológico.

## I. Introducción

Aunque en Nicaragua cada año se realizan grandes esfuerzos por aumentar las áreas de siembras de los principales rubros agrícolas, sobre todo en cultivos de granos básicos, aún persisten problemas de eficiencia técnica y productividad en el desempeño de estos rubros. La obtención de indicadores que permitan medir el desempeño de los índices de productividad, ha tenido un enfoque parcial ya que se consideran solamente algunos factores productivos en el análisis del desempeño de los sectores y sub sectores de la economía nacional, sobre todo en el sub sector de la producción de granos básicos.

Al respecto y para dar un enfoque total a la obtención de indicadores de productividad, 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, deben utilizarse metodologías que permitan medir los niveles de eficiencia de todos los factores productivos.

La importancia del abordaje del tema de la medición de la productividad en los rubros de granos básicos tiene una connotación socioeconómica relevante para Nicaragua y el resto de países Centroamericanos. Los granos básicos en general representan un aporte importante del valor energético a la dieta del ser humano, y se constituyen en un pilar fundamental de la seguridad alimentaria, sobre todo de las familias rurales del istmo, se encuentra presente en estos cultivos aminoácidos, proteínas, hidratos de carbono, fibra y algunas vitaminas. Esta importancia nutritiva resalta el papel determinante de los granos básicos dentro de la seguridad alimentaria en el país, especialmente en el campesinado nicaragüense, ya que la mayoría de pequeños productores agrícolas de zonas pobres dependen en la totalidad en su dieta de los granos básicos.

Maudos (2008) señala que el análisis de la evolución de la productividad constituye una tarea de enorme interés, ya que la competitividad de un país o región está estrechamente condicionada al logro de ganancias de productividad. El estudio de este tema se ubica actualmente en el centro de las discusiones económicas en muchos países y regiones. Se han realizado estudios no solamente en el sector agropecuario sino también en una diversidad de campos como la aeronáutica, la educación, la salud y el sector gubernamental entre otros.

La productividad es un indicador de eficiencia que permite 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 y Brescia, 2001). En este contexto el propósito de este trabajo es identificar las diferentes metodologías utilizadas para la medición de la productividad en diferentes sectores económicos y aplicar un método que permita medir y analizar los cambios interanuales de los indicadores de la productividad en los rubros de arroz, maíz y frijoles en el período 1961 - 2013.

El cultivo de los granos básicos representa la base económica de la mayoría de pequeños productores agrícolas del país. Según el último censo nacional agropecuario (CENAGRO 2012) de un total de 262,546 explotaciones agropecuarias existentes en el país 181,046 de estas explotaciones (68.95%) se dedican al cultivo de estos granos básicos.

Los rendimientos productivos de estos cultivos muestran un comportamiento que los sitúa muy por debajo de sus rendimientos óptimos, es decir que las cantidades de productos físicos que se obtienen de estos cultivos por unidad de área son muy bajos en relación a las cantidades que se deberían obtener en función de los factores de producción utilizados. En el caso del maíz, el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA 2010), señala que algunas variedades de semillas híbridas que se utilizan en el país (NB6, NB9043), tienen un potencial de producción de entre 60 y 75 quintales por manzana.

Para el caso del cultivo del frijol, el INTA (2010), indica que algunas variedades que también son usadas por los productores nacionales (INTA rojo, INTA Matagalpa, INTA centro sur, DOR 364) poseen un rendimiento potencial de 20 a 35 quintales por manzana. Según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG 2010) en el año 2010, el cultivo del maíz obtuvo un rendimiento productivo de 20 quintales por manzana muy por debajo de su potencial que es de 60 quintales y el cultivo del frijol tuvo un rendimiento real de 9 quintales, aún por debajo de su rendimiento potencial de 32 quintales por manzana.

Baumeister (2010), señala que en Nicaragua, en la década pasada 289 mil productores se dedicaban a la producción de granos básicos de ellos un 91% eran productores rurales. Este indicador destaca la importancia de estos cultivos para las economías rurales, considerando en este aspecto una de las dimensiones del desarrollo rural territorial, como lo es la dimensión económica, que señala la necesidad de que los territorios rurales cuenten con una base económica que les garantice la generación de ingresos suficientes y sostenibles en el tiempo,

Por otro lado, desde la perspectiva de la sostenibilidad ambiental, que es otra dimensión del desarrollo rural, el mejoramiento del desempeño productivos de estos rubros también juega un papel preponderante, si se considera que los productores agrícolas una vez agotadas sus fuentes históricas de alimentos e ingresos, optan por actividades económicas que riñen con la sustentabilidad del medio ambiente en sus territorios: extracción de madera, extracción de minerales, caza de especies en peligro de extinción, entre otras.

Además desde la perspectiva de género, un componente del desarrollo humano, las bajas productividades que afectan la rentabilidad de los cultivos, inciden en la estabilidad de las familias rurales, ya que muchos productores se ven obligado a buscar alternativas económicas más viables en zonas urbanas cercanas e incluso fuera del país.

El BID (2010) afirma que “en temas de productividad Nicaragua se ubica bastante mal, en un puesto bastante bajo y no se aprovecha el potencial para crecer y lo que encontramos, indica el estudio, es algo bastante triste, en general para América Latina”. Esta opinión refleja que el tema de productividad no sólo afecta a Nicaragua, sino además, a la mayoría de países de América latina. Los autores de este estudio, sobre el tema de productividad consideran, que la productividad de la mayoría de estos países se ubica por debajo del potencial con que cuenta, y aún muy largo de lo que se considera la “frontera” de productividad.

Estos bajos niveles de productividad, indica el estudio del BID (2010), mantienen abierta una gran brecha entre los niveles de ingresos per cápita de las mayorías de los países de Latinoamérica con respecto a los llamados países desarrollados. Además señala el estudio, a los bajos niveles de los indicadores de productividad se suma la carencia de un diagnóstico que permita, a estos países, identificar las causas de ese débil crecimiento e iniciar un proceso, de imperiosa necesidad, que permita atacar las causas mismas de este estancamiento, desde su raíz.

Se presentan en los resultados de esta investigación el comportamiento de los índices de productividad en el sector agrícola de Nicaragua en el período 1961 – 2013, específicamente en la producción de granos básicos (arroz, frijol y maíz). Además se identifican los factores de índole técnicos y tecnológicos que inciden en estos índices.

Se hace uso de un método de cálculo que permite conocer el desempeño de la productividad en Nicaragua en las últimas cinco décadas, de estos tres rubros tan importantes del sector agrícola de nuestra economía como generadores de empleo y de ingresos para el segmento de las familias campesinas dedicadas a su producción, sobre todas las familias que habitan los territorios rurales del país.

## II. Antecedentes

El enfoque más relevante usado en la medición de la productividad de la agricultura en Nicaragua es el desarrollado por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL 2015) que indica que la producción agrícola puede aumentar por dos vías: el aumento de la superficie bajo cultivo y el aumento de los rendimientos físicos por área. Este enfoque hace uso de métodos de medición que se sitúan en la línea de los modelos que utilizan un enfoque parcial para la medición de la productividad y establece la relación de la producción obtenida por una explotación, valorada en términos reales, con un único factor de producción, generalmente la tierra o el factor trabajo.

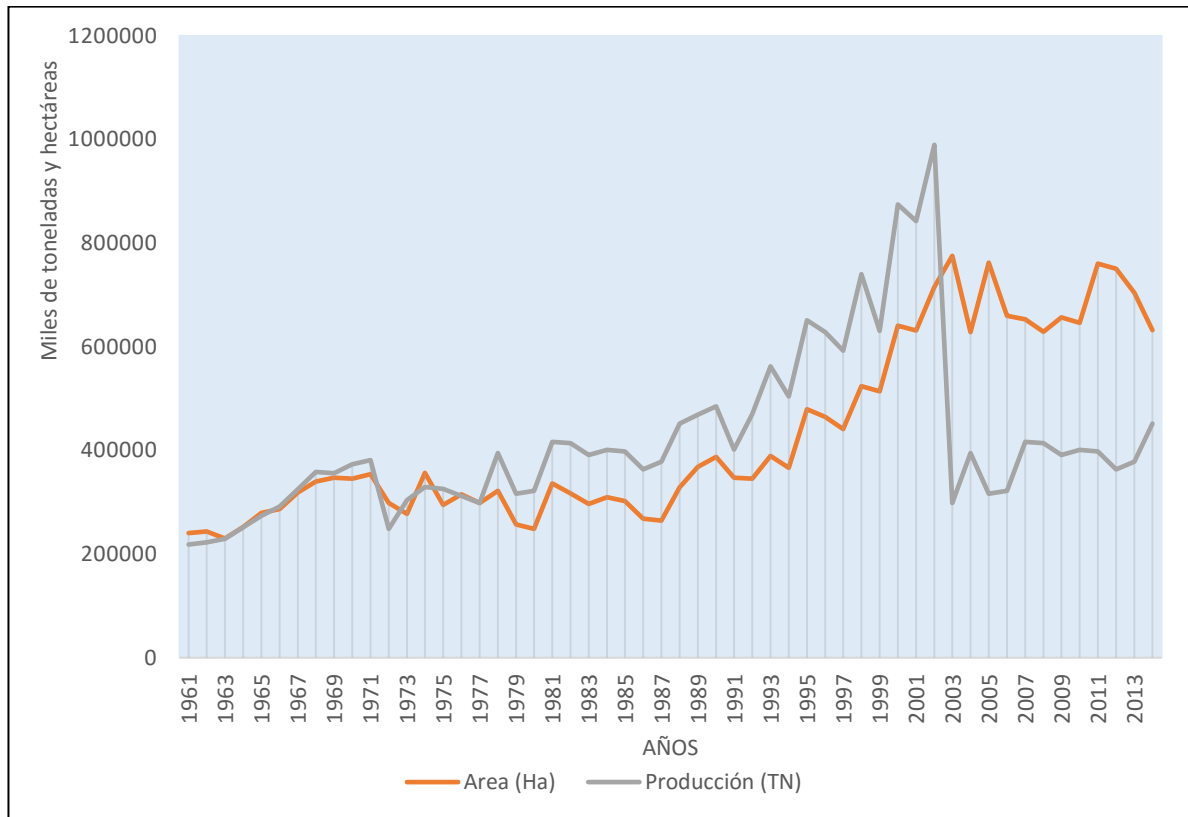
El uso de estos enfoques metodológicos parciales o mono factoriales no ha permitido una medición precisa del desempeño real de los factores productivos totales que participan en los procesos de producción de bienes agrícolas. Para el caso de la producción de granos básicos ha sido generalizado el uso de estos enfoques parciales y el análisis de la productividad de este subsector se ha visto limitado a la relación de las áreas cultivadas y los volúmenes de producción obtenidos en períodos específicos.

La evolución de las áreas cultivadas de los tres rubros en estudio (arroz, frijol y maíz) ha mostrado un comportamiento ascendente en las últimas cinco décadas sin embargo, los volúmenes de producción de los tres rubros, ha mostrado un comportamiento descendente y los enfoques analíticos utilizados para la medición de la productividad no permiten identificar qué factores inciden en este deterioro de los indicadores de productividad.

En la gráfico número 1 se observa que a pesar de que las áreas de siembra de los rubros de granos básicos estudiados han aumentado en los últimos años, los volúmenes productivos han mostrado un marcado descenso y es con datos como esos (áreas – rendimientos físicos) con los que se ha contado como insumos para tomar decisiones importantes en materia de políticas sectoriales.



Gráfico No. 1 Evolución de las áreas de siembra y volúmenes productivos total de los cultivos de arroz, frijoles y maíz. Período 1961- 2013 en Nicaragua.



A esta metodología de enfoque parcial, que considera los volúmenes físicos como indicadores de productividad, se suma el uso de otros indicadores, de enfoque parcial, que miden el desempeño de la economía como el caso del uso del Índice Mensual la Actividad Económica (IMAE) usado desde hace tres décadas como un modelo para medir el desempeño mensual de las actividades económicas de los subsectores de la economía, que implica el uso de indicadores de valor agregado en lugar del enfoque de índices de volúmenes físicos exclusivamente. Este cambio conlleva la utilización de índices de valor, que emplea índices de volúmenes físicos e índices de precios. De esta forma, el indicador mensual se transforma de un índice de productos a un índice de actividad económica, que es en realidad el objeto de medición. (BCN 2006).

No obstante las transformaciones introducidas con el uso del IMAE en las metodologías de medición, la técnica del cálculo continuó teniendo un enfoque parcial ya que la única variación introducida fue el índice de precios, manteniendo los volúmenes físicos de producción como indicador de productividad sin considerar el nivel de utilización de los insumos en los procesos productivos.

En Nicaragua, el proyecto de implementación del IMAE inició en 1988, empleando, fundamentalmente, indicadores indirectos en el seguimiento de las actividades que integraban la estimación del producto interno bruto (PIB), con cobertura limitada en sus inicios, e incluso discontinuado en 1990. Posteriormente, a partir de 1991, se inició un proceso de actualización y ampliación de las bases estadísticas, el cual incluyó el proyecto Sistema de Indicadores Económicos Centroamericanos (SIEC), impulsado por el Consejo Monetario Centroamericano (CMCA).

Con el Programa de Mejoramiento de las Cuentas Nacionales, iniciado a partir de 1995, cuyo objetivo fue elaborar un nuevo período base, se logró completar información de corto plazo para actividades agrícola e industrial y se continuaron y aumentaron los indicadores de corto plazo de todos los sectores económicos. A partir de septiembre de 1998, el BCN estableció el SIEC, que incluía la formación de una base de datos económica y la construcción del IMAE con asistencia técnica del CMCA.

El BCN (2006) señala que al surgir las estadísticas anuales de las cuentas nacionales con año base 1994, el IMAE actualizó ponderaciones de cada una de las actividades en el valor agregado total al nuevo año base y actualizó e incorporó mayor cantidad de información disponible, principalmente en la manufactura, pero mantuvo la metodología de construcción de base fija, que implica el cálculo de un índice de cantidad tipo Laspeyres y ponderado conforme a la importancia relativa de cada una de las actividades en el valor agregado total del nuevo año base, 1994.

## **2.1. La evolución en la medición de la productividad**

Según García Prieto (2002) fue Koopman (1951), quien definió por primera vez el concepto de eficiencia técnica, afirmando que una combinación factible de insumos y productos 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.

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 equis proporcional en todos los insumos consistente con el mantenimiento de la producción de los productos. El coeficiente que se obtiene no depende de las unidades de medida empleadas, lo que constituye una propiedad interesante desde el punto de vista operativo.

Farrell (1957) destaca la importancia de la medición de la eficiencia productiva, teniendo como base los estudios de Koopman (1951) y Debreu (1951). Farrell (1957) 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 las que presentan 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”.

Para el estudio de los índices de productividad basados en funciones distancia, las cuales son funciones que miden la distancia entre los valores observados respecto a los valores definidos en los modelos de frontera, se identifican dos enfoques diferenciados. El primer enfoque se inicia con Caves et al. (1982), que introducen de manera teórica el índice de Malmsquist de productividad en insumos y productos. Éste se basa en razones o cocientes con funciones distancia orientadas a insumos y funciones distancia orientadas a productos.

La obtención empírica de estos índices pudo realizarse hasta que Färe et al (1994), mostraron un método de cálculo (segundo enfoque) a través de técnicas de programación lineal. En América Latina se han realizados numerosos estudios dirigidos a medir la eficiencia técnica y la productividad de sectores productivos, específicamente de los sectores agrícolas y pecuarios. Muchos autores han escrito sobre el tema motivados por la observación de cifras macroeconómicas de sus países, que muestran un marcado rezago de las economías Latinoamericanas respecto a otras economías mundiales. La mayoría de estos trabajos se centran, por lo general, en estudios de la productividad en el sector agropecuario, se pueden mencionar algunos de estos:

Olavaria (2005), tomó como referencia estudios anteriores los que en su mayoría utilizaron el índice de Malmquist para calcular la PTF en este país andino. El objetivo de este trabajo fue medir el cambio de la productividad en la agricultura chilena durante el período 1961-1996. Los datos utilizados para estimar estos índices incluyen precios y cantidades de 51 cultivos, de la mano de obra, de la tierra, del capital y de factores intermedios. El análisis revela que mientras los productos crecieron un 2,69% anual, el uso de factores de producción bajó un 0,09%; por lo tanto, la PTF creció a una tasa promedio anual del 2,78% entre 1961 y 1996.

Se realizó además un análisis para siete períodos correspondientes a diferentes regímenes políticos. La PTF creció a un promedio anual de 1,83% con Alessandri (1961-64), 3,12% bajo el período de Frei Montalva (1965-70), 1,52% durante Allende (1971-73), 6,11% en la primera parte del régimen de Pinochet y -0,28% en el segundo período de Pinochet (1981-89), 3,12% bajo Aylwin (1990-93) y 5,28% bajo Frei Ruiz-Tagle (1994-96). Los resultados sugieren que el programa de reforma agraria implementado en los sesenta no tuvo un efecto negativo en el crecimiento de la PTF.

La tabla No. 1 muestra los resultados de estos estudios, citados por Olavaria y que muestran el comportamiento de los índices de productividad en el sector agrícola chileno.

Tabla No. 1: Estudios Previos sobre PTF en el sector agrícola chileno

| Autores                        | Período     | Metodología                | Cambio promedio |
|--------------------------------|-------------|----------------------------|-----------------|
| Trueblood y Coggins<br>(2003)  | 1961 -1991  | Índice de Malmquist        | 1.40%           |
| Coeli y Prasada Rao<br>(2003)  | 1980 – 2000 | Índice de Malmquist        | 1.10%           |
| Nin, Arndt y Preckel<br>(2003) | 1961 – 1994 | Índice de Malmquist        | 0,9%            |
| Martin y Mitra<br>(1999)       | 1967 – 1992 | Translog y Cobb<br>Douglas | 2.4% -2.7%      |
| Arnade<br>(1998)               | 1961 – 1993 | Índice de Malmquist        | 1.30%           |
| Fulginiti y Perrin<br>(1997)   | 1961- 1985  | Índice de Malmquist        | 1.1% - 0.8%     |

Fuente: “Productividad Total de los Factores en la agricultura chilena: 1961-1996. Olavaria. 2005

Vargas et al. (2007), mide la eficiencia productiva en hatos lecheros en Costa Rica, utilizando el método de análisis de frontera estocástica. El modelo base analizó la variable endógena logaritmo de producción de sólidos lácteos (kg/ha/semana) en función de catorce variables predictoras relacionadas con aspectos físicos y de manejo.

El promedio general de sólidos lácteos fue  $32,5 \pm 23,5$  kg, siendo más alto en lecherías especializadas intensivas de altura (83,9 kg), seguidas por las intensivas de bajura (51,0 kg), semi intensivas de altura (33,8 kg), extensivas de bajura (23,0 kg) y doble propósito de bajura (8,5 kg). Las variables predictoras asociadas con producción de sólidos fueron la carga animal, aplicación de fertilizante, suministro de concentrado, proporción de ganado especializado, altitud y área de pastoreo. Un incremento de 1% en estas variables se asoció respectivamente con cambios de 0,85%, 0,07%, 0,07%, 0,19%, 0,15% y -0,10% en sólidos lácteos. El promedio general de eficiencia técnica fue  $0,75 \pm 0,09$ .

Perdomo y Mendieta (2007) Analizan los factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano, mediante una aplicación con análisis envolvente de datos. 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, 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 sector<sup>1</sup> de 42,38%.

Bravo (2008), midió el cambio tecnológico y la eficiencia técnica en predios lecheros de tres países de Sudamérica con el propósito de realizar un análisis comparativo del comportamiento de la producción lechera de estos tres países. Este estudio utiliza datos de panel desbalanceados de predios lecheros de Argentina, Chile y Uruguay para estimar fronteras de producción estocásticas. El término que captura ET sigue una distribución semi-normal y es estadísticamente significativa y constante en el tiempo, presentando valores medios de 87,0, 84,9 y 81,1% para Argentina, Chile y Uruguay, respectivamente. Este resultado pone de manifiesto que los productores de leche incluidos en la muestra de los tres países podrían aumentar su producción de leche en un 13,0, 15,1 y 18,9%, respectivamente, sin incrementar el uso de insumos.

Zúniga (2011), analizó el impacto de la política salarial y de empleo en la productividad de los sectores productivos en Nicaragua, entre 1994 y 2010. El estudio presenta un resumen de indicadores obtenidos por otros autores respecto al comportamiento de la PTF en Nicaragua. Analiza los niveles y tendencias del crecimiento de la PTF en el sector agropecuario de Nicaragua y los compara con los subsectores secundario y terciario para medir el nivel de impacto de las políticas de empleo y salario durante el periodo 1994-2010, haciendo uso del método DEA.

Los resultados, del estudio son comparados con los índices de medición de la actividad económica (IMAE) y la tasa de crecimiento poblacional de Nicaragua en la tabla Número 2. En promedio la PTF fue de 1.055, el sector primario registró un 4.4 % por debajo del sector secundario 4.9 % y el sector terciario 7.3 %. Estos cambios se debieron fundamentalmente en el cambio tecnológico que en promedio fue de 5.6 %, mientras que el cambio en la eficiencia técnica de los trabajadores empleados no tuvo incidencia en los indicadores obtenidos. Estos resultados demuestran la importancia de los índices de Malmquist para considerarlo como un complemento de los indicadores IMAE y se muestran en la tabla siguiente.

Tabla No. 2 Resultados de estudios sobre PTF en el sector agrícola de Nicaragua

| Autor                      | Período     | Metodología   | Cambio anual PTF |
|----------------------------|-------------|---------------|------------------|
| Ludema (2010)              | 2010        | Malmquist DEA | 1.40%            |
| Nin y Bingxin (2008)       | 1984 – 2003 | Malmquist DEA | 1,19%            |
| Bravo-Ortega (2004)        | 1960 – 2000 | Translog      | 0.80%            |
| Ávila y Evenson (2004)     | 1961 – 2004 | OLS           | 1.60%            |
| Coelli y Prasada (2003)    | 1980 – 2000 | Malmquist DEA | 1%               |
| Trueblood y Coggins (2003) | 1961 – 1991 | Malmquist DEA | -3%              |
| Arnade (1998)              | 1961 – 1993 | Malmquist DEA | -2%              |

Fuente: Impacto de la política salarial y de empleo en la productividad de los sectores productivos en Nicaragua, 1994-2010. Zúniga-González (2011).

Brescia et al (2014) calcula la PTF en Argentina, período 1931 – 2010. El estudio se enfoca en la evolución de la Productividad Total de Factores (PTF) del sector agropecuario y en análisis de eficiencia sectorial en la agricultura, la ganadería y la lechería de Argentina. En el primer caso se trabajó con una serie de tiempo que abarca desde 1931 al 2010, mientras que en el caso sectorial con censos y series más cortas de tiempo. Estos estudios son un importante aporte de información cuando se desea examinar las capacidades nacionales para incrementar el crecimiento del sector agropecuario, y más aún conocer las fuentes de su crecimiento.

La tabla Número 3 presenta el comportamiento histórico de la PTF en el sector agrícola de Argentina destacando el uso de la metodología DEA y el Índice de Malmquist para estos cálculos.

Tabla No. 3: Estudios Previos sobre PTF en el sector agrícola argentino

| Autores                     | Período     | Metodología             | Cambio promedio |
|-----------------------------|-------------|-------------------------|-----------------|
| Arnade (1998)               | 1960 – 1993 | DEA                     | 1.90%           |
| Fulginiti y Perrin (1998)   | 1961 – 1985 | DEA                     | 4.80%           |
| Lema (1999)                 | 1970 – 1997 | Relaciones contables    | 1.55%           |
| Artana, Cristini y Pantano  |             | Funciones de producción | 2.20%           |
| Coelli y Rao (2005)         | 1980 – 2000 | Malmquist y DEA         | 2.70%           |
| Nin, Arndt y Precket (2003) | 1965 – 1994 | DEA                     | 2%              |

Fuente: Estudio sobre P. T. F y Eficiencia en el sector agropecuario de Argentina. Brescia. 2015

Para el caso de Centro América, Andrade et al (2014) amplía los alcances de estudios anteriores sobre la PTF en América Latina y el Caribe realizando un análisis que va desde el año 1960 hasta el año 2010. Este autor indica que el método utilizado en este trabajo se denomina análisis de frontera de producción estocástica y constituye uno de los métodos adoptados en la literatura sobre ineficiencia técnica. Mediante ese análisis se obtiene uno de los componentes de la PTF denominado eficiencia técnica. Los resultados de este estudio se muestran en la tabla número 4:

Tabla No. 4: Resultados de la PTF promedios 1960-2010 en países de Centroamérica

| PAIS        | CREC. ECONOMICO | CAMBIO EN PTF | PROG. TECNICO | EFICI. TECNICA |
|-------------|-----------------|---------------|---------------|----------------|
| Costa Rica  | 0,0516 0        | 0,0049        | 0,0022        | 0,0038         |
| Guatemala   | 0,0411 0        | 0,0051        | 7             | 0,0041         |
| El Salvador | 0,0355 0        | 0,0101        | 4             | 0,0048         |
| Honduras    | 0,0448 0        | 0,0079 0      | 0,0006        | 0,0062         |
| Nicaragua   | 0,0409 0        | 0,0077        | 0,0005        | 0,0098         |

Elaboración propia con base en estudio de Andrade Araujo, et al. 2010

Se observa en la tabla que los indicadores PTF de los países estudiados son bajos, lo mismo que los niveles de eficiencia técnica que inciden sobre ellos, aunque en algunos países el progreso técnico mostró un comportamiento alto.



Aunque los estudios citados anteriormente hacen referencia a la ET y la productividad de unidades de producción agropecuaria existen estudios en otros campos de la investigación que muestran la diversidad de aplicaciones que tienen estas metodologías y su utilidad para el cálculo de la eficiencia técnica. Entre estos estudios se puede mencionar “La medición de la eficiencia universitaria: Una Aplicación del Análisis Envolvente de Datos” desarrollado por Raquel Martín de la Universidad de La Laguna, Islas Canarias-España en el año 2008.

También se pueden citar trabajos como el “Índice de Malmquist y productividad estatal en México” de Martínez Damián, Brambila Paz y García Mata publicado en el año 2013. La realización de estos estudios muestra la diversidad de campos en que pueden ser aplicadas las metodologías de medición de la productividad como una forma de medir el desempeño de estos sectores y de conocer los factores relevantes que inciden sobre el comportamiento de estos indicadores. Lo que demuestra la utilidad y pertinencia de estas metodologías de estudio.

## **2.2. El contexto de la producción de granos básicos en Nicaragua**

Baumeister (2010), asegura que la actividad agrícola en la región del istmo centroamericano ha perdido parte de su importancia económica relativa, sin embargo; asegura el autor, aún es una actividad económica clave, sobre todo porque nuestras economías aún fundamentan su crecimiento en las actividades primarias, de pequeña escala, que se desarrollan en el campo, y la agricultura sigue siendo una fuente importante de generación de divisas y absorción de mano de obra para estos países. Además añade que los pequeños productores en Centroamérica cumplen una doble función: suministran alimentos básicos al conjunto de la población y aportan mano de obra temporal a los otros sectores agropecuarios: grandes fincas, agroindustria y ganadería. La gran mayoría de estos pequeños productores son los responsables de la producción de granos básicos, base alimenticia de la mayor parte de la población de la región.

Según Baumeister (2010), en el año 2010 en los seis países considerados en el estudio se contabilizaban casi dos millones de productores de granos básicos, comprendiendo a productores de maíz, frijol, arroz y sorgo. El 89% de esos productores vivían en zonas rurales, con una proporción muy similar entre los distintos países. Estos productores representaban el 52% de la población rural de América Central. Datos interesantes que destacan el peso relativo y la importancia socioeconómica de este segmento de productores rurales en la estructura general de la población rural de la región centroamericana, sobre todo si se considera que para la época los núcleos familiares promedios estaban constituidos por cinco personas lo que indica que aproximadamente un poco más de 10 millones de pobladores rurales vivían en hogares en donde se producen granos básicos.

En Nicaragua en particular esto representaba un total de 289 mil productores de granos básicos, un aproximado de un 65% del total de la población rural y un 31% de la población total del país. Esto superaba el total de productores que se identificaban en el año 1997 que era de 153 mil. (Baumeister 2010). Respecto a las áreas de siembras, los granos básicos también destacan en la producción agrícola centroamericana, particularmente en Nicaragua en el año 2007 se cosecharon un total de 659,490 hectáreas entre los rubros de maíz, frijol y arroz, siendo el cultivo del maíz el que representó mayor área de siembra con un total de 343,160 hectáreas. Para el año 2014 las áreas de siembra de los tres cultivos fue de 632, 230 hectáreas<sup>1</sup>, con un predominio del cultivo del maíz.

Respecto a la importancia de los tres principales rubros de granos básicos en la dieta de los nicaragüense un estudio del Ministerio de Educación de Nicaragua (MINED 2017), con base en datos de la FAO indica que la producción agroalimentaria en Nicaragua es insuficiente e inestable y se encuentra muy extendida en las zonas rurales, y en particular, en las zonas agro- ecológicas secas.

---

<sup>1</sup> Según datos de FAOSTAT 2014

La contribución de los granos básicos (maíz, frijol y arroz), según el MINED (2017), representa casi la mitad del aporte calórico de la canasta básica alimentaria de la dieta nicaragüense, siendo el sector campesino de pequeños y medianos productores el que genera la mayor producción nacional de granos básicos a pesar de la deficiente tecnología agrícola de que disponen. En un estudio reciente de la División de participación ciudadana de la asamblea nacional de Nicaragua (DPCSA 2016) se destaca que los granos básicos son la dieta fundamental de la población Nicaragüense y que el 79% de la producción nacional de granos básicos (arroz, frijol, maíz y sorgo) se encuentra en manos de los pequeños y medianos productores (PMP)<sup>2</sup>, destaca el estudio además, que esta categoría de productores constituyen el principal pilar de la producción de alimentos que es consumida por las familias del país.

A pesar de la importancia de esta tipología de productores en la producción de alimentos, el estudio de la DPCSA (2016) señala que persisten un conjunto de problemas que limitan el desarrollo del potencial productivo de este sector. Entre estas limitantes se destacan la limitada disponibilidad y acceso a semillas por parte de los productores, poca investigación y promoción de semillas nativas o criollas que han demostrado una amplia capacidad de adaptación ante el cambio climático, el limitado acceso al crédito, sobre todo para las mujeres rurales, insuficiente apoyo técnico en materia de producción sostenible y medidas de adaptación ante el cambio climático en el sector agrícola, producción en áreas marginales para el cultivo e incremento del efecto del cambio climático.

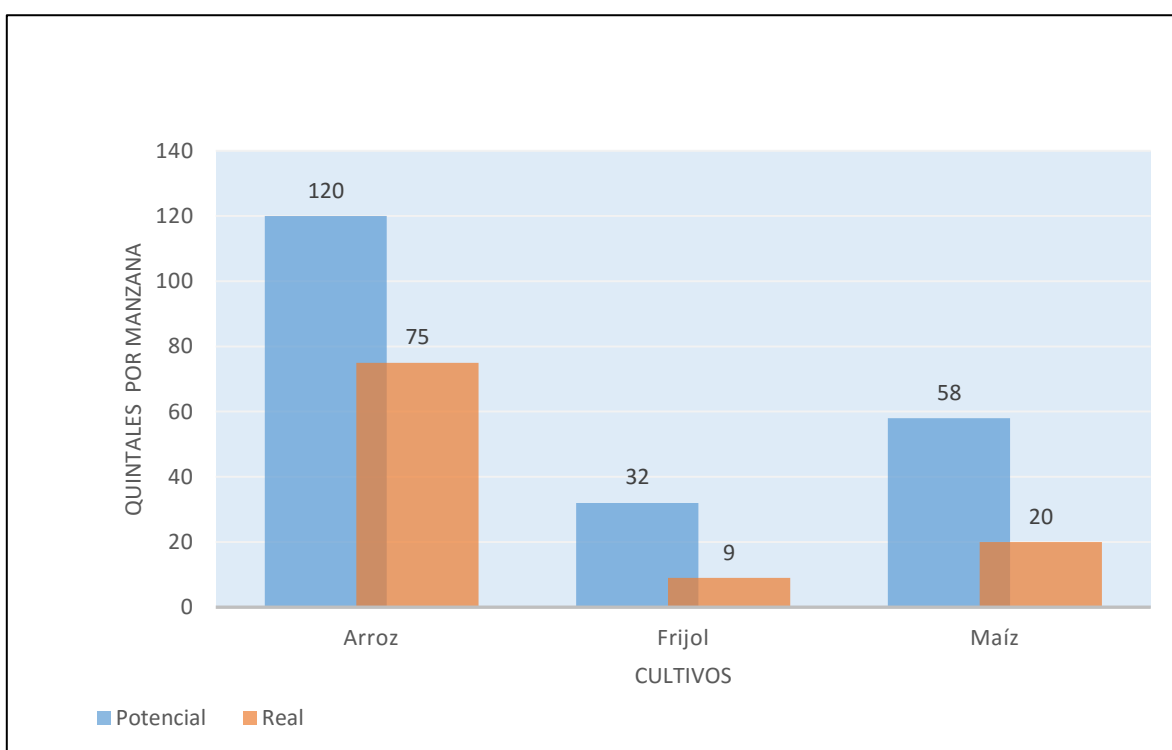
La DPCSA (2016) señala que a pesar de los obstáculos, país tiene una oferta estable y básica de alimentos, lo cual se evidencia en el comportamiento creciente de la producción agropecuaria (granos básicos y ganado vacuno) en los últimos años, no obstante este crecimiento no representa aún la suficiente disponibilidad de alimentos requeridos, es posible aspirar por medio de la diversificación de la producción nacional, el alcanzar una producción óptima de alimentos.

---

<sup>2</sup> Tomado de <http://www.asamblea.gob.ni/dpcsa/reporte-tecnico-produccion>

En el gráfico Número 2 se presenta una comparación entre los rendimientos potenciales de los cultivos de arroz, maíz y frijoles y los rendimientos reales que se obtienen en estos cultivos, evidenciando una brecha importante entre estos dos indicadores de producción. Se observa que para el cultivo del arroz su rendimiento potencial es de 120 quintales por manzana y se obtienen 75 quintales. Para el frijol su rendimiento potencial es 32 quintales y se obtienen 9 quintales y para maíz su potencial es 58 quintales y se obtienen 20 quintales. (MAG 2010)

Gráfico No. 2: Comparación de los rendimientos potenciales y rendimientos reales de los rubros arroz, frijol y maíz.



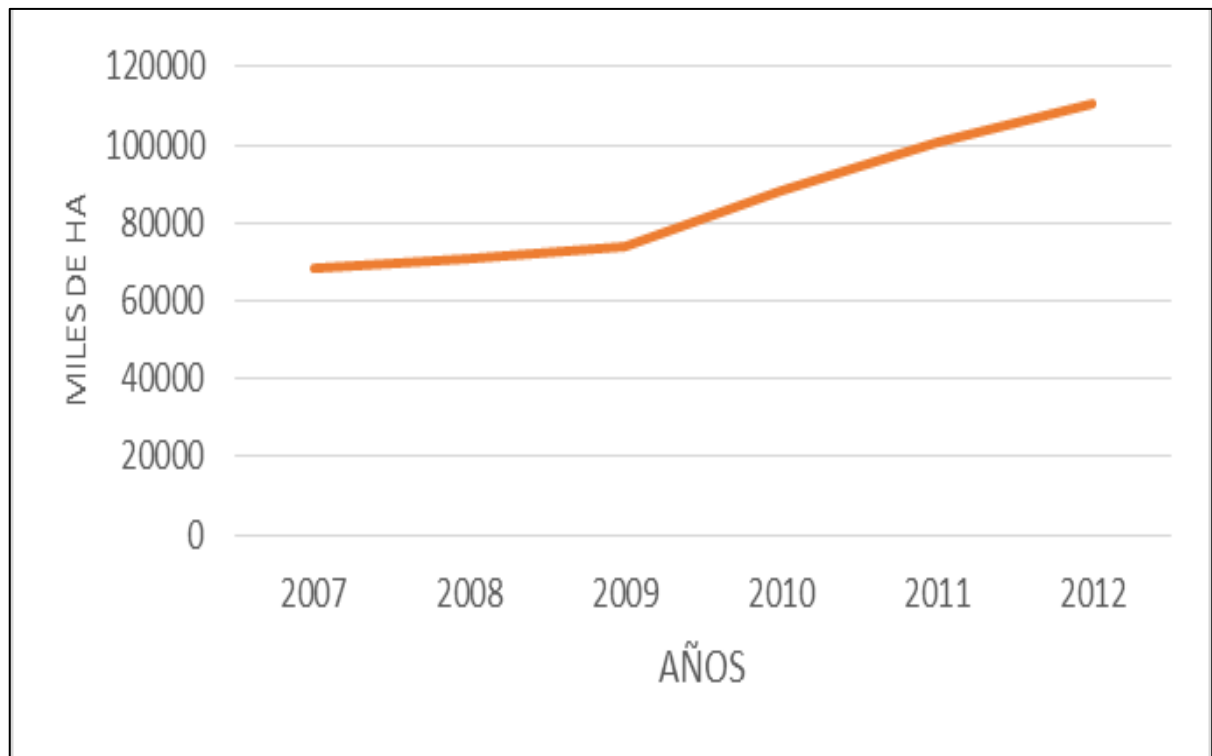
### 2.3. La situación actual de la productividad en Nicaragua

Según la Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (FUNICA 2012), los granos básicos en su conjunto (arroz, maíz blanco, frijol y sorgo) en promedio participan con casi el 40% del PIB agrícola de Nicaragua. De estos rubros el que más aporta es el frijol con poco más del 13%, seguido del arroz con casi el 11% del PIB agrícola.

En este mismo estudio FUNICA (2012) señala que la mayoría de rubros de consumo interno han registrado incrementos en su producción, destacándose los rubros de granos básicos, debido tanto a incrementos en sus rendimientos por manzana como al total del área sembrada. Según este mismo estudio se observa que el incremento en la producción que se ha registrado se debe mayormente al incremento en las áreas de siembra y en menor medida a la productividad.

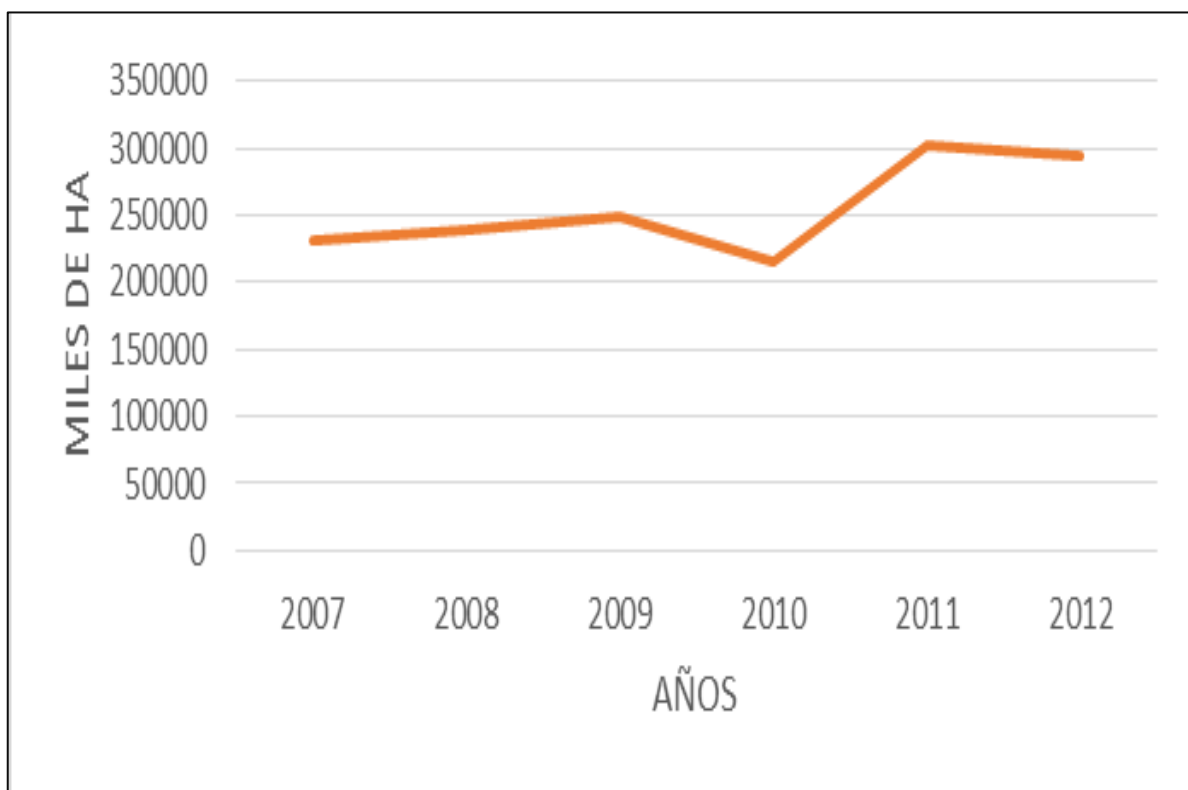
Las siguientes gráficas muestran la evolución de las áreas de siembra de los cultivos de arroz, frijol y maíz blanco en Nicaragua en el período 2007 - 2012, según cifras de la FAO.

Gráfico No. 3: Evolución de las áreas de siembra de arroz 2007 – 2012



Según ilustra el gráfico número 3 el cultivo del arroz presenta un crecimiento constante en las áreas dedicadas a su cultivo sobre todo a partir del año 2009. Esto es un indicativo de la expansión e incorporación de nuevas áreas a la producción de este rubro lo que también garantiza altos volúmenes físicos de productos.

Gráfico No. 4 Evolución de las áreas de siembra de frijol 2007 – 2012

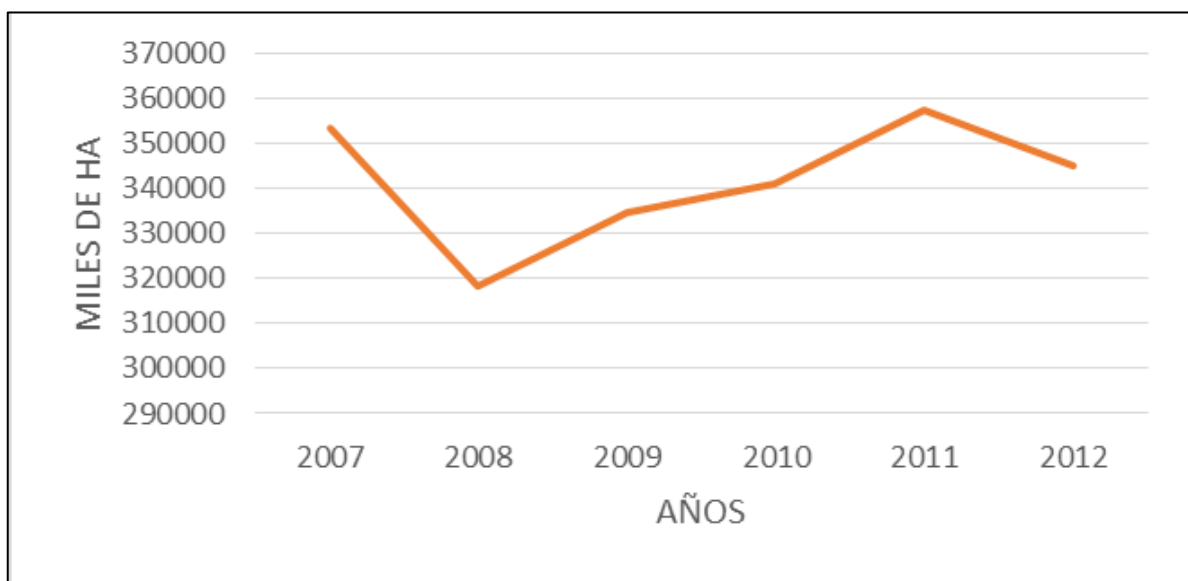


De acuerdo al gráfico Número 4 el cultivo del frijol mostró comportamientos ascendentes y descendentes en las áreas de siembra durante el período señalado. Aunque mostró cierta estabilidad en los dos últimos períodos.

El cultivo del maíz tuvo un descenso importante en sus áreas de siembra en el año 2008 como se observa en el gráfico No. 5, pero mostró una recuperación importante a partir del 2009, aunque en el año 2012 muestra un leve descenso.

A partir de los datos de las tres ilustraciones se puede señalar que el rubro de mayor expansión sostenida, de los tres rubros en estudio, en el período señalado es el cultivo del arroz, lo que en cierta medida contribuye a que Nicaragua sea un país autosuficiente en la demanda de este producto. Comportamiento similar muestra el cultivo de frijol el que a pesar de su baja productividad, sus volúmenes totales contribuyen a garantizar la cobertura de la necesidad nacional de este rubro.

Gráfico No. 5: Evolución de las áreas de siembra de maíz 2007 – 2012



El Ministerio de Fomento de la Industria y Comercio (MIFIC. 2012), tomando como referencia un informe del año 2007 del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (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 Nicaragua es el segundo país productor (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 las áreas de siembra del cultivo de maíz.

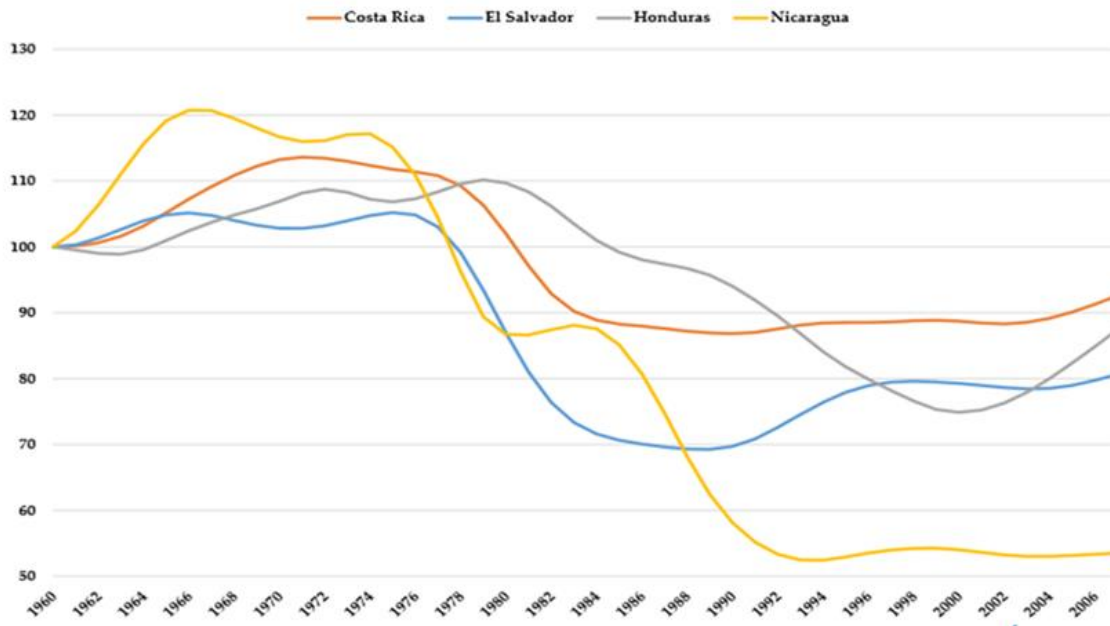
. El MIFIC (2012) señala que a pesar, de ser Nicaragua unos de los principales productores de estos rubros los rendimientos obtenidos son muy bajos, enfocándolo en el concepto regional, Nicaragua ocupa el último lugar en productividades de ambos cultivos. En el caso del maíz Nicaragua está produciendo 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 se está obteniendo el 28% de la producción, que se podría llegar a obtener si se incrementara la productividad de esos cultivos. (MAG 2010). Las bajas productividades limitan la competitividad de los cultivos en el entorno regional por los altos costos unitarios de producción con que estos se producen.

### III. Justificación de la investigación

En Nicaragua se ha retrocedido en el tema de la productividad y no se conocen con exactitud qué factores han incidido en este retroceso, esta situación ubica al país en los últimos lugares de la región en temas de competitividad empresarial. Realizar un estudio que haga uso de metodologías que permitan identificar las causas de los bajos niveles de productividad en el país toma relevancia y sus resultados podrán ser utilizados como insumos por los diseñadores de políticas para encausar los esfuerzos y orientarlos a un mejor posicionamiento de los sectores productivos del país.

El gráfico Número 6 ilustra el comportamiento de los indicadores de la PTF en los cinco países del área Centroamericana en el período 1960 – 2006 y muestra la manera en que se ha comportado este indicador en cada país, evidenciando el deterioro del comportamiento en la totalidad de las cinco naciones destacando el hecho de que Nicaragua en 1960 se encontraba a la cabeza de la productividad y en el año 2006 se encontraba en el último lugar.

Gráfico No. 6 Productividad Total de los Factores en Centroamérica



Fuente: tomado de Crecimiento, productividad, salarios y costo de la vida en Nicaragua. FUNIDES 2015.



La estimación de la PTF constituye un importante criterio para medir el desempeño económico. Constituye la base para aumentar el ingreso real y el bienestar económico y ayuda a examinar las fuentes de crecimiento actual, el porqué de las disparidades existentes en el crecimiento per cápita entre países y el proceso de convergencia y divergencia entre países. (Cabrera 2003)

El presente estudio parte del hecho de que medir los rendimientos por manzana de un cultivo no es igual a medir su productividad (enfoque parcial), es más bien un estudio de la Productividad Total de los Factores (PTF): tierra, capital, mano de obra y tecnología lo que permitirá observar la eficiencia en el desempeño de un sector. Conocer los niveles de eficiencia técnica y de productividad, así como los factores de ineficiencia es absolutamente fundamental, como punto de partida, para diseñar estrategias que propicien el aumento de la productividad y por ende contribuir a un aumento del ingreso y la mejoría de la calidad de vida de todos, ya que a partir de la identificación de los indicadores del comportamiento de estas variables, se pueden tomar medidas de política que contribuyan al mejoramiento de los mismos (indicadores).

En este estudio se cuantifican los índices de productividad total de los factores y se señala como la eficiencia técnica de los productores y los cambios tecnológico han incidido en la evolución de estos indicadores (PTF), para proponer acciones que puedan ser usados para mejorar la eficiencia en el uso de los factores de producción, de la función de producción de los productores de granos básicos en Nicaragua.

Además, el estudio puede ser el punto de partida, que sirva como insumo, a los tomadores de decisión y diseñadores de política para enfocar esfuerzos hacia el tema de la medición de la productividad de todos los factores de la producción y encausar los esfuerzos al mejoramiento productivo de rubros tan importantes como lo son los granos básicos, base alimentaria de la gran mayoría de la familias de nicaragüenses y Centroamericanas.

Bravo (2008) destaca el imperativo de invertir en investigación para desarrollar y difundir nuevas tecnologías de producción que lleven a aumentos en la productividad de la agricultura campesina, responsable de la generación de bienes primarios, fundamentales para la transformación industrial en países en vías de desarrollo. En este contexto la investigación desarrollada y los resultados de la misma se constituyen en punto de partida de este imperioso proceso de investigación como un aporte de la academia al mejoramiento del desempeño productivo del sub sector de granos básicos.

Ruttan (2002), afirma que la evidencia empírica indica que en regiones o países que no se han beneficiado del crecimiento de la productividad en la agricultura, los agricultores han perdido ventaja competitiva. Es más, afirma, desde una perspectiva macroeconómica, el crecimiento de la productividad en la agricultura contribuye a la reducción en el precio de los alimentos, lo que en países pobres significa un aumento en el poder adquisitivo de los sueldos, bajando así el costo del desarrollo industrial. Este proceso del desarrollo industrial del cual habla Ruttan (2002) y la reducción de sus costos en Nicaragua tiene un punto de partida: la identificación de los factores de eficiencia e ineficiencia que permita tomar medidas de política en materia de productividad,

Sin embargo los esfuerzos realizados en el campo de la investigación económica, en Nicaragua, para determinar los indicadores de productividad de sectores tan importantes como la producción de granos básicos han sido insuficientes, y la información generada al respecto resulta incompleta para el análisis y la toma de decisiones acertadas por parte de los diseñadores de políticas nacionales. Es necesario obtener indicadores de desempeño, a partir de estudios que apliquen metodologías precisas con un enfoque total y que permitan conocer la eficiencia de todos los factores de producción de la función de producción de los rubros estudiados, para utilizarlos como insumos de trabajo.

#### **IV. Planteamiento del problema**

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 (Zúniga 2011). Sin embargo, en temas de productividad y eficiencia técnica es muy poco lo que se conoce de los pequeños productores de granos básicos de Nicaragua. Esta falta de información y análisis, limita la elaboración de un diagnóstico más preciso de la producción de estos rubros y, por lo tanto, resta posibilidad de éxito a cualquier estrategia dirigida a ellos.

Es necesario conocer los condicionantes técnicos y económicos que han frenado el desempeño de los sectores productivos de la nación para contribuir a la reducción del rezago y frenar el retroceso en aspectos de productividad en el sector agropecuario respecto a países del área. Bravo, (1983) asegura que para lograr un aumento significativo en la productividad y la competitividad, se requiere de políticas que fomenten la adopción de nuevas tecnologías, así como medidas que promuevan el uso eficiente del tecnologías existentes. Además, señala, que es necesario que los responsables políticos, productores y extensionistas agrícolas tengan acceso a los estudios empíricos que les permitan dilucidar los efectos de los diferentes factores que influyen en los aumentos de la productividad.

En Nicaragua hay pocos estudios especializados que tengan en cuenta el comportamiento de las variables de productividad en el sector de la producción de granos básicos. Las metodologías utilizadas para determinar la productividad de los sectores económicos, en su mayoría han tenido un enfoque parcial, esto limita la disponibilidad de información con que puedan contar los tomadores de decisiones políticas, para elaborar propuestas que contribuyan a superar el estancamiento de los índices de productividad del país.

Y es que la vertiginosa liberalización de los mercados, acelerada por la firma de innumerables tratados de libre comercio en las últimas décadas, ha potenciado la amenaza de la competencia de productos importados frente a productos locales. Amenaza que solo podrá enfrentarse si los diferentes sectores económicos, esencialmente los sectores agrícolas y pecuarios, mejoran sustancialmente el uso eficiente de los recursos con que cuentan.

Sin embargo, el no contar con información relevante del desempeño de los sectores productivos, que muestren el comportamiento de los factores de eficiencia e ineficiencia de sectores tan importantes como los de la producción de granos básicos, constituye una limitante para el diseño y fomento de políticas que permitan la innovación de procesos productivos mediante la adopción de nuevas tecnologías.

En este contexto se considera necesario la realización de investigaciones que den respuesta a la carencia de información detallada de carácter técnico que permita evidenciar las debilidades del sector para formular políticas económicas precisas que coadyuven al sostenimiento y desarrollo del sector agrícola, específicamente al sector de granos básicos. Políticas que se sustenten en la realidad de cada sub sector de la economía y que permitan aprovechar el potencial productivo de los rubros involucrados y de las zonas geográficas donde estos se establecen y desarrollan.

Profundizar en el conocimiento y análisis de los factores de eficiencia e ineficiencia técnica y de productividad permitirá el diseño de políticas y programas institucionales acertados y pertinentes. Ante estas consideraciones, la medición de los índices de productividad del sector productivo de granos básicos en Nicaragua adquiere particular relevancia y contribuye a sentar las bases de un programa orientado al desarrollo rural (económico, social y ambiental) de los territorios que albergan la mayor producción de estos rubros.

## **V. Objetivos**

### **5.1. Objetivo General:**

Contribuir a la medición de la productividad de granos básicos en Nicaragua, mediante la aplicación de un método con enfoque multifactorial como un insumo a considerar por los investigadores y los hacedores de políticas del sector primario para mejorar la producción alimentaria en el país.

### **5.2. Objetivos Específicos:**

1. Identificar los problemas en el abordaje de la medición de la productividad en el sub sector de la producción de granos básicos en Nicaragua.
2. Describir las diferentes metodologías utilizadas en la medición de la productividad.
3. Aplicar un método con enfoque multifactorial de cálculo para medir los indicadores de productividad en los cultivos de arroz, frijol y maíz en el período 1961 - 2013.
4. Analizar las posibles causas o factores de eficiencia e ineficiencia en el comportamiento de los indicadores de productividad de los rubros estudiados.

## **VI. Particularidades de los cultivos de granos básicos**

### **6.1. Cultivo del arroz (*Oryza sativa*)**

En Nicaragua, el Arroz es uno de los cultivos más importantes dentro del sector agropecuario nacional y al mismo tiempo uno de los principales alimentos en la dieta de los nicaragüenses con un consumo per cápita de 123 lb/año con tendencia a incrementarse. El sector arrocero produce 5.1 millones de quintales esto equivale a 70 % de consumo nacional. En los restantes países de Centroamérica el 85 % del arroz es importado. (MEFFCA 2015)

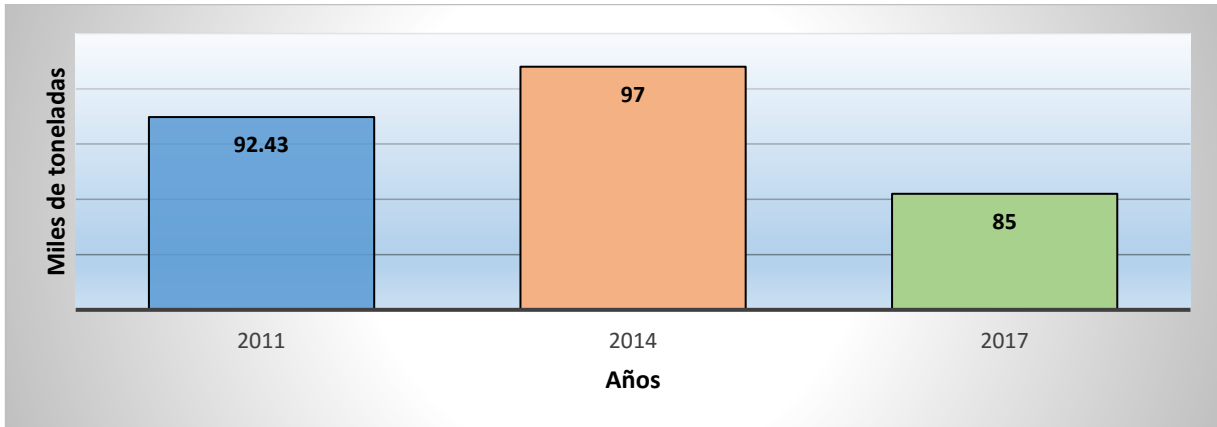
A nivel nacional se siembra 59 mil manzanas de arroz de riego (Granada, Matagalpa y Managua) y 41 mil manzanas de arroz seco (RAAN, Rivas y Chinandega). De las 62,500 manzanas de granos básicos con riego, el arroz de riego representa el 95 %. De los 24,442 productores de arroz a nivel nacional el 92 % son productores de seco. Actualmente los índices de rendimientos nacionales en el arroz de riego son de 75 qq/Mz de arroz seco y limpio, superior a los 26-32 qq/Mz de arroz seco y limpio que se obtienen en los sistemas de producción de arroz de seco donde la única fuente de agua es la lluvia. (MEFFCA 2015).

Este último dato pone en evidencia la importancia del usos de tecnología, como el riego, para mejorar los rendimientos productivos de cultivos como el arroz, ya que es extremadamente marcada la diferencia entre los rendimientos obtenidos entre los sistemas productivos que usan sistemas de riego (8% de los productores) y los sistemas productivos de seco. Esta relación entre las áreas de siembras y número de productores relativas al uso de riego (apenas el 8% de productores de arroz tiene acceso al uso de sistemas de riego), constituye una de las limitante para que Nicaragua no sea autosuficiente en la producción de este rubro.

En el año 2011, como lo señala el grafico Número 7, debieron importarse 92,430 toneladas de arroz lo cual representó aproximadamente un 20% de la demanda nacional (MIFIC 2012). Para el año 2014 se autorizó la importación de 97,000 toneladas (ODHAC 2017).

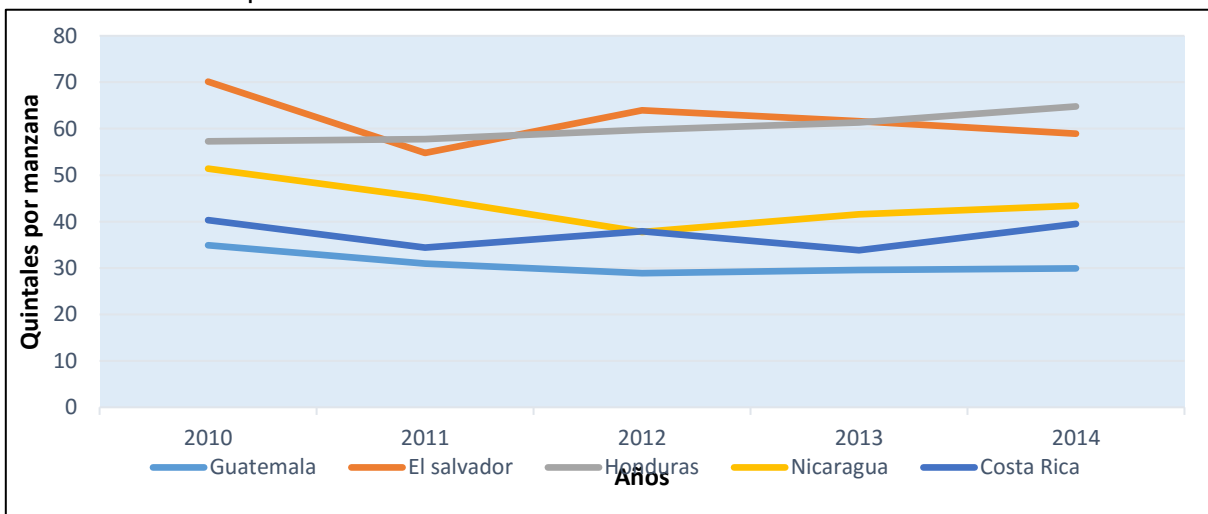
Según el titular del MIFIC, Orlando Solórzano para el año 2017 Nicaragua está produciendo el 75% de su consumo total de arroz e importando el restante 25% (85,000 toneladas)<sup>3</sup>.

Gráfico 7 Importación de arroz en miles de toneladas 2011 - 2017



En el contexto regional centroamericano, países como El Salvador y Honduras superan los rendimientos físicos por manzanas obtenidos por Nicaragua, como lo muestra el gráfico No. 8 en el que se muestran los rendimientos por manzanas (en quintales) obtenidos por cada uno de los países del istmo en el período 2010 – 2014. Se observa en el gráfico que en temas de rendimientos físicos del cultivo, Nicaragua ocupa el tercer lugar entre los países del área.

Gráfico No.8: Evolución de los rendimientos del cultivos de arroz en los países centroamericanos período 2010 - 2014



<sup>3</sup> <http://www.laprensa.com.ni/2017/03/04/economia>

## 6.2. Cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*)

El frijol forma parte de la familia de las leguminosas y en conjunto con el maíz constituye una parte esencial en la dieta básica de la población de los países de América Latina y África. En Centroamérica y en Nicaragua en particular es un producto con mucha importancia socioeconómica tanto por la superficie de siembra como por la cantidad de consumo *per cápita* y por la generación de empleo agrícola que produce.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*) brinda un alimento altamente nutritivo, que contiene proteína, fibra, carbohidratos complejos, vitaminas y micronutrientes. Por tanto, el frijol refuerza significativamente la seguridad alimentaria y nutricional entre los consumidores de escasos recursos, al tiempo que reduce el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y diabetes<sup>4</sup>.

La producción de frijol en Nicaragua se caracteriza por ser una actividad de pequeños productores en diferentes zonas del país. El grano se ha cultivado históricamente en función de la dieta alimenticia básica del nicaragüense, constituida por maíz, frijol y arroz. A pesar de la importancia del frijol en Centroamérica, la producción de este rubro se caracteriza por tener niveles de rendimiento y productividad bajos, sobre todo en Nicaragua. El cultivo se muestra altamente vulnerable a daños climáticos (propios del trópico) e incidencias de plagas, y no ha alcanzado un buen desarrollo tecnológico. (Paz et al. 2007).

Nicaragua es el principal productor de frijol en Centroamérica y el que más exporta, el resto de países de la región son importadores netos, es decir que importan más de lo que exportan. En el ámbito centroamericano, Nicaragua es el mayor consumidor del Frijol rojo con un grado de dependencia de las importaciones del 1 por ciento, que es el más bajo después de Guatemala que es de cero por ciento (MIFIC, 2012). Costa Rica y El Salvador presentan un grado de dependencia mayor (62 por ciento y 14.5 por ciento, respectivamente), seguidos por Honduras (3.7 por ciento).

---

<sup>4</sup> MEFFCA ficha técnica del cultivo del frijol. Junio del 2015



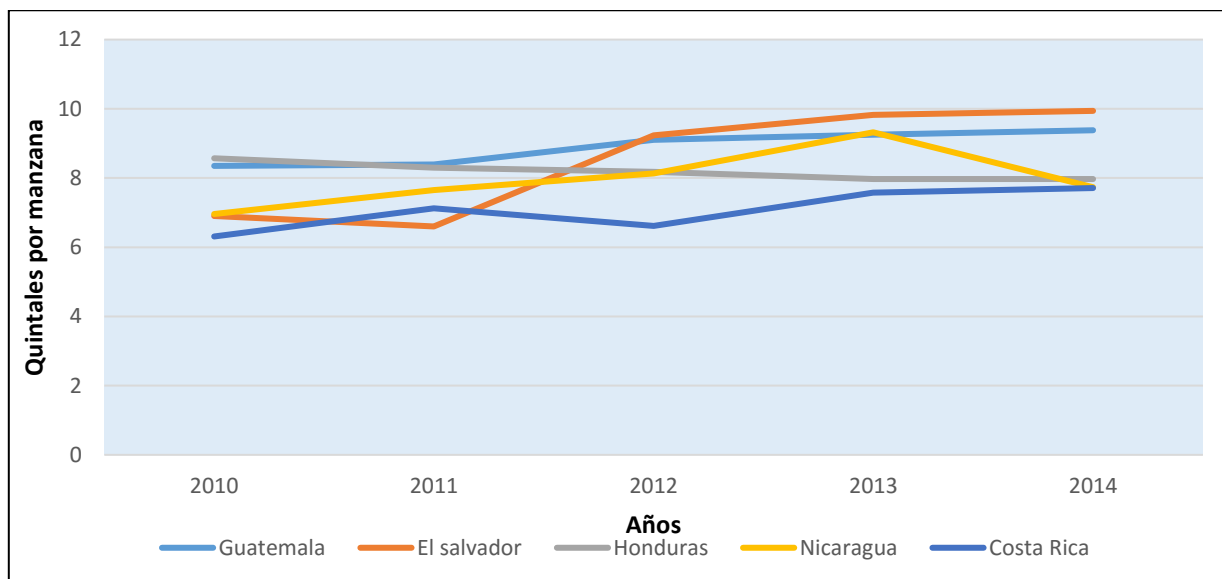
En Nicaragua se han identificado tres zonas agroclimáticas diferenciadas por las épocas de siembra (INTA 2013):

1. la zona seca o cálida y áreas secas del Norte, para siembra de primera y postrera: que incluye los municipios de Estelí, Condega, Limay, Somoto, Ocotal, Pueblo Nuevo, San Lucas, Teustepe, Esquipulas, Terrabona, Darío, La Concordia, Sébaco, San Isidro.
2. La zona Semi húmeda (Pacífico e Interior Central) para siembra de postrera: contempla las Sierras de Managua, Carazo, Masaya, Matagalpa, San Dionisio, Santa Cruz, San Fernando, Ciudad Antigua, Jícaro, Jalapa, Jinotega y partes altas de Rivas.
3. La zona húmeda para siembra de apante: comprende los municipios de Nueva Guinea, San Carlos, zonas montañosas de Matagalpa y Jinotega, áreas de la zona Atlántica en las riberas de los grandes ríos.

Para el caso del cultivo del frijol la diferencia de los rendimientos obtenidos por manzanas en comparación con los países centroamericanos no es muy marcada como lo muestra el gráfico Número 9, en donde ningún país alcanza los diez quintales por manzana, es decir al igual que Nicaragua los demás países están por debajo de su potencial productivo.

En Nicaragua, donde las condiciones agroclimáticas son idóneas en gran parte de su territorio y se ha impulsado como programa de gobierno la utilización de variedades mejoradas, estos rendimientos menores a 9 quintales por manzana, demandan de una revisión exhaustiva de los factores que afectan este rubro, sobre todo porque para Nicaragua el cultivo del frijol es un rubro con una gran importancia socioeconómica para las familias nicaragüenses e históricamente su producción a estado en manos de pequeños productores agrícolas cuya producción la destina básicamente al autoconsumo.

Gráfico No. 9: Rendimientos por manzanas del cultivo del frijol (en quintales) período 2010 - 2014



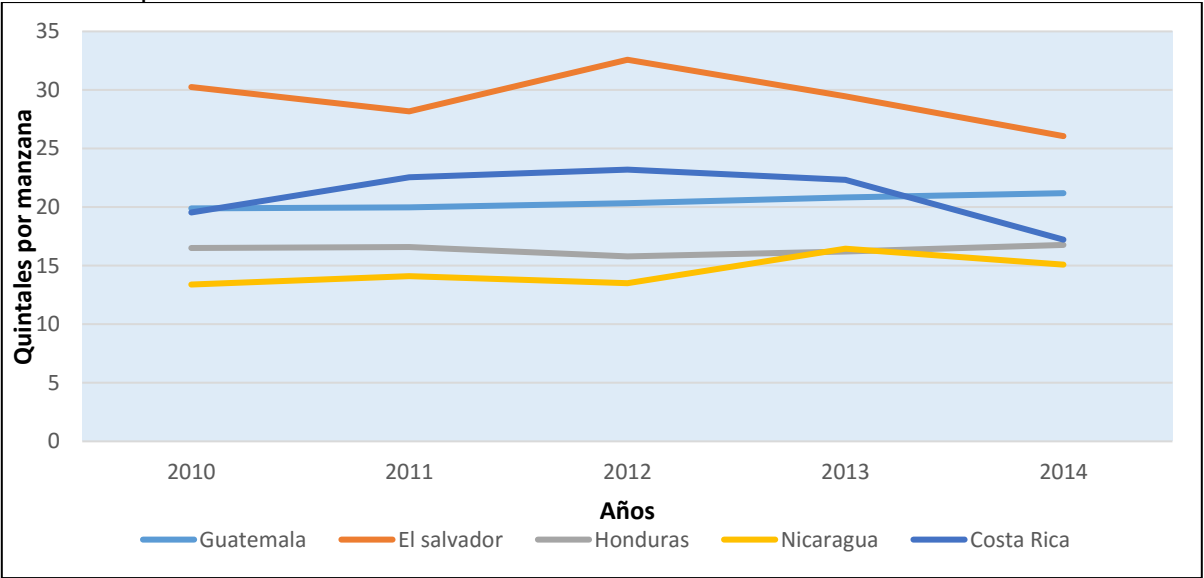
### 6.3. Cultivo del maíz (Zea Mays)

En un estudio sobre la caracterización del cultivo del maíz en Nicaragua, Cajina y Bird (2010) concluyen sobre algunos aspectos relevantes de este cultivo a nivel regional y a nivel nacional, Al respecto señalan que el maíz pertenece al grupo de las gramíneas más importantes como alimentos, perteneciente a la especie Zea Mays, originaria de América. Se estima que apareció hace más de ocho mil años y una de las hipótesis con mayor fuerza es que comenzó a cultivarse a partir de la teosinte, la cual es una maleza silvestre que tiene cinco especies en México, Guatemala y Nicaragua.

Cajina y Bird (2010), señalan que a nivel mundial, en el ciclo 2011/12 se produjeron 883.3 millones de toneladas métricas de maíz (19,471 millones de qq, aproximadamente), de las cuales 35.5 por ciento fueron producidos en Estados Unidos, muy superior al segundo productor que fue China, cuya producción representó 21.8 por ciento del total. Para el ciclo 2012/2013, se produjeron 855.1 millones de toneladas métricas. En Centroamérica, El Salvador, Costa Rica y Guatemala son los que tienen mayor rendimiento, los que sobrepasaron en 104.8, 40.7 y 33.1 por ciento, respectivamente, a los de Nicaragua, en el período 2001-2012.

Cabe señalar que, según la misma fuente, en El Salvador, el rendimiento promedio (44.4 qq/mz) se acercaba al de México (46.1 qq/mz), y son seguidos por Belice (39.8 qq/mz). En el gráfico número 10 se presentan los rendimientos por manzanas del cultivo del maíz en los países centroamericanos y queda claro el rezago que tiene Nicaragua respecto a los demás países. El gráfico muestra que Nicaragua ocupa el último lugar en rendimientos físicos por manzana en el cultivo del maíz, siendo El Salvador el país con mejores rendimientos pro manzana.

Gráfico No. 10: Rendimientos por manzanas del cultivo del maíz (en quintales) período 2010 – 2014 en países de Centroamérica



En cuanto al comercio exterior nicaragüense, en el período 2000-2012, las exportaciones de maíz promediaron 1.2 millones de dólares anuales (US\$1.1 millones por maíz blanco), mientras las importaciones fueron de 19.4 millones de dólares anuales (C\$18.1 millones correspondieron a compras de maíz amarillo). En términos de volumen, las exportaciones promedio anuales ascendieron a 4,982 toneladas (99.8% maíz blanco) y las importaciones a 77,221 toneladas (95% maíz amarillo). Con relación a la producción total las exportaciones de maíz representan cerca de 1.5 por ciento, denotando el uso preponderante de la producción para el consumo interno. (Cajina y Bird 2013).

## **VII. Marco teórico**

Este apartado presenta inicialmente una conceptualización básica sobre productividad y eficiencia técnica, además del abordaje que se hace en la literatura económica del tema, se abordan las diferentes metodologías utilizadas en la medición de la productividad y se presentan algunos estudios realizados con estas metodologías.

### **7.1. Un acercamiento a los conceptos básicos sobre eficiencia técnica y productividad**

El BID (2010) 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.

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), (Lema y Brescia. 2001). 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. Deben considerarse en este análisis todos los factores productivos que entran en el proceso, de forma que se pueda analizar la eficiencia de la totalidad de los factores mismos.

El uso de la función Cobb - Douglas ha sido generalizado entre los investigadores como modelo base para abordar el tema de la 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. (Gujarati y Porter. 2007).

Fue propuesta por Knut Wicksell (1851-1926) e investigada con respecto a la evidencia estadística concreta, por Charles Cobb y Paul Douglas en 1928. El establecimiento de la función partió de la observación empírica de la distribución de la renta nacional total de Estados Unidos entre el capital y el trabajo.

Esta función de producción presenta la forma:

$$Q = AT^{\alpha}K^{\beta} \quad (1)$$

Donde:

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

$\alpha$  y  $\beta$  son parámetros que representan el peso de los factores trabajo y capital, respectivamente.

La función de producción tiene economías de escala constantes, es decir que si T y K aumenta cada uno el 20%, Q aumenta también el 20%. Esto significa que la función Cobb-Douglas es *homogénea de grado 1* e implica que el costo mínimo es independiente del volumen de la producción y depende sólo de los precios relativos de los factores de producción. La PTF no es directamente observable, pues representa un estado no cuantificable formado por factores tales como: la organización empresarial, los conocimientos de los empresarios y trabajadores o el nivel de aplicación de tecnología.

En este sentido debe considerarse necesario aclarar que la función Cobb – Douglas y sus aplicaciones en el estudio de la PTF, explican solamente una parte de los factores causales que inciden en el comportamiento de los indicadores de la PTF: los factores cuantificables.

Quedando fuera los elementos “institucionales” que Hodgson (2006) define de la siguiente manera “las instituciones son el tipo de estructuras que más importan en el ámbito social: integran la sustancia misma de la vida social” y añade la siguiente interrogante ¿Por qué la gente considera a las instituciones en la toma de sus decisiones y acciones? a lo cual responde (Hodgson 2006): las instituciones permiten, limitan y contribuyen a construir patrones de comportamiento. Las instituciones son “sistemas duraderos de reglas sociales, establecidas e incrustadas, que estructuran las interacciones sociales”.

Este paradigma institucional definido por Hodgson, de realizar estudios que consideren no solo el comportamiento de los factores cuantificables (modelo neoclásico con enfoque determinístico), indica la necesidad de poder incorporar estos factores institucionales en la determinación de la magnitud de los índice PTF. Factores tales como la organización campesina, la jerarquía organizativa, la cultura, los patrones de comportamiento, los hábitos, las rutinas, entre otros. Con los cuales se puede construir otro modelo de análisis que sirva de base para estudios posteriores y contribuir a definir desde esa perspectiva el concepto de eficiencia productiva.

Como precursor del modelo de frontera Farrell (1957) considera que las empresas que se desempeñan con un comportamiento eficiente, pasan a integrar lo que se denomina la “frontera eficiente”, la cual se obtiene por comparación con otras alternativas disponible. 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 óptima de referencia. García (2002) afirma que “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.

Coll y Blasco (2005), definen la ET “como la capacidad que tiene una unidad para obtener el máximo output (producto) a partir de un conjunto dado de inputs (insumos) 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)”.

Tomando en consideración los indicadores de ET se asegura que 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 productiva. (Becerril et, al. 2012).

## **7.2. La eficiencia técnica en la literatura económica**

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.

Aunque la teoría económica muestra cuál es el comportamiento eficiente (las distintas funciones de producción, costos y beneficios), éstas resultan desconocidas en la práctica. Farrell (1957) 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 las que presentan 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. 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 y Chu (1968).

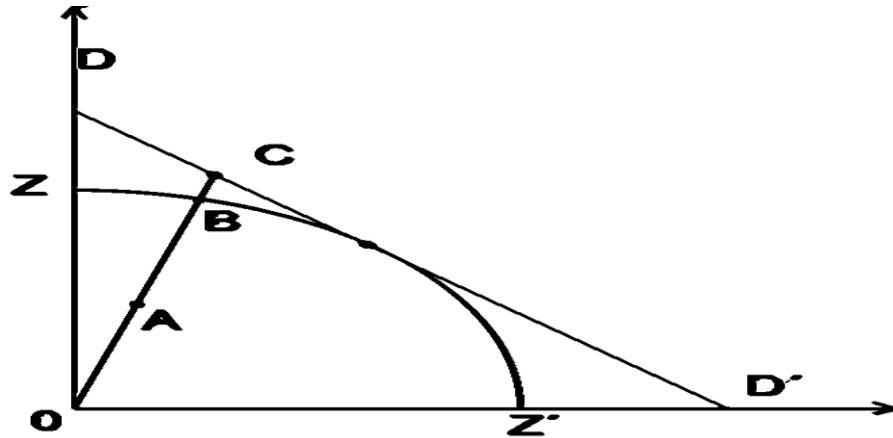
González, et al (1991) afirma que” el concepto de eficiencia técnica hace referencia a la manera más adecuada de utilizar los recursos, con la tecnología de producción existen y que para evaluar el grado de eficiencia técnica con que actúa una explotación es necesario conocer como es la tecnología que 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 desempeño (González, et al 1991).



En el gráfico número 11, el punto B representa a la explotación eficiente, por lo tanto se ubica sobre la frontera de referencia para otras explotaciones, el punto A es la explotación ineficiente por lo tanto, la distancia AB representa la ineficiencia técnica. Esto es la cantidad por la cual los productos podrían ser incrementados sin requerir insumos extra.

Gráfico No.11: Eficiencia técnica y de localización orientada al producto



Simar (1992) afirma que “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 entradas (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. Una definición de eficiencia según Simar (1992) es: "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 producto dividido por un insumo, y se presenta en forma matemática de la siguiente forma:

$$F = \frac{I}{E} \quad (2)$$

Donde: F = eficiencia

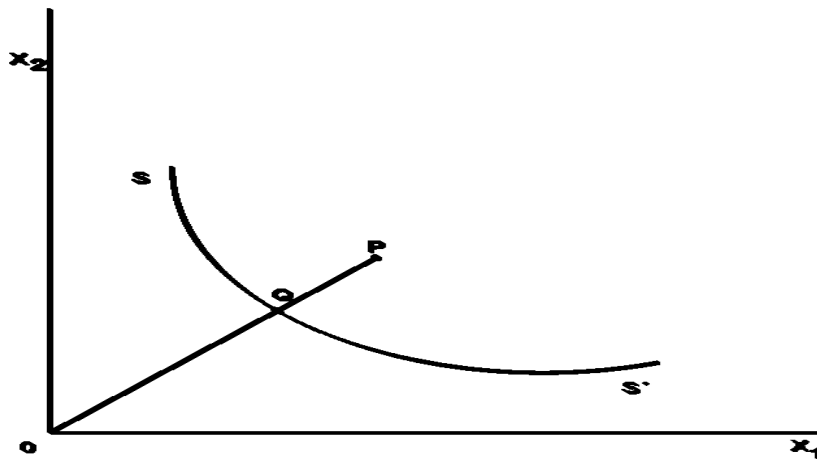
I = producto especificado

E = insumo especificado

Del concepto de eficiencia de Simar (1992) se derivan los conceptos de ineficiencia técnica (IT) y de eficiencia técnica (ET). Estos se explican a partir de los planteamientos hechos por Farrell a través de un sencillo ejemplo en el que una explotación utiliza dos insumos ( $X_1, X_2$ ) y producen un solo bien (Y). La isocuanta eficiente de la explotación se representa por la curva  $SS'$  del gráfico No. 12, si una empresa utiliza unas cantidades de insumos, definidos por el punto P (gráfico No. 12) para producir una unidad de productos, la ineficiencia técnica quedaría representada por la distancia QP del mismo gráfico, la cual representa la cantidad por el cual todos los insumos podrían ser proporcionalmente reducidos sin una reducción en el producto.

Este cantidad se expresa normalmente en términos de porcentaje a través del ratio  $QP/OP$ , el cual representa el porcentaje por el cual todos los inputs podrían reducirse.

Gráfico No. 12: Eficiencia técnica



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

$ET = OQ/OP$  (distancia de OQ sobre distancia OP), del gráfico No. 12, el cual es igual a  $1 - QP/OP$  (uno menos distancia QP sobre distancia 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. Por ejemplo, el punto Q es técnicamente eficiente, ya que está situado sobre la isocuanta eficiente. (García 2002)

La ET se puede interpretar también 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 cambio tecnológico es la inversión en investigación (Ahmad y Bravo 1996). Con esta definición quedan claro cuáles son los determinantes a considerar al momento de calcular la eficiencia técnica.

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 y Brescia 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 ( $X$ ) 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 (Álvarez y Orea, 2001). De esta forma se puede identificar con precisión los factores claves que inciden en la evolución de los indicadores de productividad.

Lema y Brescia (2001) señalan que el concepto central a tener en cuenta para analizar la eficiencia productiva de una explotación o de un sector productivo 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”, es decir el índice de la relación entre las cantidades de productos que se obtienen y la cantidad de insumos que entran en el proceso para la producción de esa cantidad de productos. Bravo (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)”.

Es evidente la diversidad de enfoques 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. Un aporte importante es el de Lema (2011) 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. Según Lema, (2011) el cual toma como referencia estudios realizados por Farrell (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.

Los enfoques observados hasta ahora, para dar un marco teórico al estudio, se centran en definir la eficiencia técnica y la productividad a partir de la determinación de la función de producción más eficiente, enfatizando en el desempeño de los factores productivos que la componen: tierra, capital y trabajo. Esto se conoce como el “modelo neoclásico de maximización” Shultz (1964), que deja por fuera los elementos característicos que definen la naturaleza de la producción campesina en cuyas manos está la mayor parte de la producción de alimentos.

Shultz (1964) aborda el tema de la productividad desde la opción del campesino y afirma que los productores de tipo campesino no siguen estrictamente el modelo neoclásico de maximización, aunque implícitamente tienden a la búsqueda de la eficiencia. Shultz (1964) concibe un nuevo concepto, el de “eficiencia campesina” el que fundamenta en tres premisas fundamentales:

1. La hipótesis de un campesino “maximizador” de la ganancia no requiere la existencia de ganancia en forma de una suma de dinero. Lo que esta requiere es que se dé un ajuste de insumos y productos, lo cuales podría dar a la unidad familiar un alto ingreso neto ya sea medido en dinero o en términos físicos, y esto se aplica tanto a una unidad familiar de subsistencia como a una totalmente monetizada.
2. La maximización de la ganancia tiene dos contenidos: el de comportamiento motivación de la unidad familiar y un contenido técnico-económico (el desempeño de la unidad económica como una empresa).
3. la economía campesina impide la realización de la eficiencia en el sentido neoclásico, esto no significa que un elemento fuerte de cálculo económico no pueda existir en el contexto de múltiples metas y limitaciones de la unidad familiar agrícola. La existencia de tal elemento es, de hecho, virtualmente un axioma de la mayoría de políticas agrícolas y planificación en la mayoría de los países en desarrollo, Por lo tanto, la maximización de la ganancia ya sea parcial o restringida puede existir aun si una estricta eficiencia no es observada.

Ellis (1998) en el contexto del enfoque de la “eficiencia campesina”, desarrollado por Shultz, señala que quizás la implicación más básica de política que se deriva de la teoría del campesinado maximizador de la ganancia es que las unidades familiares agrícolas campesinas realizan ajustes predecibles con respecto a cambios en los precios de los insumos agrícolas y los productos agrícolas.

Ellis (1998), añade que las políticas que buscan incrementar la producción del sector campesino mediante la elevación del precio de sus productos y mediante la baja del costo de los insumos variables son un predicado de la maximización como una característica de la unidad familiar agrícola campesina.

Para Ellis (1998), las implicaciones de la teoría para política económica dependen del grado de aceptación que se dé a los diferentes componentes de la hipótesis de eficiencia y distingue varias ramas de conclusiones de políticas;

- a. Si se acepta la hipótesis en su forma pura, esto es que los campesinos son maximizadores de la ganancia en mercados competitivos, y dentro de sus limitaciones actuales de tecnología, entonces la única forma de lograr incrementos en la producción agrícola campesina es cambiar de forma masiva los insumos agrícolas y la tecnología.
- b. La visión de que solo cambios dramáticos en la tecnología podían transformar la agricultura campesina ( el enfoque de transformación) los proyectos de gran escala en irrigación, esquemas de tractorización e intentos ambiguos de imponer 'paquetes' técnicos (semillas, fertilizantes, insecticidas, crédito) sobre miembros de la comunidad campesina.
- c. Políticas como esquemas de crédito y subsidios a fertilizantes, este enfoque considera a los precios como un estímulo para la adopción de tecnologías mejoradas.
- d. Por último el énfasis en la educación del agricultor y trabajos de extensión agrícola como un método de bajo costo relativo para incrementar la eficiencia productiva.

Para el caso de la producción de granos básicos en Nicaragua las políticas sectoriales destinadas al mejoramiento productivo de este sector han derivado en una mezcla de los elementos que componen cada una de las ramas expuestas por Ellis, se ha incidido en la función de producción mediante el incremento del usos de insumos, se han impuesto paquetes tecnológicos que fomentan el usos de semillas mejoradas, de acceso al crédito y en alguna medida se ha tratado de incidir, desde las instituciones, en la educación de los agricultores mediante programas de extensionismo rural.

### **7.3. Metodologías utilizadas para la medición de la productividad**

En líneas generales, las medidas de la productividad pueden clasificarse en dos categorías: las medidas de la productividad mono factorial (informan de una medida de la producción a una medida de un único factor de producción) y las medidas de la productividad multifactorial (que informan de una medida de la producción en un conjunto de factores de producción). El índice de productividad relaciona la producción valorada en términos reales y un factor de producción. Puede tratarse de una medida parcial de productividad, por ejemplo la productividad laboral, donde la producción se relaciona a un único factor, o de una medida de la productividad total de los factores o medida multifactorial donde el índice de la producción real está elaborado con más de un factor de producción.

Las primeras medidas utilizadas para estudiar la evolución de la productividad consistieron en dividir el agregado del nivel de producción entre el agregado de un único insumo, son los llamados índices de productividad parcial. Así, pueden existir tantos índices de productividad parcial como factores de producción. Dadas las limitaciones obvias que ofrecen estos índices, se definió el índice de productividad total o productividad multifactorial, el cual tiene en cuenta el agregado del producto y el agregado de los insumos que intervienen en el anterior, permitiendo así tener en cuenta al mismo tiempo todos los factores productivos utilizados

Para medir los vectores o índices agregados de productos y de insumos, es importante tener presente el método por el cual se han combinado los datos originales en un determinado número de sub agregados manejables, y también es relevante cómo estos sub agregados ha sido de nuevo re-agregados. Si una empresa produce un único output (y) y para ello utiliza un único input (x) en cada período contable, el cambio en la productividad de la citada empresa entre los períodos cero y uno (t= 0,1) es el siguiente:

$$Q(X^0, X^1, Y^0, Y^1) = \frac{Y^1/X^1}{Y^0/X^0} \quad (3)$$

El problema de medir la productividad surge en la realidad cuando virtualmente todas las empresas producen más de un producto utilizando más de un insumo. Diewert (1976) identificó los supuestos económicos inherentes a las funciones de agregación implícitas en cada uno de los índices usados para agregar los insumos y los productos y concluyó que desde el punto de vista económico, la mejor alternativa para representar el avance tecnológico es utilizar un índice que se ajuste a una función lineal homogénea y flexible, y los índices que tienen las propiedades anteriores son denominados por Diewert (1976) índices superlativos.

### 7.3.1. El índice divisa o índice de Törnqvist-Theil o Translog

Es exacto para una función de producción conocida, homogénea y lineal, la transcendental logarítmica o Translog y, por lo tanto, es un índice superlativo. Para el supuesto de una empresa con input múltiple y con rendimientos constantes de escala (RCE), se presenta una justificación económica válida para emplear, como medida para el cambio tecnológico, el índice de productividad de Törnqvist-Theil. Por razones teóricas y prácticas, el índice de Törnqvist-Theil es frecuentemente usado para medir la Productividad Total de los Factores. Este índice permite efectuar comparaciones de productividad en el espacio, es decir, entre agregados de empresas de varios países y, también, comparaciones inter-temporales, es decir, entre distintos momentos del tiempo para el agregado de las empresas de un país.



### 7.3.2. Índice de Fisher de Productividad Total de los Factores

Ofrece la medida teóricamente más adecuada de la productividad desde el punto de vista de la metodología de los números índices, en el caso de empresas que sean de tipo multi-input/multi-output. Siendo también un índice superlativo de los cambios en la productividad. (Diewert, 1992)

### 7.3.3. Índice de Hulten

Mide la productividad a corto plazo cuando hay un factor cuasi-fijo. Se ha calculado este índice porque considera el supuesto en el que se aprecia una ineficiencia asignativa en los factores productivos (Grosskopf 1993), algo que no se toma en consideración al utilizar el Translog o el de Fisher, que asumen equilibrio a largo plazo y, por tanto, una combinación eficiente de factores. Hulten (1986) afirma que si la empresa no se encuentra en el equilibrio a largo plazo y existe una sub-utilización (o sobre-utilización) de la capacidad del input cuasi-fijo, la medida de la PTF debe ser calculada teniendo en cuenta de forma apropiada la ponderación de este input para evitar sesgos.

### 7.3.4. Índice Mensual de la Actividad Económica (IMAE)

En sus diferentes usos, el IMAE es un instrumento que permite medir el crecimiento económico en el corto plazo y se utiliza para preparar diagnósticos y pronósticos de la actividad económica, así como elaborar informes de coyuntura. Al IMAE se le señalan una serie de características importantes como indicador dinámico, de agregación, coyuntural y como indicador de volumen. Como indicador dinámico, su objetivo es estimar únicamente la tendencia o trayectoria de la producción, y no la medición mensual de la magnitud de la producción. Como indicador de agregación resume en pocas cifras una considerable cantidad de información. Coyunturalmente permite estimar la tendencia-ciclo de la actividad económica; como indicador de volumen refleja las variaciones de cantidad de las actividades.

Para calcular el IMAE se utiliza un índice de cantidad de ponderaciones fijas tipo Laspeyres, el cual relaciona los factores de ponderación con las cantidades del año base y las cantidades del período bajo análisis, tal como se presenta a continuación:

$$I_t = \sum w_{i,0} \frac{Q_{i,t}}{Q_0} \quad (4)$$

Donde,  $I_t$  es el nivel del índice general en el período t;  $Q_{i,t}$  es el volumen de producción del sector de actividad i en el mes t;  $Q_0$  es el volumen promedio de producción mensual de la actividad i en el año base;  $w_{i,0}$  es el factor de ponderación, en porcentaje, que representa el valor agregado del bien i respecto al valor agregado total del sector en el período base.

#### 7.3.5. Índice de Malmquist

La definición general del índice de Malmquist está basada en el concepto económico de función de distancia introducido por Shephard (1970), cuya inversa es igual a la medida de la eficiencia técnica enunciada por Farrell (1957). Desde la contribución inicial de Farrell (1957) al análisis de la producción, se ha desarrollado el concepto de frontera de posibilidades de producción formada por las mejores observaciones, que define el límite de las combinaciones de producto-insumos posibles. De esta manera, la cuantía en la que una observación se encuentre alejada de la frontera dará lugar a una medida de su ineficiencia técnica.

El índice de Malmquist, inicialmente propuesto por Caves et al. (1982), consiste en el cálculo de índices a partir de funciones de distancia introducidas en la teoría del consumo por Malmquist (1953). A partir de dichas funciones de distancia, se podrá establecer en qué medida un sector es eficiente, y en caso de no serlo, como es de ineficiente, en relación con una eficiencia óptima del mercado para ese sector.

Martínez et al (2013) señala que “el Índice de Productividad de Malmquist, representa el crecimiento de la productividad total de los factores (PTF) de una unidad productiva”. “Refleja el progreso en eficiencia de conformidad con los cambios tecnológicos en el tiempo, que se manifiesta como desplazamiento de la propia

frontera bajo un marco de múltiples insumos y productos "(Caves *et al.*, 1982). Bajo este enfoque, las observaciones fuera de la frontera reflejan los períodos en los cuales la utilización de los recursos resulta menos eficiente en comparación con las prácticas empleadas durante los mejores años.

La distancia entre la frontera y los puntos de producción representa la ineficiencia técnica. Las funciones distancia o medidas de eficiencia técnica, permiten cuantificar la ineficiencia técnica en un plan de producción, mediante la comparación de las cantidades de insumos y de productos que necesita una unidad que es técnicamente eficiente con los que utiliza una unidad ineficiente.

La combinación de estas funciones de distancia permite definir índices de productividad que pueden ser interpretados como variaciones en la PTF si cumplen con la propiedad de proporcionalidad, según la cual si la producción se ve incrementada de un año a otro, permaneciendo el consumo de factores inalterado, entonces el índice debe incrementarse en igual proporción, que el aumento de outputs. Asimismo, si el consumo de factores productivos se reduce en una determinada proporción a lo largo de un periodo de tiempo, manteniéndose la producción inalterada, entonces el índice debe incrementarse en igual proporción.

Los índices de Malmquist presentan varias ventajas frente a otros métodos más tradicionales de medir la productividad global de los factores:

- i) En primer lugar, no se necesitan supuestos sobre el comportamiento de la unidad que se analiza, tales como la maximización de beneficios o la minimización de costes.
- ii) Un índice de productividad de Malmquist está basado en funciones de distancia, por lo que no se requieren precios de inputs o outputs en su construcción.
- iii) Finalmente, al contrario que el índice de Törnqvist, puede descomponerse en elementos que expliquen las causas del cambio productivo: eficiencia técnica y cambio tecnológico

#### **7.4. Metodología DEA aplicada 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. Pedrojas, et al (1994) señala al respecto que “el análisis envolvente de datos desarrollado por Chornes, Cooper y Rhode 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”.

La DEA es una metodología de programación lineal, que utiliza datos sobre las cantidades de entrada y salida de un grupo de empresas para construir una superficie lineal a lo largo de los puntos de datos. Esta superficie de frontera se construye mediante la solución de una secuencia de problemas de programación lineal, uno para cada empresa de la muestra. El grado de ineficiencia técnica de cada empresa (la distancia entre el punto de datos observado y la frontera) se produce como subproducto del método de construcción fronteriza. La DEA puede orientarse tanto hacia los insumos como hacia los resultados.

En el caso orientado a la entrada, el método DEA define la frontera buscando la máxima reducción proporcional posible en el uso de insumos con el nivel de salida mantenido constante, para cada explotación. Mientras que, en el caso orientado a la salida, el método DEA busca el aumento proporcional máximo en la producción, con niveles de entrada, mantenidos fijos. La elección de la orientación no es un tema importante en este caso. Sin embargo, se ha seleccionado una orientación de producto porque es necesario asumir que, en la agricultura, normalmente se intenta maximizar la producción de un conjunto dado de insumos, en lugar de minimizar los insumos.

DEA se usa comúnmente para evaluar la eficiencia de varios productores. Un enfoque estadístico típico se caracteriza como un enfoque de tendencia central y evalúa a los productores en relación con un productor promedio. Por el contrario, DEA es un método de punto extremo y compara cada productor con solo los "mejores" productores. En la literatura de la DEA, a un productor generalmente se lo conoce como una unidad de toma de decisiones o DMU.

Una suposición fundamental detrás de un método de punto extremo es que si un productor dado, A, es capaz de producir  $Y(A)$  unidades de producción con entradas  $X(A)$ , entonces otros productores también deberían ser capaces de hacer lo mismo si tuvieran que hacerlo operar de manera eficiente. De manera similar, si el productor B es capaz de producir  $Y(B)$  unidades de producción con entradas  $X(B)$ , entonces otros productores también deberían ser capaces de tener el mismo programa de producción. Los productores A, B y otros pueden combinarse para formar un productor compuesto con entradas compuestas y salidas compuestas. Como este productor compuesto no existe necesariamente, a veces se lo denomina productor hipotético.

El centro del análisis radica en encontrar el "mejor" productor hipotético para cada productor real. Si el productor hipotético es mejor que el productor original haciendo más producción con la misma entrada o haciendo la misma salida con menos entrada, entonces el productor original es ineficiente. Algunas de las sutilezas de la DEA se introducen en las diversas formas en que los productores A y B se pueden ampliar o reducir y combinar. El procedimiento para encontrar al mejor productor hipotético se puede formular como programa lineal. Analizar la eficiencia de  $n$  productores es entonces un conjunto de  $n$  problemas de programación lineal.

Las siguientes gráficas ilustran los tipos de orientación que puede tomar el modelo DEA al momento de calcular la eficiencia técnica de un conjunto de empresas o explotaciones: Orientación a los insumos u orientación a los productos.

Gráfico No. 13: Modelo ilustrativo de orientación al insumo

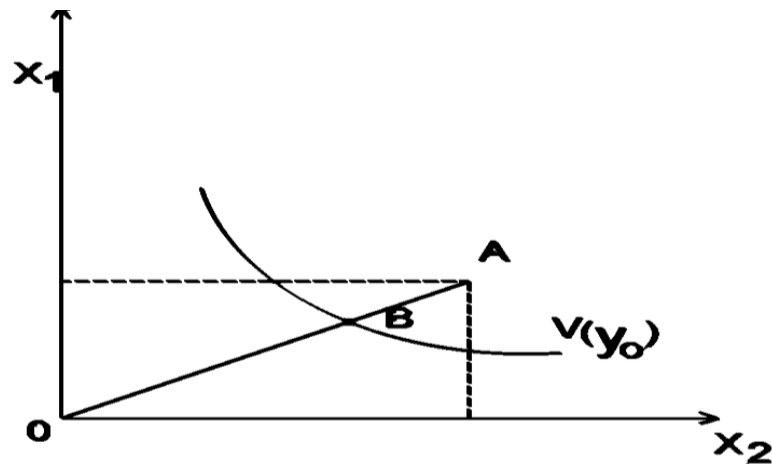
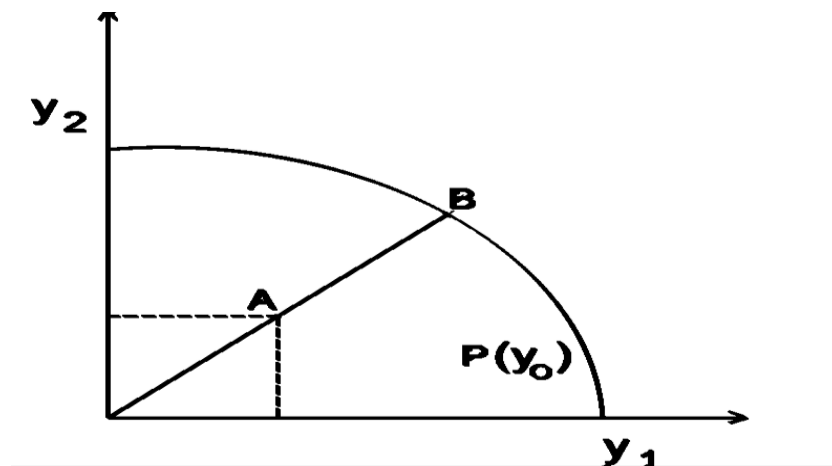


Gráfico No. 14 Modelo ilustrativo de orientación al producto



En las gráficas 13 y 14 pueden señalarse productores eficientes según los dos enfoques: hacia el insumo el punto B el cual se ubican sobre la isocuanta correspondiente. En el modelo orientado hacia el producto el punto B se ubica sobre la frontera de posibilidades de producción. Se encuentran productores ineficientes en ambos modelos: en el modelo orientado al insumo, el punto A que se sitúa por encima de la isocuanta, es decir la explotación A sobrepasa las posibilidades de utilización de recursos para producir un conjunto de bienes X, cantidades superiores a las que necesita la explotación B para producir las mismas cantidades.

En el modelo orientado al producto, el punto A ubicado por debajo de la frontera eficiente. Es decir la explotación A no alcanza los niveles productivos que la sitúen en la frontera de posibilidades que tiene dada la dotación de recursos con que cuenta. Pastor (1994), 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. Lanteri (2002) señala, sobre la utilización de los Índices de Malmsquist, que “una de las ventajas de esta metodología, respecto a otras metodologías (Índice Fisher e índice de Törnqvist) es que no requiere información sobre precios y solamente utiliza datos sobre unidades físicas de insumos y de productos. Tampoco requiere hacer supuestos sobre maximización de beneficios o, alternativamente, sobre minimización de costos, y está libre de los errores de una mala especificación en la forma funcional.

Batessi y Coelli (1995) 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. La propuesta DEA 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 eficiencia, por un lado, y cambio tecnológico, por otro (Lanteri, 2002).

El índice de Malmquist se define utilizando la función de distancia. Las funciones de distancia describen una tecnología de producción de múltiples entradas y múltiples salidas. La función de distancia,  $d_o^s(s, t)$ , tomará un valor menor o igual a 1 si el vector de salida, es un elemento del conjunto de producción factible. Además, la función de distancia tomará un valor de unidad si está situada en el límite exterior del conjunto de producción factible y tomará un valor mayor que uno si está situado fuera del conjunto de producción factible.

Los métodos de DEA se usan para calcular la medida de distancia en este estudio. El índice de PTF de Malmquist mide el cambio de PTF entre dos puntos de datos (por ejemplo, los de un rubro en particular en dos períodos de tiempo adyacentes), calculando la relación de la distancia de cada punto de datos con respecto a una tecnología común.

Según Färe et al. (1994), el índice de cambio de la PTF de Malmquist (orientado al producto) entre el período  $t$  (el período base) y el período  $t + 1$  está dado por la siguiente ecuación:

$$m_o(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[ \frac{d_o^t(y_{t+1}, x_t)}{d_o^t(y_t, x_t)} \times \frac{d_o^{t+1}(y_t, x_t)}{d_o^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})} \right]^{1/2} \quad (5)$$

Este índice representa la productividad del punto de la producción  $(x_{t+1}, y_{t+1})$  con respecto al punto de producción  $(x_t, y_t)$ . Un valor mayor de uno indicará crecimiento positivo de la productividad total de factores a partir del período  $t$  al período  $t + 1$ .

El índice utiliza la tecnología del período  $t$  y la del período  $t + 1$ . Para calcular la ecuación anterior se deben calcular las cuatro funciones de distancia que lo componen, que implicarán cuatro problemas de programación lineal (PLs) similares a los utilizados en el cálculo de las medidas de la eficiencia técnica de Farrell (ET). Los PLs requeridos son:



$$d_0^s(y_t, x_t)^{-1} = \max_{\phi, \lambda, \phi}, \quad (6)$$

$$st \quad -\phi y_{it} + Y_t \lambda \geq 0,$$

$$x_{it} + X_t \lambda \geq 0,$$

$$\lambda \geq 0$$

$$d_o^s(y_t, x_t)^{-1} = \max_{\phi, \lambda, \phi}, \quad (7)$$

$$st \quad -\phi y_{it} + Y_t \lambda \geq 0,$$

$$x_{it} + X_t \lambda \geq 0,$$

$$\lambda \geq 0,$$

$$d_o^t(y_s, x_s)^{-1} = \max_{\phi, \lambda, \phi}, \quad (8)$$

$$st \quad -\phi y_{is} + Y_s \lambda \geq 0,$$

$$x_i + X_s \lambda \geq 0,$$

$$\lambda \geq 0,$$

$$d_o^t(y_t, x_t)^{-1} = \max_{\phi, \lambda, \phi}, \quad (9)$$

$$st \quad -\phi y_{it} + Y_t \lambda \geq 0,$$

$$x_i + X_t \lambda \geq 0,$$

$$\lambda \geq 0,$$

Algunos puntos a tener presente son que los parámetros  $\phi$  y  $\lambda$  pueden tomar diversos valores en los cuatro PLs antedichos. Además, los cuatro PLs se deben calcular para cada explotación en la muestra. Obsérvese que en los PLs (7) y (8), donde los puntos de la producción se comparan con tecnologías de diferentes períodos de tiempo, el parámetro  $\phi$  no tiene que ser  $\geq 1$ . El punto podía situarse por encima del conjunto de posibilidades de producción.

Esto ocurrirá muy probablemente en el PL donde un punto de la producción a partir del período  $t+1$  se compara utilizando la tecnología del período  $t$ . Si se ha experimentado un progreso técnico en el periodo  $t+1$ , un valor de  $\phi < 1$  es posible. Notar que esto podría también ocurrir posiblemente en LP cuando se experimenta un cambio técnico negativo. (Coelli 2008)

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-Junot y Dalmau, 2000).

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. Mayorga y Muñoz (2000) afirman que “un modelo econométrico de datos de panel es uno que incluye una muestra de agentes económicos o de interés (individuos, empresas, bancos, ciudades, países, etc.) para un período determinado de tiempo, esto es, combina ambos tipos de datos (dimensión temporal y estructural)”.

Mayorga y Muñoz (2000) añaden que “el principal objetivo de aplicar y estudiar los datos en panel, es capturar la heterogeneidad no observable, ya sea entre agentes económicos o de estudio así como también en el tiempo, dado que esta heterogeneidad no se puede detectar ni con estudios de series temporales ni tampoco con los de corte transversal. Esta técnica permite realizar un análisis más dinámico al incorporar la dimensión temporal de los datos, lo que enriquece el estudio, particularmente en períodos de grandes cambios. Esta modalidad de analizar la información en un modelo de panel es muy usual en estudios de naturaleza microeconómica.

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, Ali, et al. (1993) afirma que “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”.

García (2002) señala que “cuando se representa el proceso productivo de una empresa a través de una función de producción, habitualmente se le añade una perturbación aleatoria. Con ella se pretende recoger factores diversos que se resumen en lo que denominamos aleatoriedad”. Estos factores hacen referencia a varias cuestiones como errores de medida a la hora de cuantificar las variables, variables omitidas en la especificación funcional que por sí solas no tienen una influencia importante pero sí de forma conjunta, y por último, elementos fuera del control de la empresa, que pueden hacer que circunstancialmente ésta obtenga mejores o peores resultados de los esperados. Todos estos aspectos hacen que finalmente la frontera de producción tenga un carácter aleatorio.

García (2002) añade que con el análisis de envolvimiento de datos, por el contrario, se obtiene una frontera no paramétrica y determinística, en cuanto que no se postula una forma funcional; únicamente se encuentra un conjunto de empresas eficientes a partir de las cuales, mediante combinaciones lineales, se obtiene la envolvente. Esto representa una ventaja aparente en el caso del DEA por la mayor flexibilidad del método. En el presente estudio se hace uso de un enfoque determinístico ya que no se consideran variables aleatorias en el análisis de la productividad.

Solamente se consideran en el modelo utilizado los factores productivos que pueden modificarse mediante la acción de los individuos y del cual se manejan proporciones de acuerdo a la posibilidad de los productores: tierra, capital y trabajo. Se excluyen del modelo factores ambientales e institucionales.

Se aplica un modelo de programación lineal, el cual sirve como modelo base para el estudio y el cálculo de los indicadores de eficiencia técnica y productiva, enfatizando en el análisis de variables determinísticas ya que las mismas pueden ser controladas por el hombre, en cambios las variables aleatorias están fuera del control del mismo.

Por otra parte se ha considerado, que hacer un análisis de la productividad a partir de variables determinísticas se constituye en un punto de partida de estudios de esta naturaleza a los cuales con posterioridad se le podrán adicionar variables de carácter aleatorio. Este análisis complementario deberá considerar las condiciones agroecológicas en la que se desarrollan los procesos productivos de los rubros agrícolas, debido a que estos ejercen gran influencia en los mismos.

Por último García (2002) señala que en definitiva no existen argumentos concluyentes en favor de un método u otro y finalmente, la elección entre ambos suele quedar al criterio y las preferencias del investigador. De todas formas, cada vez en mayor medida se reclaman trabajos que apliquen a una misma muestra las dos metodologías simultáneamente. Esto permitiría comparar los resultados de eficiencia obtenidos con ambas técnicas. En cualquier caso, independientemente del método empleado, la eficiencia estimada tiene un carácter relativo, ya que la inclusión de una nueva observación, aunque nunca puede elevar los índices de eficiencia encontrados previamente, sí puede empeorarlos, si la nueva empresa presenta un comportamiento mejor que el resto, y queda incluida en la frontera. La frontera hallada de esta forma siempre tiene un carácter empírico, constituye la mejor práctica encontrada.

### **7.5. La productividad total de los factores (PTF)**

La PTF es un concepto que se vincula directamente con el cambio tecnológico. En términos operativos una medida de la PTF puede ser definida como:

$$PTF = \frac{Y}{X} \quad (10)$$

Donde PTF mide el producto agregado Y, producido por unidad del insumo agregado X. En consecuencia la tasa de crecimiento de la productividad será la tasa de crecimiento del producto menos la tasa de crecimiento de los insumos. En la práctica, todo el mundo calcula el progreso técnico siguiendo el método que Solow planteó hace más de 50 años para establecer las fuentes del crecimiento económico, y muchos autores citan su propuesta en los trabajos que se han escrito sobre cambio técnico. Solow (1957) publicó su artículo sobre el cambio tecnológico y la función de producción agregada.

Desde entonces, el procedimiento para distinguir entre las variaciones de la producción debidas al progreso técnico y a los cambios en la disponibilidad de capital ha tenido sustento teórico en su trabajo. Su contribución consiste en cuantificar el progreso técnico en forma residual. Por esta razón, al progreso técnico se lo conoce también como residuo de Solow o productividad total de los factores (PTF). Los fundamentos teóricos del progreso técnico se pueden representar en forma matemática y gráfica. Matemáticamente, la función de producción agregada de la economía se puede escribir así:

$$Y=f(K, L, t) \tag{11}$$

Donde Y es el producto de la economía, K el capital utilizado resultante de los aumentos sucesivos de la inversión, L el nivel de utilización del factor trabajo y t el progreso tecnológico que experimenta la economía a través del tiempo. Ludema (2010) afirma que “el crecimiento de la productividad en la agricultura ha captado el interés de los economistas desde hace mucho tiempo. A medida que se desarrolla la agricultura, libera recursos para otros sectores de la economía”. En muchos países que han logrado importante niveles de industrialización los recursos que libera la agricultura han servido como impulso para ese desarrollo industrial.

## **Hipótesis**

La productividad de los rubros de granos básicos con un enfoque DEA, es explicada por el comportamiento de los índices interanuales de la eficiencia técnica y de los cambios tecnológicos que se experimenten en el sector tomando en cuenta los insumos semilla, áreas de siembra, rendimientos físicos y la influencia de la variación climática considerada por la radiación solar.

## **VIII. Diseño metodológico**

### **8.1. Tipo de estudio**

De acuerdo al enfoque filosófico el tipo de estudio es de carácter cuantitativo. Cuantitativo, porque se hará uso de métodos numéricos para la valoración de algunas variables involucradas en el estudio. Según el nivel de conocimiento que se espera generar es de carácter explicativa, debido a que a partir de los hallazgos de la investigación se trata de explicar la relación entre las variables en estudio, es decir se establece una relación causa – efecto entre los indicadores de usos de tecnología y de eficiencia técnica y la Productividad Total de los Factores de cada rubro en estudio.

De acuerdo a su orientación en el tiempo es de tipo Transversal: La investigación transversal implica la recopilación de datos una vez durante una cantidad de tiempo limitada. Para ello se ha definido un único período en el tiempo en el que se realizará el estudio.

### **8.2. Área de estudio**

Se ha definido realizar el proceso investigativo en Nicaragua, país cuya economía depende básicamente de la producción agroalimentaria y donde los granos básicos juegan un papel socio económico muy importante.

### **8.3. Datos**

Los datos se organizan en Panel de datos, que considera los mismos productos e insumos en la serie temporal. El panel incluye los rubros de arroz, maíz, y frijol en una serie de tiempo 1961-2013. Se consideraron las variables área de siembra, rendimiento por hectárea de los cultivos, niveles utilización de semillas salarios del sector, y la radiación solar como una variable explicativa de los efectos del cambio climático.

Se utiliza la disponibilidad de datos en la FAO y web del Banco Central de Nicaragua, donde es posible acceder y descargar todos los datos necesarios de la sección de estadísticas.

El estudio incluye los rubros arroz, maíz, frijol del subsector agrícola de la economía nicaragüense. Los resultados son presentados para el período de estudio 1961-2013.

### **Serie producto (Salida)**

En la serie de tiempo producto (Output) es designado para la producción de los rubros arroz, maíz y frijol, medida en toneladas. 1 Tonelada equivale a 2000 libras.

### **Series Insumos (Entradas)**

De igual manera, la serie de inputs se organizan en panel de datos por rubros y por años:

Input 1: Área cosechada. Representa el área cosechada de cada rubro estudiado en la serie de tiempo, medido en Hectárea.

Input 2: Salario. Representa el salario promedio de afiliados al INSS según actividad económica, del sector agropecuario de la base de datos del Banco Central de Nicaragua Cuadro - Tabla III-7, medido en córdobas, comprende el periodo 1960-2013.

Input 3: Rendimiento. Representa la producción del área cosechada medido en tonelada / Ha.

Input 4: Semilla. Corresponde a la cantidad de semilla utilizada en la producción de cada rubro estudiando en la serie de tiempo indicada medida en toneladas.

Input 5: (Ap.) Representa un índice de la actividad magnética planetaria medida en promedio para el periodo de estudio, medido en ij nano teslas nT). La Actividad Solar y Geomagnética es tomada en cuenta como variable medioambiental con posible influencia en el tema tratado, dados los numerosos reportes que muestran su relación con la biota en general y con la actividad de microorganismos, con la velocidad de reacciones físico-químicas, productividad pesquera y melífera, entre otros procesos biológicos (Aguilar, A. J. et al: 2014).



#### 8.4. Método

Para estimar la PTF en la agricultura se utiliza el Índice de Malmquist (Färe et al., 1994), una metodología no paramétrica que utiliza el análisis envolvente de datos (DEA), método para construir una frontera de producción lineal por tramos para cada empresa y año en la muestra. Esta metodología se ha utilizado ampliamente para la medición de la productividad agrícola, ya que ofrece algunas ventajas.

Este enfoque permite la descomposición de la productividad en cambio técnico y cambio en la eficiencia. (Ludema 2015). La referida descomposición del índice Malmquist en el efecto eficiencia y desplazamiento de la frontera puede expresarse de la siguiente manera (Pastor. 1994):

$$M, (y^s, x^s, y^t, x^t) = \frac{D^r(y^t, x^t)}{D^r(y^s, x^s)} = \frac{D^r(y^t, x^t)}{D^r(y^s, x^s)} \cdot \frac{D^r(y^s, x^s)}{D^r(y^s, x^s)} \quad (12)$$

El primer cociente representa el acercamiento de las empresas a la frontera, ocurrido entre los períodos r y s, mientras que el segundo término muestra el desplazamiento relativo de la frontera entre los dos períodos. Si la empresa en ambos períodos en su frontera respectiva, el primer término será igual a 1, el cambio productivo experimentado entre los dos períodos vendrá explicado únicamente por el movimiento de la frontera. Por el contrario si el segundo término es 1 los cambios de productividad estimados por M vendrán explicados por los cambios en la eficiencia de la empresa en ambos períodos. En los demás casos los cambios productivos reflejados en M serán una mezcla de cambios en la eficiencia y desplazamiento de la frontera. (Pastor. 1994)

Para la obtención de los indicadores de PTF se utilizó un software denominado DEAP en su versión 2:1 que permite la obtención de Índices de Malmquist haciendo usos de un panel de datos mediante el enfoque del Análisis Envolvente de Datos (DEA). Este programa computacional ha sido usado en estudios similares en América Latina y otras partes del mundo y fue desarrollado por el Doctor Tim J. Coelli del Centro para el análisis de la productividad y la eficiencia del departamento de Econometría de la Universidad de New England, Australia.

Los programas computacionales consideran una variedad de modelos para sus análisis. En el caso particular DEAP 2:1 se fundamenta en tres opciones: Estándar CRS y VRS DEA, modelos que consideran el cálculo de la eficiencia técnica y la eficiencia de escala (donde corresponda) y fue desarrollado por Fare, Grosskopf y Lowell en el año 1994.

El segundo modelo considerado es el desarrollado por los autores antes mencionados que calcula la eficiencia en costos (eficiencia asignativa) y el último de los modelos considerados es el desarrollado por Grosskopf, Norris y Zhang e involucra el uso de los Índices Malmquist y el método DEA para el cambio de los indicadores de PTF, descomponiéndolo en cambios tecnológico, cambios en la eficiencia técnica y cambios en la eficiencia de escala.

### **8.5. Como ejecutar el programa DEAP 2:1 en un ordenador<sup>5</sup>**

DEAP es un programa informático escrito en Fortran para PCs compatibles con IBM. Es un programa de DOS pero puede ser fácilmente ejecutado desde Windows usando un administrador de archivos. El programa consiste en un sistema de archivos por lotes simples donde el usuario crea un archivo de datos y un pequeño archivo que contiene instrucciones. Después, el usuario inicia el programa escribiendo "DEAP" y se le pide a continuación, el nombre del archivo de instrucciones. El programa luego ejecuta estas instrucciones y produce un archivo de salida que puede ser leído mediante un editor de texto, como Bloc de notas o usando un procesador de textos como Word.

La ejecución de DEAP Versión 2.1 en un PC generalmente implica cinco archivos:

- 1) El archivo ejecutable DEAP.EXE
- 2) El DEAP.000 archivo de puesta en marcha
- 3) Un archivo de datos (datos de entradas "inputs")

---

<sup>5</sup> Tomado de: Coelli (2008) A guide to DEAP, version 2:1. A data envelopment analysis program

- 4) Un archivo de instrucciones (por ejemplo, llamada TEST.INS)
- 5) Un archivo de salida (datos de salidas “outputs”).

El archivo ejecutable y el archivo de puesta en marcha se suministran en el disco. El archivo de puesta en marcha, DEAP. 1 es un archivo que almacena valores de los parámetros clave que el usuario puede o no puede modificar. Los archivos de datos y de instrucciones deben ser creados por el usuario antes de su ejecución. El archivo de salida es creado por DEAP durante la ejecución.

### **8.5.1. Archivo de datos**

El programa requiere que los datos se enumeran en un archivo de texto y espera que los datos aparezcan en un orden particular. Los datos deben ser enumerados por la observación (es decir, una fila para cada empresa). Tiene que haber una columna para cada salida y entrada de cada uno, con todas las salidas enumeradas en primer lugar y luego todas las entradas que figuran (de izquierda a derecha en el archivo). Por ejemplo, si se tiene 40 observaciones en dos salidas y dos entradas habría cuatro columnas de los datos (cada uno de longitud 40) que figuran en el orden: Y1, Y2, X1, X2.

Si elige la opción de eficiencia de costos también necesitará suministrar el precio como información para las entradas. Estas columnas de precios deben aparecer a la derecha de las columnas de datos de entrada y aparecen en el mismo orden. Es decir, si tiene tres salidas y dos entradas, el orden de las columnas deben ser: Y1, Y2, Y3, X1, X2, W1, W2, donde W1 y W2 son precios de entrada correspondientes a las magnitudes de entrada X1 y X2.

Si elige la opción de Malmquist se trabaja con datos de panel. Por ejemplo, es posible que tenga 30 firmas observadas en cada uno de 4 años. En este caso deberá anotar todos los datos para el año 1 primero, seguido por el año 2 y todos los datos enumerados en el mismo orden (de empresas). Debe considerarse que el panel debe ser “equilibrado”. Es decir, todas las empresas deben ser tomadas en cuenta en todos los períodos de tiempo.

Un archivo de datos puede producirse usando cualquier número de paquetes informáticos. Por ejemplo:

- Utilizando un editor de texto,
- Utilizando un procesador de textos,
- Uso de una hoja de cálculo (Excel).

Debe considerarse que el archivo de datos debe contener solamente números separados por espacios o tabuladores.

### **8.5.2. Archivo de instrucciones**

El archivo de instrucciones es un archivo de texto que normalmente se construye utilizando un editor de texto o un procesador de textos. La forma más fácil de crear un archivo de instrucciones es hacer una copia de la DBLANK.INS archivo que se suministra con el programa (mediante el archivo / COPY) menús en Administrador de archivos de Windows. A continuación, editar este archivo (usando un editor de texto o procesador de textos) y tipo en la información relevante.

### **8.5.3. Archivo de salida**

Como se señaló anteriormente, el archivo de salida es un archivo de texto que se produce por DEAP cuando un archivo de instrucciones se ejecuta. El archivo de salida se puede leer con un editor de texto como Word. La salida también puede ser importada a un programa de hoja de cálculo, tal como Excel, para permitir su posterior manipulación en tablas y gráficos para posterior inclusión en los documentos de informe.

## **8.6. Operacionalización de Variables.**

En la tabla número 5 se presentan el conjunto de variables consideradas en el estudio y que guardan relación con cada uno de los objetivos planteados en el estudio. Se conceptualiza cada una de las variables de estudio y se descomponen en sub variables y al final se definen los indicadores que permiten identificar cualitativamente las características de las variables que se abordan en el estudio.

Tabla No. 5: Operacionalización de Variables

| Objetivos específicos  | Variable conceptual   | Sub variable   | Variable operativa o indicador  |
|--|---|--|---|
| <p><b>No. 1</b><br/>Identificación de los problemas en el abordaje de la medición de la productividad en el sub sector de la producción de granos básicos en Nicaragua</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas en el enfoque utilizado para medir la productividad</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas técnicos</li> <li>• Problemas metodológicos</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sesgos técnicos y metodológicos que se producen en la obtención de los indicadores de productividad por el uso de metodologías con enfoque parcial.</li> </ul>   |
| <p><b>No. 2</b><br/>Descripción de las diferentes metodologías utilizadas en la medición de la productividad.</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologías para medición de la productividad</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologías de enfoque parcial.</li> <li>• Metodologías de enfoque total.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologías utilizadas para medir los índices de productividad de un sector específico que consideran o no la totalidad de los factores productivos que participan en la producción de un bien específico.</li> </ul> |

Continuación de la Tabla N° 5

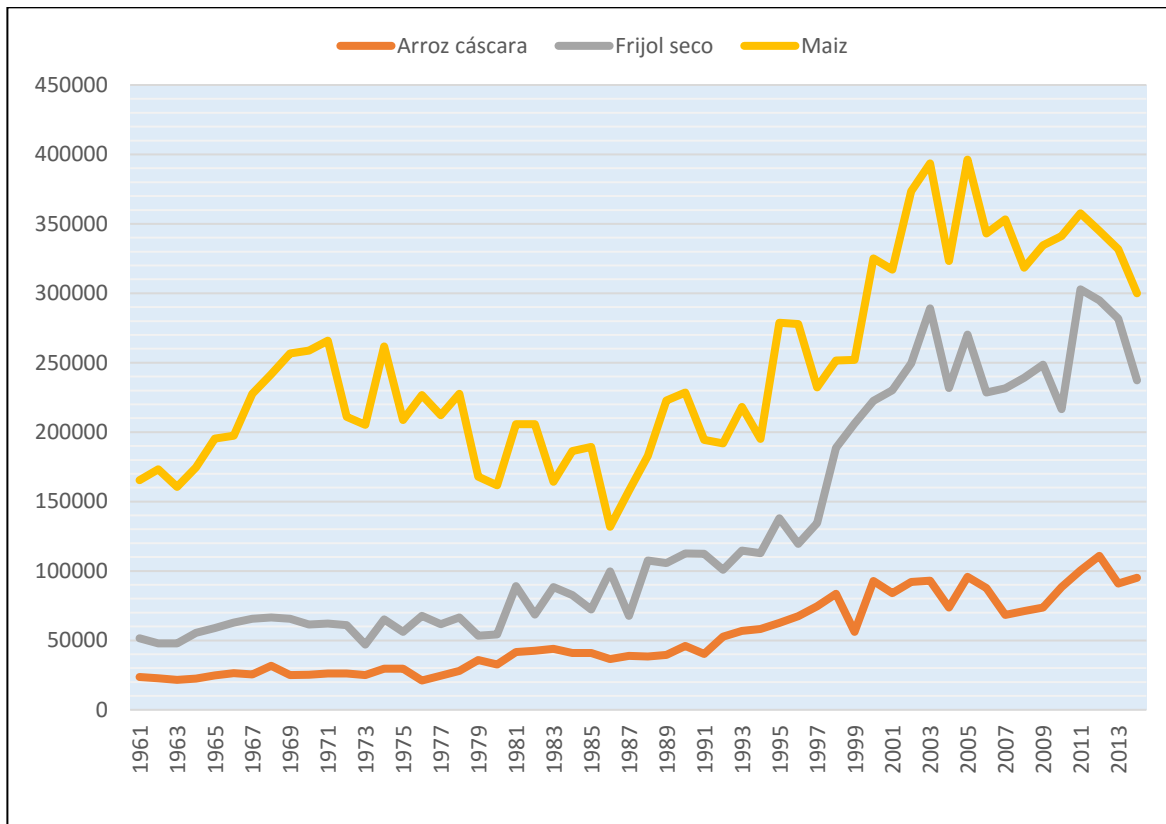
|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <p><b>No. 3</b><br/>Aplicación de la metodología para medir los índices de productividad en los cultivos de arroz, frijol y maíz.</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Indicadores de productividad</b></li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Productividad de la tierra</b></li> <li>• <b>Productividad de la mano de obra</b></li> <li>• <b>Productividad del capital</b></li> <li>• <b>Productividad de la tecnología</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cociente entre el producto obtenido y el total de insumos utilizados en el proceso productivo. Medido mediante la obtención de un “índice de eficiencia” que se obtiene como</b></li> <li>• <b>resultado de comparar la actuación de cada empresa con las mejores prácticas productivas observadas, que definen la frontera eficiente, o frontera de mejor práctica.</b></li> </ul> |
| <p><b>No. 4</b><br/>Análisis de las posibles causas o factores de eficiencia e ineficiencia en el comportamiento de los indicadores de productividad de los rubros estudiados.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Factores incidentes en índices de productividad</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Eficiencia técnica</b></li> <li>• <b>Cambio tecnológico</b></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Capacidad de gestión del conocimiento por parte de los productores.</b></li> <li>• <b>Innovaciones tecnológicas aplicadas a los procesos productivos</b></li> </ul>   |

## IX. Resultados

El estudio permitió conocer el comportamiento productivo de los tres rubros de granos básicos en estudio durante el período 1961 – 2013 para observar la evolución de las variables áreas de siembra, producción y rendimientos por hectárea, las que al mismo tiempo sirven como base para el cálculo de los indicadores de eficiencia productiva.

El gráfico número 15 muestra el comportamiento de las áreas cosechadas de los tres rubros en estudio durante las últimas cinco décadas, sobresaliendo el cultivo de maíz como el rubro con mayor evolución positiva de la variable área cosechada, aunque al igual que los otros dos rubros muestra una tendencia no uniforme durante el período en estudio.

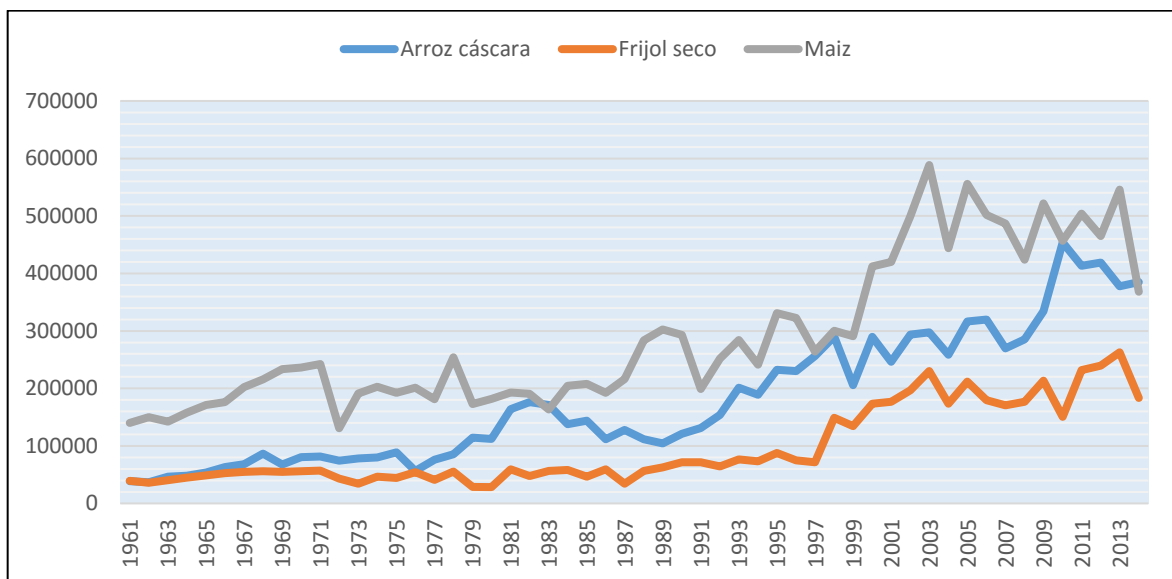
Gráfico No. 15: Evolución de áreas cosechadas de granos básicos, período 1961 – 2013



Este comportamiento no uniforme que se observa en la evolución de las áreas cosechadas se explica a partir de coyunturas particulares sucedidas en los sub períodos estudiados. En el caso de los rubros maíz y frijol obtuvieron sus niveles mínimo de áreas de siembra a mediados de la década de los años 80, (ver gráfico No. 15), período histórico en el que el fenómeno de la guerra obligó a que muchas áreas de siembra, en el norte y centro de Nicaragua, fueran abandonadas por estar ubicadas en los territorio que se constituían como el escenario de guerra. A partir de los años 90 la situación socio político y económico del país cambió radicalmente dando paso a programas de mejoramiento productivo. Se volvieron a utilizar áreas de siembra abandonadas durante la década de los 80 y se ejecutaron proyectos de mejoramiento de semillas y de transferencia de recursos financieros a los sectores productivos. (Bonilla 2009)

El gráfico número 16 presenta el comportamiento de los rendimientos productivos medidos en tonelada durante las cinco décadas estudiadas y guarda una relación con la variable de áreas cosechadas donde predomina el cultivo de maíz como el rubro con mayor volumen de producción. Se observa en el gráfico que el cultivo del arroz es el rubro con menor área de siembra aunque ocupa el segundo lugar en volúmenes de producción anual.

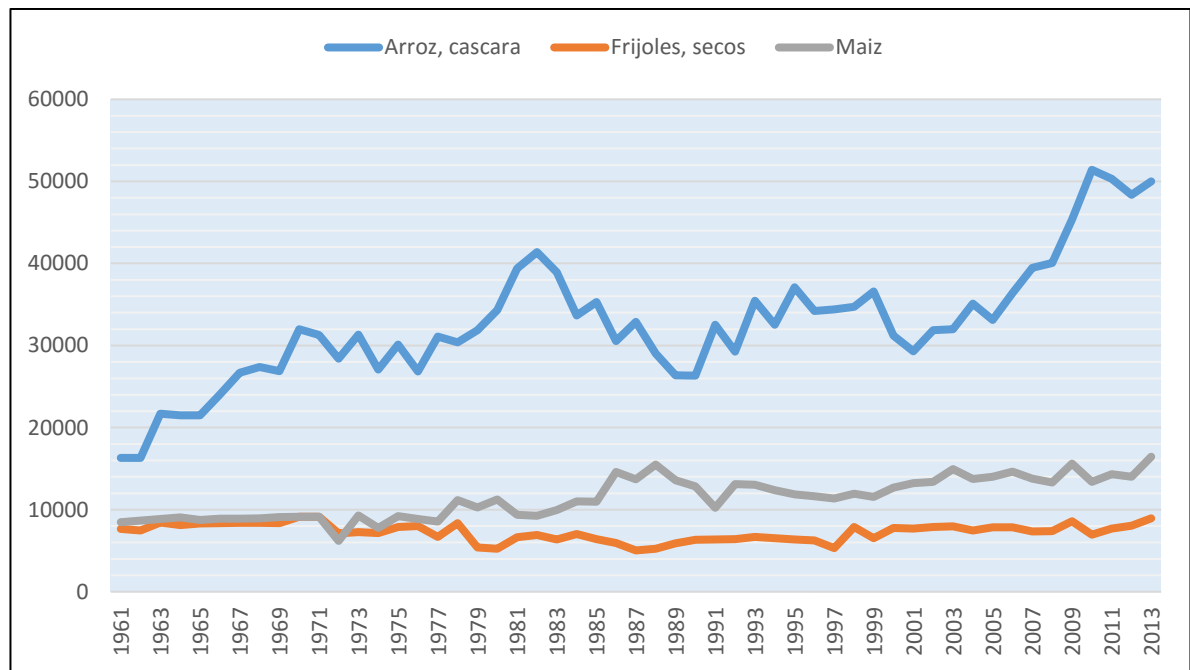
Gráfico No. 16 Evolución de la producción total de granos básicos 1961 - 2013





En el gráfico número 17 se observan los rendimientos por manzana de cada uno de los cultivos en estudio, (hg/manzana)<sup>6</sup> predominando el cultivo del arroz, el cual es el cultivo que más se acerca su rendimiento potencial sobre todo en los últimos años de estudio donde la adopción de nuevas tecnologías por parte de este rubro le permitió ubicarse al cabeza de los rendimientos productivos entre los granos básicos.

Gráfico 17 Evolución de los rendimientos productivos por manzana.



El primer objetivo planteado fue la identificación de los problemas en la forma en que se aborda el tema de la medición de la productividad del sub sector de los granos básicos en Nicaragua. Al respecto se determinó que las metodologías usadas con este propósito tienen un enfoque parcial, en donde solamente se establecen relaciones entre las áreas de siembra y los rendimientos físicos por unidad de medida (manzana o hectárea), esto limita el análisis de la eficiencia del desempeño de todos los factores que participan en los procesos productivos y por ende reduce las

<sup>6</sup> 1000 hg corresponden a un quintal.

posibilidades de tomas de decisiones acertadas para el mejoramiento del desempeño de los sub sectores de la economía nacional. Uno de los indicadores utilizados para medir el desempeño productivo es el IMAE, indicador que incluye el precio de los productos en su medición pero que conserva la dinámica de los enfoques parciales en sus análisis.

El segundo objetivo propuesto es presentar una descripción de los diferentes enfoques metodológicos utilizados en la medición de la productividad, en este sentido se identificaron algunas metodologías usadas comúnmente con este propósito destacándose los siguientes índices:

- Índice divisa, índice de Törnqvist-Theil o índice Translog (PTFT)
- Índice de Fisher (PTFF)
- Índice de Hulten (PTFH)
- Índice de Malmsquist
- Índice Mensual de la Actividad Económica (IMAE)

De todos ellos se seleccionó el índice de Malmsquist para calcular los indicadores de productividad en el presente estudio combinándose con la metodología DEA. Este indicador presenta algunas ventajas en relación con el cálculo de los otros indicadores entre ellos:

1. En primer lugar, no se necesitan supuestos sobre el comportamiento de la unidad que se analiza, tales como la maximización de beneficios o la minimización de costes.
2. Un índice de productividad de Malmquist está basado en funciones de distancia, por lo que no se requieren precios de insumos o productos en su construcción.
3. Finalmente, al contrario que el índice de Törnqvist, puede descomponerse en elementos que expliquen las causas del cambio productivo: eficiencia técnica y cambio tecnológico.

El tercer objetivo del estudio es la estimación de los índices de la productividad total de los factores en los tres rubros en estudio mediante la utilización del método DEA. El cual se combina con el cálculo de los Índices de Malmquist. Este índice evalúa cada rubro referente al grupo en dos puntos del tiempo, generando una medida de eficiencia del rubro bajo análisis. Con datos de producción y rendimientos físicos por hectárea, utilización de semillas, mano de obra y variaciones climáticas de aproximadamente los últimos 50 años.

La tabla número 6 muestra el promedio de los cambios en la eficiencia técnica, la tecnología, la eficiencia pura, la eficiencia a escala y la productividad total de los factores, durante el período 1961 - 2013

Tabla No. 6: Promedio de los índices de Malmquist para los rubros arroz, frijoles y maíz. 1961 – 2013

| Rubros   | Cambio en la eficiencia Técnica | Cambio en la Tecnología | Cambio en la eficiencia técnica pura | Cambio en la eficiencia técnica a escala | Cambio en la productividad total de los factores |
|----------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--|--|
| Arroz    | 1.000                           | 1.118                   | 1.000                                | 1.000                                    | 1.118  |
| Frijol   | 1.004                           | 1.115                   | 1.000                                | 1.004                                    | 1.120  |
| Maíz     | 1.000                           | 1.053                   | 1.000                                | 1.000                                    | 1.053  |
| Promedio | 1.001                           | 1.095                   | 1.000                                | 1.001                                    | 1.097  |

Fuente: elaboración propia

La obtención de estos índices fue posible a partir de la construcción de los datos de panel, con base en datos históricos de la FAO y mediante la aplicación del software DEAP en su versión 2:1, obteniendo como output las variable rendimientos productivos por hectárea. (Ver anexo datos de panel).

El cuarto objetivo planteado ha sido analizar las causas o factores que determinan el comportamiento de estos indicadores. El primero de estos indicadores (columna 2 de tabla número 6) se refiere al índice de cambio en la eficiencia técnica, es decir se relaciona a la capacidad de gestión de la mano de obra.

En el caso de esta variable (eficiencia técnica) para el rubro del arroz el indicador es 0, igualmente el rubro de maíz, solamente el rubro frijol mostro un comportamiento positivo en la evolución de este indicador (0.04%), lo cual es considerado un indicador muy bajo. De tal manera que se puede considerar que la eficiencia técnica es un indicador que no ejerce influencia sobre el indicador PTF de los tres rubros.

Para el caso del índice de cambio tecnológico (columna 3 de tabla No. 6) se observa algún cambio en la evolución del indicador: arroz 11.8%, frijol 11.5% y maíz 5%. Si consideramos que los índices de Malmquist deben ubicarse en un rango de 0 a 1 y que “los valores más cerca de cero muestran ineficiencia y más cerca de 1 muestran eficiencia,” (García 2002), entonces podemos decir que la incidencia de este indicador sobre la obtención de los índices de PTF para los tres rubros es relativamente pequeña. Por último se puede observar una variación leve en el comportamiento de los indicadores PTF de cada rubro en estudio: arroz 11.8%, frijol 12% y maíz 5.3%, leve porque quedan distantes del óptimo que es 1.

Tabla No.7: Evolución de los índices de Malmsquist por década. Período 1961 – 2013.

| Período     | Cambio en la eficiencia técnica | Cambio en la tecnología | Cambio promedio en la PTF por décadas |
|-------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 1961 -1971  | 1.001                           | 1.0606                  | 1,037                                 |
| 1972 – 1981 | 0.994                           | 0.98                    | 0,918                                 |
| 1982 – 1991 | 0.986                           | 0.839                   | 0,825                                 |
| 1992 – 2001 | 0.994                           | 1.072                   | 1.051                                 |
| 2002 – 2013 | 1.013                           | 0.889                   | 0.902                                 |

Fuente: elaboración propia

Se observa que el comportamiento de los índices PTF por década no es uniforme. De los cinco sub períodos estudiados en dos de ellos la PTF mostró un cambio positivo (1962-1971 y 1992-2001) y en los restantes un comportamiento negativo.

Estudios como el de Bonilla Bird en el año 2009 indican algunas causas históricas de carácter económico que explican el comportamiento del indicador de la Producción Total de los Factores (ver capítulo de análisis y discusión de resultados).

## **X. Análisis y discusión de resultados**

Según los datos presentados en la tabla No. 6 (pág. 72) los tres rubros experimentaron mejoría en el crecimiento promedio interanual del indicador de la Producción Total de los Factores. En el caso del rubro arroz el incremento en el índice de la PTF (11.8%) se explica por un 11.8 % de crecimiento promedio anual del cambio en la tecnología es decir una mejora provocada por la utilización de mejores variedades de semilla, esto, considerando que en la variable cambio tecnológico el input utilizado fue el insumo semilla.

Para explicar mejor; se debe considerar que los índices de Malmsquist, establecen una relación entre las variaciones de un input y las variaciones de un output y si consideramos que el objetivo del estudio pretende demostrar los cambios experimentados por los indicadores PTF de los tres rubros en estudio a partir de las variaciones en los indicadores de eficiencia técnica y de cambio tecnológico; observemos entonces que el cambio en el indicador de eficiencia técnica fue de cero y solamente el indicador de cambio tecnológico mostro una variación positiva.

Para el caso del rubro frijol, el cual experimento el mayor crecimiento promedio interanual en su indicador de la PTF (12%) el índice se explica por un 11.5% de crecimiento en el indicador del cambio en la tecnología y en menor medida por un 0.4 % de cambio en la eficiencia técnica y en la eficiencia a escala respectivamente. Para el rubro maíz el índice promedio de la Producción Total de los Factores fue el menor en el período en estudio y de igual manera se explica a partir del crecimiento del indicador del cambio en la tecnología (5,3%) y al igual que el cultivo del arroz el cambio del indicador de eficiencia técnica no tuvo incidencia alguna ya que fue de cero. En el caso del comportamiento de los índices promedios de la PTF de los tres rubros, su crecimiento se explica a partir del cambio tecnológico, relacionado directamente con la incorporación y usos de mejores variedades de semilla a las cosechas, más que por mejoras en la eficiencia técnica de la mano de obra.

Cabe destacar el hecho que durante el período en estudio el rubro que experimentó una mayor evolución en el crecimiento de las áreas de siembra fue el rubro del maíz, (ver gráfico No. 15, pág. 68), lo mismo que experimentó el mayor crecimiento en sus volúmenes productivo en el período en estudio (ver gráfico No. 16, pág. 66) sin embargo fue el de menor evolución en sus rendimientos por manzanas, lo que contribuyó para que este rubro obtuviera el menor crecimiento de su índice PTF. Y aclara el hecho de que el concepto de productividad no está relacionado directamente con el comportamiento de las áreas de siembras

En cambio, el rubro arroz mostró la menor evolución en áreas de siembra durante el período, sin embargo obtuvo el mayor crecimiento en rendimientos productivos por manzana, lo que le permitió ser el cultivo que más se acercará a su frontera eficiente. En la tabla No. 7 titulada “Evolución de los índices de Malmsquist por década. Período 1961 – 2013” (pág. 73). Se presentan la evolución de este indicador calculado durante el período en estudio, dividiéndolo en sub períodos de diez años cada uno. Considerando que este indicador no tuvo un comportamiento uniforme en las diferentes décadas estudiadas presentamos algunas consideraciones señaladas por especialistas que indican las causas que incidieron en este comportamiento. Bonilla (2009), presenta algunos datos históricos que guardan relación con el comportamiento de los indicadores PTF en cada uno los sub períodos estudiados.

En la década 1962 -1971 la PTF mostro un crecimiento promedio de 3.7% explicado por un incremento del 6.0% del cambio tecnológico y apenas un 0.1 % de mejoramiento de la eficiencia técnica. Según el estudio de Bonilla Bird pocos años antes de este período se había reglamentado la primera “Ley de semillas” (1959) lo que probablemente impulsó la utilización de semillas mejorada en los rubros de granos básicos. Este mismo estudio señala que en la década de los años 70 la producción y tenencia de semillas mejoradas se concentró en manos privadas y

empresas transnacionales lo cual, si consideramos que la producción de granos básicos en Nicaragua ha estado mayoritariamente en manos de pequeños productores parceleros, redujo el acceso de estas tecnologías a los pequeños productores, lo que incidió en un decrecimiento del índice PTF (-11.8% respecto de la década anterior) para esa década, que también se caracterizó por una expansión de la frontera agrícola, aumentando las áreas de siembra pero limitando el uso de nuevas tecnologías (semillas mejoradas). En esta década el Índice de cambio tecnológico decreció en un -8%.

Para la década que inició en el año 1980 la producción de semillas se concentró en manos del gobierno estableciendo una relación vertical Gobierno – productores para la entrega de semillas. Este sub período se caracterizó por el abandono de grandes extensiones de tierra ubicadas en zonas de guerra lo mismo que grande cantidades de mano de obra fueron destinadas a participar en actividades de la guerra que caracterizó el período (Bonilla 2009). Los niveles de inversión para el mejoramiento productivo fueron mínimos e insuficientes lo que se traduce en un indicador PTF aún menor y un decremento de un -1.3% del indicador del cambio tecnológico respecto a la década anterior.

A inicios de los años 90 se presenta una desorganización completa para el sector semillero nacional por la reorganización del Estado. Se inicia un periodo posguerra afectando al sistema investigativo, transferencia, extensión y adopción de tecnología (Bonilla 2009).

En la siguiente década (1992-2001) se dieron algunos cambios institucionales que propiciaron un crecimiento del indicador PTF del orden de un 7%, y un crecimiento de 8%, relacionados con la producción de semillas mejoradas, por ejemplo. Bonilla (2009) señala “algunos hechos suscitados en las últimas dos décadas que contribuyen a explicar el comportamiento del indicador PTF durante el período en estudio:

A mediados de los noventa se inició el Proyecto de Fortalecimiento de los servicios del Ministerio de Agricultura y Ganadería (FOSMAG/BID), con el cual se inician una serie de acciones para la consolidación y fortalecimiento de la Dirección General de Semillas, como uno de los componentes en la Dirección General de Sanidad Agropecuaria. Se dan las primeras iniciativas para la conformación de la Comisión Nacional de Semillas, conformada por todos los sectores involucrados en el sistema nacional de semillas en esa época. Se elaboró el marco regulatorio y normativo para la certificación de semillas, Ley 280 y su reglamento.

Se fomenta la comercialización y participación de las empresas productoras, comercializadoras, instituciones de gobierno, entes autónomos, Organismos no Gubernamentales, proyectos y agencias de cooperación internacional en la difusión de información y promoción del uso de semilla mejorada de manera masiva, esto incluye variedades de polinización libre e híbridos para el caso del cultivo del maíz, del uso de variedades mejoradas de frijol, sorgo y un poco en el cultivo del arroz, ya que este cultivo es promovido por la asociación de productores de arroz y el INTA por medio de la introducción de material genético procedente del CIAT.

En la última década estudiada también se suceden algunos hechos que pueden explicar la variación negativa del Indicador PTF (-6%) sobre todo el bajo nivel de uso o cobertura de semilla mejorada en relación a las áreas de siembra de los diferentes rubros de granos básicos.

Para el caso del cultivo del frijol se observa un limitado nivel de utilización de semilla certificada. De 350,000 manzanas sembradas en el territorio nacional durante todo el ciclo productivo del 2007- 2008 al 2008-2009, solamente se logró tener una cobertura de 25,000 manzanas con semilla certificada. (MAG/DGPSA 2009), es decir apenas una pequeña proporción de agricultores dedicados al cultivo del frijol adoptaron la utilización de semillas mejoradas en su siembra.



Por último, Bonilla (2009), señala que en el cultivo del arroz se observa la misma tendencia, se incrementan las áreas de siembra estimulados por el precio del grano en el mercado local, las políticas proteccionistas hacia este sector de parte del gobierno controlando las importaciones de grano comercial, y por las características de polinización casi autógama de este cultivo. Esto permite que los arroceros no se motiven a la utilización de semilla certificada. De 120,000 manzanas a sembrarse en el ciclo 2008-2009, solamente se establecieron 19,000 manzanas con semilla certificada.

### **Comparación de los resultados del estudio con estudios similares realizados para calcular los indicadores de la PTF en Nicaragua.**

En esta sección se discuten los resultados del presente estudio con los resultados obtenidos por otros investigadores que han realizado estudios similares. Los índices obtenidos mediante el uso de la metodología DEA guardan similitud a los indicadores de PTF obtenidos en nuestro estudio lo que valida el uso de la metodología implementada para el caso de los cultivos de granos básicos. La tabla número 8 muestra los resultados de estudios previos de PTF en que involucra el cálculo de este indicador para Nicaragua.

Tabla No. 8: Indicadores obtenidos en estudios previos sobre PTF en Nicaragua

| Autores       | Coelli Prasad | Ludema Carlos | Nin et al | Ávila Everson | True blood and Coggins | Arnade    |
|---------------|---------------|---------------|-----------|---------------|------------------------|-----------|
| Fecha         | 2005          | 2010          | 2003      | 2004          | 2003                   | 1998      |
| No. De países | 93            | 120           | 115       | 82            | 115                    | 70        |
| Período       | 1980-2000     | 1961-2007     | 1965-1994 | 1961-2001     | 1961-1994              | 1961-1993 |
| Método        | DEA           | DEA           | DEA       | OLS           | DEA                    | DEA       |
| Nicaragua     | 1,018         | 1,014         | 1,019     | 1,016         | 0,964                  | 0,998     |

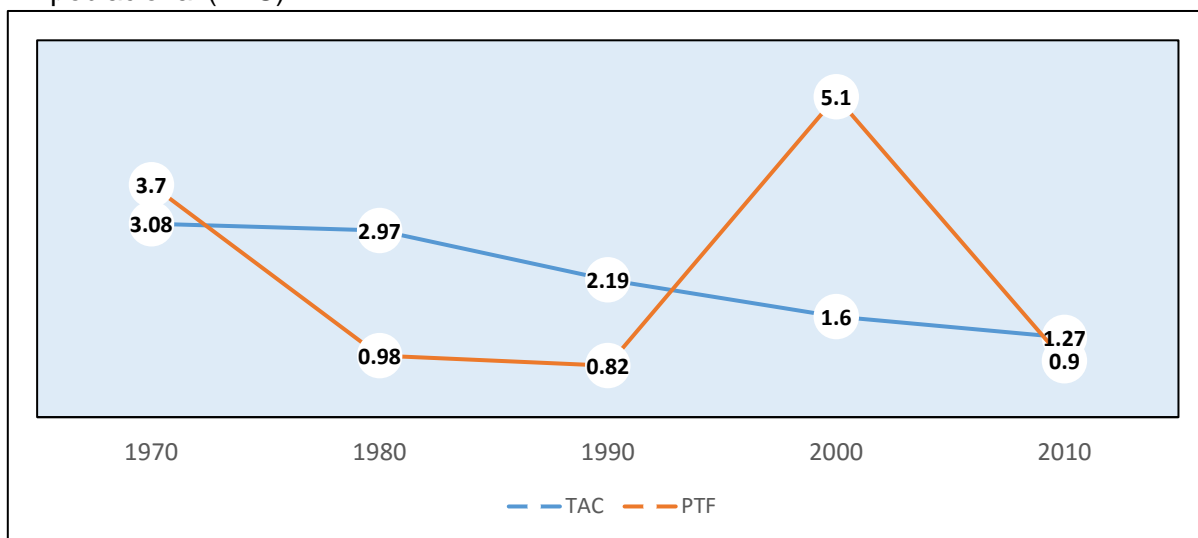
Fuente: Impacto de la tecnología INTA Chinandega en la productividad de las fincas del Occidente de Nicaragua, 2003-2009. Zúniga-González (2011).

El resultado del presente estudio es comparable con los resultados que se muestran en la tabla anterior ya que el promedio de los indicadores obtenidos en los rubros en estudio (1,097) es similar al de los estudios señalados, lo cual ubica el estudio en la línea de estudios anteriores y valida los resultados del mismo.

### **Comparación de los indicadores PTF obtenidos con los índices de la tasa anual de crecimiento histórica de Nicaragua.**

En el gráfico número 18 se muestra una comparación entre el comportamiento del índice de PTF de los rubros de granos básicos estudiado, calculados por década (1960 – 2010) y la tasa anual de crecimiento (TAC) poblacional del mismo período, con el propósito de establecer una relación entre estos dos indicadores, tomando en consideración que la tasa de crecimiento poblacional es un factor que determina la magnitud de las demandas que un país debe satisfacer. Se observa que en algunos períodos la TAC es superior al indicador PTF, aunque existen períodos en que el comportamiento de ambos indicadores es inverso. La relación entre estos dos indicadores muestra la necesidad de obtener índices de productividad superiores a las tasa de crecimiento poblacional para garantizar la satisfacción de las demandas que surgen cuando la población crece.

Gráfico No. 18 Comparación entre índices PTF e índices de Tasa anual de crecimiento poblacional (TAC)



## **XI. Conclusiones**

La primera conclusión del estudio es que en el subsector de la producción de granos básicos en Nicaragua se han usado metodologías con enfoque parcial para medir el desempeño de este importante segmento de la economía nacional. Esto no ha permitido a los responsables de políticas sectoriales, dirigidas al sector agrícola, contar con suficientes elementos de juicio al momento de diseñar e impulsar políticas o programas que se orienten a mejorar la eficiencia productiva de este sector. Es importante anotar que los cálculos del PTF están relacionados al paradigma Neoclásico y que el paradigma institucional no se considera en el análisis, en tal sentido, este estudio está en línea con la necesidad en Nicaragua de incorporar dichos factores institucionales en el cálculo de la magnitud de los índices del PTF. La tesis plantea que se puede construir otro modelo de análisis que sirva de base para estudios posteriores y contribuir a definir desde esa perspectiva el concepto de eficiencia productiva.

Una segunda conclusión del estudio es que, después de revisar las diferentes metodologías utilizadas para la medición de la productividad, la metodología de los índices de Malmquist con enfoque DEA es la que mejor se ajusta para una medición apropiada, debido a que este enfoque metodológico permite descomponer los índices de productividad en índices de eficiencia técnica y de cambio tecnológico, identificando de esta forma los factores determinantes en el comportamiento de la productividad del subsector estudiado.

La anterior conclusión condujo al uso de esta metodología (Índices de Malmquist con enfoque DEA) para medir los cambios de los indicadores de la productividad de los cultivos de granos básicos arroz, frijol y maíz durante el período 1961 – 2013, debido a que este enfoque metodológico toma en consideración todos los factores de la función de producción de los rubros en estudio e identifica los factores que han incidido en el comportamiento de estos indicadores.

Los resultados obtenidos para cada cultivo (usando Índices Malmquist con enfoque DEA) evidencian la evolución interanual del índice para cada rubro en particular y señalan la incidencia de los indicadores de eficiencia técnica y cambio

tecnológico en la PTF de cada rubro. Lo cual solo es posible mediante la aplicación de un método con un enfoque total. Obtenidos los resultados de la aplicación del modelo DEA se concluye que los promedios geométricos de los índices de Malmsquist para el período en estudio en cada rubro, muestran una evolución positiva (11.5% para el arroz, 11.8% para el frijol y 5.3% para el maíz) y muestran una clara incidencia del indicador de cambio tecnológico en la evolución del indicador PTF.

Este cambio hace referencia a la utilización de mejores variedades de semillas en algunos sub períodos en estudio, lo que señala un derrotero a seguir por los diseñadores de políticas orientadas al sector agrícola. Los indicadores obtenidos muestran la poca incidencia de los cambios en la eficiencia técnica sobre la evolución del indicador PTF por lo que urge diseñar programas orientados a mejorar las capacidades técnicas y las habilidades de gestión de los productores dedicados a la producción de estos rubros. Los indicadores PTF obtenidos guardan relación con los resultados de estudios similares que calcularon la PTF en el sector agrícola de Nicaragua utilizando la misma metodología.

. Finalmente se puede afirmar que la hipótesis de trabajo formulada se confirma ya que es notorio, que mediante la aplicación de un modelo con enfoque DEA se pueden explicar el comportamiento de la productividad de un sector a través de los indicadores de eficiencia técnica y cambios tecnológicos de la PTF de los rubros estudiados.

## XII. Recomendaciones

1. Partiendo del hecho de que el presente estudio se centró en analizar las metodologías para medir la productividad en sectores productivos, sugerimos considerar a los hacedores de políticas, aplicar el modelo de Análisis de Datos Envolventes utilizando para el cálculo de los Índices de Malmquist debido a que este enfoque contribuye a identificar “cuellos de botella” a nivel tecnológico o de eficiencia técnica en los procesos de producción de los rubros de granos básicos
2. Se recomienda mantener actualizadas las bases de datos sobre indicadores productivos, calculados a través de metodologías que tomen en consideración el desempeño de todos los factores de la función de producción de los rubros que se estudien y ponerlos a disposición de investigadores y diseñadores de políticas sectoriales para iniciar el proceso de análisis investigativos sobre la Productividad Total de Factores en sectores y rubros productivos de interés para la economía y la sociedad nicaragüense en su conjunto y a partir de esto elevar propuestas de política que contribuyan a superar el estancamiento que en temas de productividad tiene el país.
3. Impulsar procesos investigativo que permitan identificar los factores de eficiencia e ineficiencia técnica en los diferentes sectores productivos y de servicios, haciendo uso de métodos cuantitativos que permitan conocer la realidad del desempeño de estos sectores y no limitar los estudios a la utilización de datos obtenidos con métodos que hacen usos de enfoques parciales.
4. Impulsar procesos de toma de decisión que permitan el mejoramiento de la eficiencia técnica y la productividad de todos los factores de producción, sobre todo el mejoramiento del desempeño de la mano de obra en todos los sectores productivos, principalmente en el sector primario de la economía, responsable de la producción de alimentos.

### XIII. Referencias bibliográficas

- 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., Lowell, 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 No.6. Pp. 21-37.
- Ali, Al, y LM Seiford. (1993). *El enfoque de programación matemática para Análisis y eficacia*, en Fried, H, Lovell y Schmidt S. S. *La medición de la eficiencia productiva: Técnicas y Aplicaciones*, Oxford University Press, Nueva York. Pp. 120- 129.
- Álvarez P. y Orea L. (2001) *Descomposición del crecimiento de la productividad: una aplicación a las regiones españolas*. Madrid. Ed. Pirámide. Pp. 19-38.
- Ahmad, M y B.E. Bravo-Ureta (1996). *Technical efficiency measures for dairy farms using panel data: a comparison of alternative model specifications*, Journal of Productivity Analysis, 7, 399-415.
- Andrade Araujo, Feitosa y Bethencourt da Silva, (2014). *América latina: productividad total de los factores y su descomposición*. Revista CEPAL, No.114. Pp.63-67. 2014
- Arrimón G. y Torreló M. (1977). *Productividad Total de los Factores: revisión metodológica y una aplicación al sector manufacturero uruguayo*. LC/MVD/R.129.Rev2. CEPAL.
- Aguilar, A. J., Urtecho, K. D. R. O., Olivares, M. D. S. P., González, C. A. Z., Palomares, R. D., Figueredo, P. S., & Madrigal, O. J. Q. (2011). *Efectos de la ineficiencia técnica ambiental en la calidad del agua del Estero Real: Caso Nicaragua*. León. Revista Científica de la UNAN-León., 5(2), 17-32.
- Battese, G. & Coelli, T. J. (1995.). *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. No. 3. Pp. 53-169. 1992.
- Bravo, Boris. (2008). *Globalización y desarrollo económico: algunas consideraciones sobre la incidencia en el sector agrícola*. Argentina. Agrosur. No.38. Pp. 4-5.
- Bravo, U, B. y Moreira, V. (2007). *Cambio Tecnológico y Eficiencia Técnica en Predios Lecheros de Tres Países de Sudamérica*. Chile. Chilean Journal of Agricultural Research. No.68. Oct. – Dic. 2008. Pp. 360-367.

- Becerril O. Álvarez I. Vergara R. (2007). *Disparidades en eficiencia técnica y convergencia en eficiencia en México: un análisis De frontera*. México. Quivera. No.2. Pp. 132- 140.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2010). *La era de la productividad*. Ed. Carmen Pages. Pp. 28 – 34.
- Baumeister, Eduardo. (2010). *Pequeños productores de granos básicos en América Central*. FAO. Ed. Comunica Tegucigalpa, Honduras.
- Bonilla Bird. (2009). *Análisis del sistema nacional de producción y certificación de semillas certificadas de granos básicos para la comercialización de semillas certificadas en los mercados locales y en Centroamérica*. FUNICA.
- Brescia, V. Gallacher, M. Gatti, N. Luccioni, M. (2014). *Estudio sobre Productividad Total de Factores y Eficiencia en el sector agropecuario de Argentina*. Buenos Aires. Argentina.
- Cabrera, M. Oscar. *El papel de la eficiencia económica como una explicación de las diferencias regionales de la PTF*. Documento de trabajo. Banco central de Reserva. El salvador. ISSN 1810 - 8903
- Cajina y Bird (2010) *Caracterización del Cultivo de Maíz en Nicaragua: Un análisis de Varianza de los Determinantes del Rendimiento*. ISSN 2409-1863 DT 033- Noviembre 2013. Banco Central de Nicaragua.
- Coll, V. y Blasco, O. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*. Universidad de Valencia. Ed. 1. Pp. 7 – 10.
- Caves D., Christensen L., Diewerte. (1982). *The Economic Theory of Index numbers and the measurement of Input, Output and productivity*. Econometrical. 393-414.
- Coelli. T.J. (2008) A guide to DEAP, version 2:1. *A data envelopment analysis program*. CEPA working papers, Departments Econometrics. Australia. University of New England.
- Chamorro. J, S. (2015). *Crecimiento, productividad, salarios y costo de la vida en Nicaragua*. FUNIDES. Pp. 19.
- Damodar, N. Gujarati y Dawn, C, Porter (2007) *Econometría*. México. 5ta Ed, Mc Graw Hill.
- Debreu, G. (1951). *El coeficiente de utilización de los recursos*. Econométrica. No 19. Pp.273-292. 1951

- Ellis Frank [1988] "Peasant Economics: Farm household and agrarian development, the theory of optimizing peasant part II pag 59-78. Cambridge University Press.
- Farrell, M.J. (1957). *La medición de la eficiencia productiva*. Journal of the Royal Statistical Society, Series A, CXX, Part 3, pp. 253-290.
- Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris, and Z. Zhang (1994): "*Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Changes in Industrialized Countries*." American Economic Review 84 (1994), 66–83.
- Fundación para el desarrollo tecnológico, agropecuario y forestal de Nicaragua. (2012). *Estado actual y propuesta de acción del sector agropecuario y forestal en Nicaragua*, 1ra Ed. ISBN 978-99964-827. FUNICA. Pp. 2-4.
- Fundación para el desarrollo tecnológico, agropecuario y forestal de Nicaragua. (2012). *Estado actual, oportunidades y propuestas de acción del sector agropecuario y forestal en Nicaragua*. 1ra Ed. ISBN 978-99964-827. FUNICA. Pp. 25 -31.
- García Mata. Et al. (2012). *Índice de Malmquist y productividad estatal en México*. Agricultura Sociedad y desarrollo. No. 10. Pp. 360-361.
- García Prieto, Carmen. (2002). *Análisis de la eficiencia técnica y asignativa a través de las fronteras estocásticas de costes: una aplicación a los hospitales del INSALUD*. España. Universidad de Valladolid Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
- González Fidalgo, E. et, al. (1991). *Análisis no paramétricos de eficiencia en explotaciones lecheras*. Investigaciones agrarias: Argentina. Economía. No.11. Pp. 1-5.
- Hodgson, Geoffrey M. (2006), ¿"What are Institutions?", en Journal of Economic Issues, 40.
- INTA. (2010). *Guía tecnológica del cultivo del maíz*. 2da. Ed. Managua. Nicaragua.
- INTA. (2013). *Guía tecnológica del cultivo del frijol*. Managua. Nicaragua.
- Lanteri L. (2002). *Crecimiento, términos de Intercambio externos y productividad total de los factores: evidencia para la economía Argentina, 1955-2010*. Ed. Mimeo.
- Lema, D. y Brescia, V. (2001). *Medición del cambio tecnológico, la productividad y la eficiencia en el sector agropecuario*. Paper presentado en el Taller Internacional "La Modelización en el Sector Agropecuario". Organizado por la Escuela para Graduados "Alberto Soriano". Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.



- Ludema, C. (2010). *Agricultural productivity growth, efficiency change and technical progress in Latin America and the Caribbean*. BID.
- Martínez. M., Bambilla J., García, R. (2013). *Agricultura, sociedad y desarrollo*. vol.10 no.3 Texcoco México.
- Martín. R. (2008). *La medición de la eficiencia universitaria: una aplicación del Análisis Envolvente de Datos*. Universidad de La laguna, Tenerife, Islas Canarias, España. Formación Universitaria. No. 2. Pp. 19-21.
- Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa. (2015). *Ficha técnica del cultivo del arroz*. Managua. Nicaragua.
- Ministerio Agropecuario y Forestal. (2009) *Fortalecimiento al sistema nacional de semillas*. Nicaragua. Gobierno de Nicaragua.
- Ministerio de fomento de Industria y Comercio. (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*. Gobierno de Nicaragua. Pp. 6-12.
- Ministerio de educación. (2017). *Seguridad alimentaria y nutricional. Guía de trabajo*. Managua, Nicaragua.
- Moreira, V. y Bravo, B. (2009). *Un estudio de eficiencia técnica en lecherías usando Meta-Regresión: Una perspectiva internacional*. Santiago de Chile. Diario chileno de agricultura. No.9. Pp. 1-2.
- Mayorga M y Muñoz E. (2000). *La técnica de datos de panel una guía para su uso e interpretación*. Banco central de Costa Rica división económica departamento de investigaciones económicas die-nt-05-.
- Paz M.T, Flores S y Delmelle G. (2007). *Informe de la cadena de frijol rojo en Nicaragua*. NITLAPAN. Managua, Nicaragua.
- Pastor, J.M. (1994). *Eficiencia, cambio productivo y cambio tecnológico en los bancos y cajas de ahorro españolas: Un análisis de frontera no paramétrico*. Madrid España. Working paper. IVIE. WP-EC.
- Pedraja, Chaparro, F. et, al. (1994). *Las restricciones de las ponderaciones en el Análisis Envolvente de Datos: una fórmula para mejorar la evaluación de la eficiencia*. *Investigaciones económicas*.2. XVIII. p. 365-380.

- Perdomo y Mendieta. (2007). *Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos*. Bogotá, Colombia. Desarrollo y sociedad. No. 60. Pp. 1- 45. 2007.
- Puig Junot. J. y Dalmau, E. (2000). Eficiencia en la atención primaria de salud: una revisión crítica de las medidas de frontera. *Revista española de salud pública*. España. No. 5. Pp. 5 -6.
- Reyez Bernal, J. (2010). *El residuo de Solow revisado*. *Revista de Economía Institucional*, vol. 12, n. ° 23, segundo semestre/2010, pp. 347-361.
- Rutan, V. (2002). *Productivity Growth in World Agriculture: Sources and Constraints*. *Journal of Economic Perspectives* 16:161-184.
- Simar, L. (1992). *Estimación y eficiencias de modelos de frontera con datos de panel: una comparación de paramétrica no paramétricas y semi-paramétricos métodos con Bootstrapping*. *Diario de análisis de productividad*. No. 3. Pp.167-203.
- Shephard, R.W. (1970): *Theory of Cost and Production Functions*, Princeton University Press, Princeton.
- Sotelsek y Laborda. (2010). *América Latina: medición de la eficiencia productiva y el cambio técnico incorporando factores ambientales*. *Revista CEPAL* No. 101.
- Solow, R. (1957). *Technical change and the aggregate production function*, *The Review of Economics and Statistics* 39, 3, Pp. 312-320.
- Trueblood, M.A. and Coggins, J. (2003). *Intercountry Agricultural Efficiency and Productivity: A Malmquist Index Approach*, Mimeo, World Bank, Washington D.C.
- Vargas Leitón, B. et, al. (2014). *Eficiencia técnica en hatos lecheros de Costa Rica*. *Agronomía Mesoamericana*. No.26. San José Costa Rica. Pp. 2-6.
- Zegarra M, Eduardo y Chirinos Orlando (2016) *Diagnóstico sobre la situación y potencial del sector riego en Nicaragua*. Nota técnica del BID; IDB – TN 1063. Recuperado de <http://www.iadb.org>
- Zúniga-González, C. (2011). *Impacto de la política salarial y de empleo en la productividad de los sectores productivos en Nicaragua, 1994-2010*. Centro de Investigación en Ciencias Agrarias y Economía Aplicada (CICAEA) Serie # 3 de Artículos científicos. León Nicaragua.
- Zúniga-González, C. y Navarrete Blanco. (2011). *Impacto de la tecnología INTA Chinandega en la productividad de las fincas del Occidente de Nicaragua, 2003-2009*. Serie de trabajos científicos # 1 <http://WWW.CICAEA.UNANLEON.EDU.NI>. 2011.

**Anexos**  
**Anexo No. 1 Promedios anuales de los índices de Malmquist.**

| Tabla No. 1 Promedios anuales de los índices de Malmquist, 2961-2014 |                                 |                         |                                      |  |  |
|--|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--|--|
| Años   | Cambio en la eficiencia Técnica | Cambio en la Tecnología | Cambio en la eficiencia técnica pura | Cambio en la eficiencia técnica a escala | Cambio en la productividad total de los factores |
|  |                                 |                         |                                      |  |  |
| 1962   | 0.986                           | 1.143                   | 1                                    | 0.986                                    | 1.127  |
| 1963   | 1.02                            | 1.083                   | 1                                    | 1.02                                     | 1.105  |
| 1964   | 0.993                           | 1.017                   | 1                                    | 0.993                                    | 1.01   |
| 1965   | 1.011                           | 1.086                   | 1                                    | 1.011                                    | 1.098  |
| 1966   | 0.995                           | 1.106                   | 1                                    | 0.995                                    | 1.101  |
| 1967   | 1.001                           | 1                       | 1                                    | 1.001                                    | 1.001  |
| 1968   | 0.986                           | 1.096                   | 1                                    | 0.986                                    | 1.081  |
| 1969   | 1.006                           | 0.951                   | 1                                    | 1.006                                    | 0.957  |
| 1970   | 1.013                           | 1.103                   | 1                                    | 1.013                                    | 1.117  |
| 1971   | 0.999                           | 1.021                   | 1                                    | 0.999                                    | 1.02   |
| 1972   | 1.029                           | 0.768                   | 1                                    | 1.029                                    | 0.79   |
| 1973   | 0.899                           | 1.141                   |                                      | 0.899                                    | 1.026  |
| 1974   | 1.054                           | 0.949                   | 1                                    | 1.054                                    | 1.001  |
| 1975   | 0.976                           | 1.08                    | 1                                    | 0.976                                    | 1.054  |
| 1978   | 0.99                            | 0.924                   | 1                                    | 0.99                                     | 0.915  |
| 1979   | 0.897                           | 0.955                   | 1                                    | 0.897                                    | 0.856  |
| 1980   | 0.974                           | 0.809                   | 1                                    | 0.974                                    | 0.787  |
| 1981   | 1.133                           | 1.215                   | 1                                    | 1.133                                    | 1.377  |
| 1982   | 1.069                           | 0.594                   | 1                                    | 1.069                                    | 0.635  |
| 1983   | 0.922                           | 1.376                   | 1                                    | 0.922                                    | 1.269  |
| 1984   | 0.989                           | 1.052                   | 1                                    | 0.989                                    | 1.04   |
| 1985   | 0.967                           | 1.008                   | 1                                    | 0.967                                    | 0.975  |
| 1986   | 1.12                            | 1.041                   | 1                                    | 1.12                                     | 1.166  |
| 1987   | 0.828                           | 0.648                   | 1                                    | 0.828                                    | 0.536  |
| 1990   | 1.013                           | 0.158                   | 1                                    | 1.013                                    | 0.16   |
| 1992   | 0.907                           | 2.134                   | 1                                    | 0.907                                    | 1.936  |
| 1993   | 1                               | 1.14                    | 1                                    | 1  | 1.141  |
| 1994   | 1.091                           | 0.79                    | 1                                    | 1.091                                    | 0.862  |
| 1995   | 0.939                           | 1.256                   | 1                                    | 0.939                                    | 1.18   |
| 1996   | 0.927                           | 0.495                   | 1                                    | 0.927                                    | 0.459  |
| 1998   | 1.09                            | 0.676                   | 1                                    | 1.09                                     | 0.737  |
| 1999   | 1.03                            | 0.818                   | 1                                    | 1.03                                     | 0.842  |

Continuación tabla anexo No. 1

|       |       |       |   |       |       |
|-------|-------|-------|---|-------|-------|
| 2000  | 0.942 | 1.134 | 1 | 0.942 | 1.068 |
| 2001  | 1.02  | 1.212 | 1 | 1.02  | 1.236 |
| 2003  | 1.032 | 0.539 | 1 | 1.032 | 0.556 |
| 2004  | 0.992 | 0.735 | 1 | 0.992 | 0.729 |
| 2005  | 1.103 | 0.987 | 1 | 1.103 | 1.088 |
| 2006  | 0.983 | 0.923 | 1 | 0.983 | 0.908 |
| 2007  | 0.969 | 0.979 | 1 | 0.969 | 0.949 |
| 2008  | 1.063 | 0.865 | 1 | 1.063 | 0.919 |
| 2009  | 1     | 1.655 | 1 | 1     | 1.655 |
| 2010  | 0.904 | 0.819 | 1 | 0.904 | 0.74  |
| 2011  | 1.097 | 1.06  | 1 | 1.097 | 1.163 |
| 2013  | 1     | 0.548 | 1 | 1     | 0.548 |
| 2014  | 1     | 0.67  | 1 | 1     | 0.67  |
| Prom. | 1.001 | 1.095 | 1 | 1.001 | 1.097 |

Fuente: elaboración propia

## Anexo. No. 2 Tabla de panel de datos

| AÑO  | Rubro           |   | Año | Producción | Área   | Rendimiento | Semilla | Mano de obra | Radiación solar |
|------|-----------------|---|-----|------------|--------|-------------|---------|--------------|-----------------|
| 1961 | Arroz, cascara  | 1 | 1   | 38659      | 23700  | 16312       | 2034    | 553.8        | 23.65           |
|      | Frijoles, secos | 2 | 1   | 39500      | 51600  | 7655        | 1725    | 553.8        | 23.65           |
|      | Maiz            | 3 | 1   | 140200     | 165300 | 8482        | 3462    | 553.8        | 23.65           |
| 1962 | Arroz, cascara  | 1 | 2   | 36848      | 22600  | 16304       | 1935    | 559.2        | 14.39           |
|      | Frijoles, secos | 2 | 2   | 35800      | 47904  | 7473        | 1724    | 559.2        | 14.39           |
|      | Maiz            | 3 | 2   | 149900     | 173100 | 8660        | 3210    | 559.2        | 14.39           |
| 1963 | Arroz, cascara  | 1 | 3   | 46600      | 21500  | 21674       | 2025    | 579.9        | 12.25           |
|      | Frijoles, secos | 2 | 3   | 40349      | 47900  | 8424        | 1994    | 579.9        | 12.25           |
|      | Maiz            | 3 | 3   | 142378     | 160500 | 8871        | 3490    | 579.9        | 12.25           |
| 1964 | Arroz, cascara  | 1 | 4   | 48400      | 22500  | 21511       | 2241    | 610.1        | 12.58           |
|      | Frijoles, secos | 2 | 4   | 45098      | 55400  | 8140        | 2117    | 610.1        | 12.58           |
|      | Maiz            | 3 | 4   | 158100     | 174500 | 9060        | 3908    | 610.1        | 12.58           |
| 1965 | Arroz, cascara  | 1 | 5   | 53500      | 24900  | 21486       | 2367    | 660.5        | 9.93            |
|      | Frijoles, secos | 2 | 5   | 49000      | 58800  | 8333        | 2264    | 660.5        | 9.93            |
|      | Maiz            | 3 | 5   | 171300     | 195400 | 8767        | 3950    | 660.5        | 9.93            |
| 1966 | Arroz, cascara  | 1 | 6   | 63200      | 26300  | 24030       | 2295    | 677.9        | 7.74            |
|      | Frijoles, secos | 2 | 6   | 52500      | 62900  | 8347        | 2362    | 677.9        | 7.74            |
|      | Maiz            | 3 | 6   | 176000     | 197500 | 8911        | 4552    | 677.9        | 7.74            |
| 1967 | Arroz, cascara  | 1 | 7   | 68000      | 25500  | 26667       | 2853    | 688.1        | 10.26           |
|      | Frijoles, secos | 2 | 7   | 55000      | 65600  | 8384        | 2398    | 688.1        | 10.26           |
|      | Maiz            | 3 | 7   | 202300     | 227600 | 8888        | 4832    | 688.1        | 10.26           |
| 1968 | Arroz, cascara  | 1 | 8   | 86800      | 31700  | 27382       | 2261    | 639.2        | 11.98           |
|      | Frijoles, secos | 2 | 8   | 55900      | 66600  | 8393        | 2362    | 639.2        | 11.98           |
|      | Maiz            | 3 | 8   | 215900     | 241600 | 8936        | 5132    | 639.2        | 11.98           |
| 1969 | Arroz, cascara  | 1 | 9   | 67483      | 25125  | 26859       | 2273    | 674.4        | 13.49           |
|      | Frijoles, secos | 2 | 9   | 54900      | 65600  | 8369        | 2210    | 674.4        | 13.49           |
|      | Maiz            | 3 | 9   | 233700     | 256600 | 9108        | 5172    | 674.4        | 13.49           |
| 1970 | Arroz, cascara  | 1 | 10  | 80739      | 25253  | 31972       | 2354    | 555.1        | 11.37           |
|      | Frijoles, secos | 2 | 10  | 56110      | 61390  | 9140        | 2240    | 555.1        | 11.37           |

Continuación tabla anexo No. 2

|      |                 |   |    |        |        |       |      |         |       |
|------|-----------------|---|----|--------|--------|-------|------|---------|-------|
|      | Maiz            | 3 | 10 | 236200 | 258600 | 9134  | 5316 | 555.1   | 11.37 |
| 1971 | Arroz, cascara  | 1 | 11 | 81784  | 26155  | 31269 | 2354 | 619.6   | 11.98 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 11 | 56869  | 62230  | 9139  | 2192 | 619.6   | 11.98 |
|      | Maiz            | 3 | 11 | 242700 | 265800 | 9131  | 4222 | 619.6   | 11.98 |
| 1972 | Arroz, cascara  | 1 | 12 | 74262  | 26159  | 28389 | 2254 | 640.5   | 11.26 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 12 | 43235  | 60900  | 7099  | 1691 | 640.5   | 11.26 |
|      | Maiz            | 3 | 12 | 130800 | 211100 | 6196  | 4107 | 640.5   | 11.26 |
| 1973 | Arroz, cascara  | 1 | 13 | 78481  | 25041  | 31341 | 2659 | 692.5   | 12.61 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 13 | 34164  | 46970  | 7274  | 2344 | 692.5   | 12.61 |
|      | Maiz            | 3 | 13 | 191190 | 205356 | 9310  | 5236 | 692.5   | 12.61 |
| 1974 | Arroz, cascara  | 1 | 14 | 79971  | 29543  | 27069 | 2659 | 790.1   | 17.03 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 14 | 46584  | 65100  | 7156  | 2021 | 790.1   | 17.03 |
|      | Maiz            | 3 | 14 | 203044 | 261800 | 7756  | 4176 | 790.1   | 17.03 |
| 1975 | Arroz, cascara  | 1 | 15 | 89000  | 29540  | 30129 | 1899 | 948.6   | 19.61 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 15 | 44270  | 56140  | 7886  | 2432 | 948.6   | 19.61 |
|      | Maiz            | 3 | 15 | 192105 | 208810 | 9200  | 4533 | 948.6   | 19.61 |
| 1976 | Arroz, cascara  | 1 | 16 | 56641  | 21102  | 26842 | 2205 | 980.0   | 13.91 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 16 | 54156  | 67550  | 8017  | 2218 | 980.0   | 13.91 |
|      | Maiz            | 3 | 16 | 201080 | 226660 | 8871  | 4245 | 980.0   | 13.91 |
| 1977 | Arroz, cascara  | 1 | 17 | 76203  | 24500  | 31103 | 2526 | 1,088.0 | 12.93 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 17 | 41165  | 61600  | 6683  | 2394 | 1,088.0 | 12.93 |
|      | Maiz            | 3 | 17 | 181330 | 212240 | 8544  | 4550 | 1,088.0 | 12.93 |
| 1978 | Arroz, cascara  | 1 | 18 | 85246  | 28070  | 30369 | 3235 | 1,303.0 | 11.88 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 18 | 55480  | 66500  | 8343  | 1920 | 1,303.0 | 11.88 |
|      | Maiz            | 3 | 18 | 254150 | 227500 | 11171 | 3360 | 1,303.0 | 11.88 |
| 1979 | Arroz, cascara  | 1 | 19 | 114605 | 35948  | 31881 | 2935 | 1,301.0 | 16.92 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 19 | 28873  | 53337  | 5413  | 1955 | 1,301.0 | 16.92 |
|      | Maiz            | 3 | 19 | 172700 | 168017 | 10279 | 3234 | 1,301.0 | 16.92 |
| 1980 | Arroz, cascara  | 1 | 20 | 112000 | 32614  | 34341 | 3741 | 1,738.0 | 14.47 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 20 | 28395  | 54294  | 5230  | 3205 | 1,738.0 | 14.47 |
|      | Maiz            | 3 | 20 | 181605 | 161698 | 11231 | 4116 | 1,738.0 | 14.47 |

Continuación tabla anexo No. 2

|      |                    |   |    |        |        |       |      |               |       |
|------|--------------------|---|----|--------|--------|-------|------|---------------|-------|
| 1981 | Arroz,<br>cascara  | 1 | 21 | 163826 | 41568  | 39412 | 3835 | 2,302.0       | 11.1  |
|      | Frijoles,<br>secos | 2 | 21 | 59152  | 89014  | 6645  | 2465 | 2,302.0       | 11.1  |
|      | Maiz               | 3 | 21 | 193154 | 205811 | 9385  | 4116 | 2,302.0       | 11.1  |
| 1982 | Arroz,<br>cascara  | 1 | 22 | 48400  | 22500  | 21511 | 3956 | 2,610.0       | 16.29 |
|      | Frijoles,<br>secos | 2 | 22 | 45098  | 55400  | 8140  | 3180 | 2,610.0       | 16.29 |
|      | Maiz               | 3 | 22 | 158100 | 174500 | 9060  | 3284 | 2,610.0       | 16.29 |
| 1983 | Arroz,<br>cascara  | 1 | 23 | 171000 | 43951  | 38907 | 3692 | 2,692.0       | 22.41 |
|      | Frijoles,<br>secos | 2 | 23 | 56400  | 88340  | 6384  | 2971 | 2,692.0       | 22.41 |
|      | Maiz               | 3 | 23 | 163411 | 164220 | 9951  | 3725 | 2,692.0       | 22.41 |
| 1984 | Arroz,<br>cascara  | 1 | 24 | 138000 | 41020  | 33642 | 3673 | 2,636.0       | 18.52 |
|      | Frijoles,<br>secos | 2 | 24 | 57950  | 82530  | 7022  | 2603 | 2,636.0       | 18.52 |
|      | Maiz               | 3 | 24 | 204869 | 186270 | 10998 | 3786 | 2,636.0       | 18.52 |
| 1985 | Arroz,<br>cascara  | 1 | 25 | 143992 | 40810  | 35284 | 3295 | 2,843.0       | 18.82 |
|      | Frijoles,<br>secos | 2 | 25 | 46358  | 72310  | 6411  | 3588 | 2,843.0       | 18.82 |
|      | Maiz               | 3 | 25 | 207800 | 189280 | 10978 | 2636 | 2,843.0       | 18.82 |
| 1986 | Arroz,<br>cascara  | 1 | 26 | 111770 | 36610  | 30530 | 3503 | 7,181.0       | 13.72 |
|      | Frijoles,<br>secos | 2 | 26 | 59340  | 99680  | 5953  | 2434 | 7,181.0       | 13.72 |
|      | Maiz               | 3 | 26 | 192396 | 131810 | 14596 | 3156 | 7,181.0       | 13.72 |
| 1987 | Arroz,<br>cascara  | 1 | 27 | 127980 | 38920  | 32883 | 3459 | 27,920.0      | 12.48 |
|      | Frijoles,<br>secos | 2 | 27 | 34044  | 67620  | 5035  | 3873 | 27,920.0      | 12.48 |
|      | Maiz               | 3 | 27 | 216365 | 157780 | 13713 | 3657 | 27,920.0      | 12.48 |
| 1988 | Arroz,<br>cascara  | 1 | 28 | 111468 | 38430  | 29005 | 3560 | 137,203.<br>0 | 10.94 |
|      | Frijoles,<br>secos | 2 | 28 | 56497  | 107590 | 5251  | 3805 | 137,203.<br>0 | 10.94 |
|      | Maiz               | 3 | 28 | 283400 | 182840 | 15500 | 4456 | 137,203.<br>0 | 10.94 |
| 1989 | Arroz,<br>cascara  | 1 | 29 | 104310 | 39550  | 26374 | 4133 | 9,487.0       | 12.71 |
|      | Frijoles,<br>secos | 2 | 29 | 62523  | 105700 | 5915  | 4057 | 9,487.0       | 12.71 |
|      | Maiz               | 3 | 29 | 302310 | 222810 | 13568 | 4570 | 9,487.0       | 12.71 |
| 1990 | Arroz,<br>cascara  | 1 | 30 | 120890 | 45920  | 26326 | 2677 | 759,429.<br>0 | 19.46 |
|      | Frijoles,<br>secos | 2 | 30 | 71309  | 112700 | 6327  | 4047 | 759,429.<br>0 | 19.46 |

Continuación tabla anexo No. 2

|      |                 |   |    |        |        |        |       |              |       |
|------|-----------------|---|----|--------|--------|--------|-------|--------------|-------|
|      | Maiz            | 3 | 30 | 293030 | 228480 | 12825  | 7268  | 759,429.0    | 19.46 |
| 1991 | Arroz, cascara  | 1 | 31 | 131150 | 40320  | 32527  | 2438  | 49,697,509.1 | 16.25 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 31 | 71824  | 112420 | 6389   | 3626  | 49,697,509.1 | 16.25 |
|      | Maiz            | 3 | 31 | 198900 | 194460 | 10228  | 7268  | 49,697,509.1 | 16.25 |
| 1992 | Arroz, cascara  | 1 | 32 | 154000 | 52640  | 29255  | 2498  | 492.1        | 23.43 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 32 | 64400  | 100730 | 6393   | 4127  | 492.1        | 23.43 |
|      | Maiz            | 3 | 32 | 252000 | 191940 | 13129  | 7098  | 492.1        | 23.43 |
| 1993 | Arroz, cascara  | 1 | 33 | 201201 | 56756  | 35450  | 3432  | 741.4        | 16.48 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 33 | 76764  | 114628 | 6697   | 4064  | 741.4        | 16.48 |
|      | Maiz            | 3 | 33 | 284364 | 218126 | 13037  | 6711  | 741.4        | 16.48 |
| 1994 | Arroz, cascara  | 1 | 34 | 189056 | 58121  | 32528  | 3404  | 716.1        | 15.04 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 34 | 73500  | 112898 | 6510   | 4965  | 716.1        | 15.04 |
|      | Maiz            | 3 | 34 | 241310 | 195132 | 12367  | 11684 | 716.1        | 15.04 |
| 1995 | Arroz, cascara  | 1 | 35 | 232456 | 62683  | 37084  | 4425  | 849.4        | 18.11 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 35 | 87795  | 137917 | 6366   | 4300  | 849.4        | 18.11 |
|      | Maiz            | 3 | 35 | 330845 | 278762 | 11868  | 9285  | 849.4        | 18.11 |
| 1996 | Arroz, cascara  | 1 | 36 | 230323 | 67355  | 67355  | 6707  | 936.4        | 12.65 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 36 | 74873  | 119439 | 119439 | 4842  | 936.4        | 12.65 |
|      | Maiz            | 3 | 36 | 322877 | 277855 | 277855 | 10612 | 936.4        | 12.65 |
| 1997 | Arroz, cascara  | 1 | 37 | 256588 | 74613  | 34389  | 6652  | 1,066.5      | 9.31  |
|      | Frijoles, secos | 2 | 37 | 71527  | 134507 | 5318   | 6790  | 1,066.5      | 9.31  |
|      | Maiz            | 3 | 37 | 264068 | 232171 | 11374  | 9016  | 1,066.5      | 9.31  |
| 1998 | Arroz, cascara  | 1 | 38 | 290250 | 83573  | 34730  | 6320  | 1,244.8      | 8.42  |
|      | Frijoles, secos | 2 | 38 | 149076 | 188600 | 7904   | 7420  | 1,244.8      | 8.42  |
|      | Maiz            | 3 | 38 | 300469 | 251632 | 11941  | 9200  | 1,244.8      | 8.42  |
| 1999 | Arroz, cascara  | 1 | 39 | 205610 | 56226  | 36568  | 6532  | 1,392.4      | 12.01 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 39 | 134495 | 206115 | 6525   | 8014  | 1,392.4      | 12.01 |
|      | Maiz            | 3 | 39 | 290777 | 251938 | 11542  | 10111 | 1,392.4      | 12.01 |
| 2000 | Arroz, cascara  | 1 | 40 | 289600 | 92818  | 31201  | 9996  | 1,675.4      | 12.53 |



Continuación tabla anexo 2

|      |                 |   |    |        |        |       |       |         |       |
|------|-----------------|---|----|--------|--------|-------|-------|---------|-------|
|      | Frijoles, secos | 2 | 40 | 173177 | 222598 | 7780  | 8284  | 1,675.4 | 12.53 |
|      | Maiz            | 3 | 40 | 412195 | 325143 | 12677 | 13050 | 1,675.4 | 12.53 |
| 2001 | Arroz, cascara  | 1 | 41 | 246201 | 84082  | 29281 | 1417  | 1,891.8 | 15.08 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 41 | 176832 | 230100 | 7685  | 8982  | 1,891.8 | 15.08 |
|      | Maiz            | 3 | 41 | 419863 | 317090 | 13241 | 12162 | 1,891.8 | 15.08 |
| 2002 | Arroz, cascara  | 1 | 42 | 293456 | 92128  | 31853 | 1895  | 2,046.7 | 12.92 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 42 | 196943 | 249498 | 7894  | 10406 | 2,046.7 | 12.92 |
|      | Maiz            | 3 | 42 | 499455 | 373595 | 13369 | 12793 | 2,046.7 | 12.92 |
| 2003 | Arroz, cascara  | 1 | 43 | 297530 | 92972  | 32002 | 2341  | 2,297.7 | 13.11 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 43 | 230338 | 289067 | 7968  | 8339  | 2,297.7 | 13.11 |
|      | Maiz            | 3 | 43 | 588599 | 393474 | 14959 | 11403 | 2,297.7 | 13.11 |
| 2004 | Arroz, cascara  | 1 | 44 | 258510 | 73644  | 35103 | 1960  | 2,532.7 | 21.75 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 44 | 173240 | 231648 | 7479  | 9729  | 2,532.7 | 21.75 |
|      | Maiz            | 3 | 44 | 443730 | 323191 | 13730 | 10028 | 2,532.7 | 21.75 |
| 2005 | Arroz, cascara  | 1 | 45 | 316713 | 95667  | 33106 | 1872  | 2,633.8 | 13.39 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 45 | 211907 | 270255 | 7841  | 8227  | 2,633.8 | 13.39 |
|      | Maiz            | 3 | 45 | 555595 | 396256 | 14021 | 23391 | 2,633.8 | 13.39 |
| 2006 | Arroz, cascara  | 1 | 46 | 319569 | 87812  | 36392 | 1872  | 2,718.5 | 13.49 |
|      | Frijoles, secos | 2 | 46 | 179735 | 228518 | 7865  | 8336  | 2,718.5 | 13.49 |
|      | Maiz            | 3 | 46 | 501890 | 343160 | 14626 | 24017 | 2,718.5 | 13.49 |
| 2007 | Arroz, cascara  | 1 | 47 | 269869 | 68352  | 39482 | 1900  | 2,769.8 | 8.46  |
|      | Frijoles, secos | 2 | 47 | 170448 | 231558 | 7361  | 8610  | 2,769.8 | 8.46  |
|      | Maiz            | 3 | 47 | 486672 | 353263 | 13776 | 21650 | 2,769.8 | 8.46  |
| 2008 | Arroz, cascara  | 1 | 48 | 285066 | 71169  | 40055 | 2000  | 2,962.9 | 7.48  |
|      | Frijoles, secos | 2 | 48 | 176655 | 239165 | 7386  | 8949  | 2,962.9 | 7.48  |
|      | Maiz            | 3 | 48 | 423881 | 318435 | 13311 | 23400 | 2,962.9 | 7.48  |
| 2009 | Arroz, cascara  | 1 | 49 | 334516 | 73755  | 45355 | 2400  | 3,279.6 | 6.92  |
|      | Frijoles, secos | 2 | 49 | 213464 | 248592 | 8587  | 7794  | 3,279.6 | 6.92  |
|      | Maiz            | 3 | 49 | 522024 | 334528 | 15605 | 24000 | 3,279.6 | 6.92  |
| 2010 | Arroz, cascara  | 1 | 50 | 453990 | 88314  | 51406 | 2600  | 3,552.3 | 3.93  |
|      | Frijoles, secos | 2 | 50 | 150837 | 216490 | 6967  | 10902 | 3,552.3 | 3.93  |
|      | Maiz            | 3 | 50 | 456974 | 341194 | 13393 | 25700 | 3,552.3 | 3.93  |
| 2011 | Arroz, cascara  | 1 | 51 | 413321 | 100377 | 41177 | 2400  | 3,595.8 | 5.96  |
|      | Frijoles, secos | 2 | 51 | 231910 | 302827 | 7658  | 10617 | 3,595.8 | 5.96  |
|      | Maiz            | 3 | 51 | 504079 | 357488 | 14101 | 23700 | 3,595.8 | 5.96  |

Continuación tabla anexo No. 2

|      |                    |   |    |        |        |       |       |         |      |
|------|--------------------|---|----|--------|--------|-------|-------|---------|------|
| 2012 | Arroz,<br>cascara  | 1 | 52 | 418656 | 110892 | 37753 | 2300  | 4,047.3 | 7.48 |
|      | Frijoles,<br>secos | 2 | 52 | 239864 | 294925 | 8133  | 10143 | 4,047.3 | 7.48 |
|      | Maiz               | 3 | 52 | 465293 | 344850 | 13493 | 22800 | 4,047.3 | 7.48 |
| 2013 | Arroz,<br>cascara  | 1 | 53 | 377470 | 90819  | 41563 | 2400  | 4,247.0 | 9.06 |
|      | Frijoles,<br>secos | 2 | 53 | 262809 | 281736 | 9328  | 10152 | 4,247.0 | 9.06 |
|      | Maiz               | 3 | 53 | 545938 | 331829 | 16452 | 26000 | 4,247.0 | 9.06 |
| 2014 | Arroz,<br>cascara  | 1 | 54 | 385000 | 95000  | 40526 | 2448  | 4,541.4 | 7.58 |
|      | Frijoles,<br>secos | 2 | 54 | 183600 | 237230 | 7739  | 7092  | 4,541.4 | 7.58 |
|      | Maiz               | 3 | 54 | 368000 | 300000 | 12267 | 17525 | 4,541.4 | 7.58 |

**Anexo No. 3. Evolución de las áreas cosechadas y los rendimientos productivos de los rubros arroz, frijol y maíz. Período 1961 – 20141.**

| Área (Ha)       | 1961   | 1962   | 1963   | 1964   | 1965   | 1966   | 1967   | 1968   | 1969   | 1970   | 1971   | 1972   | 1973   | 1974   |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Arroz cáscara   | 23700  | 22600  | 21500  | 22500  | 24900  | 26300  | 25500  | 31700  | 25125  | 25253  | 26155  | 26159  | 25041  | 29543  |
| Frijol seco     | 51600  | 47904  | 47900  | 55400  | 58800  | 62900  | 65600  | 66600  | 65600  | 61390  | 62230  | 60900  | 46970  | 65100  |
| Maiz            | 165300 | 173100 | 160500 | 174500 | 195400 | 197500 | 227600 | 241600 | 256600 | 258600 | 265800 | 211100 | 205356 | 261800 |
|                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Producción (Tn) | 1961   | 1962   | 1963   | 1964   | 1965   | 1966   | 1967   | 1968   | 1969   | 1970   | 1971   | 1972   | 1973   | 1974   |
| Arroz cáscara   | 38659  | 36848  | 46600  | 48400  | 53500  | 63200  | 68000  | 86800  | 67483  | 80739  | 81784  | 74262  | 78481  | 79971  |
| Frijol seco     | 39500  | 35800  | 40349  | 45098  | 49000  | 52500  | 55000  | 55900  | 54900  | 56110  | 56869  | 43235  | 34164  | 46584  |
| Maiz            | 140200 | 149900 | 142378 | 158100 | 171300 | 176000 | 202300 | 215900 | 233700 | 236200 | 242700 | 130800 | 191190 | 203044 |

Fuente: elaboración propia con base en datos FAOSTAT

| Area (Ha)       | 1975   | 1976   | 1977   | 1978   | 1979   | 1980   | 1981   | 1982   | 1983   | 1984   | 1985   | 1986   | 1987   | 1988   |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Arroz cáscara   | 29540  | 21102  | 24500  | 28070  | 35948  | 32614  | 41568  | 42610  | 43951  | 41020  | 40810  | 36610  | 38920  | 38430  |
| Frijol seco     | 56140  | 67550  | 61600  | 66500  | 53337  | 54294  | 89014  | 68471  | 88340  | 82530  | 72310  | 99680  | 67620  | 107590 |
| Maiz            | 208810 | 226660 | 212240 | 227500 | 168017 | 161698 | 205811 | 205800 | 164220 | 186270 | 189280 | 131810 | 157780 | 182840 |
|                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Producción (Tn) | 1975   | 1976   | 1977   | 1978   | 1979   | 1980   | 1981   | 1982   | 1983   | 1984   | 1985   | 1986   | 1987   | 1988   |
| Arroz cáscara   | 89000  | 56641  | 76203  | 85246  | 114605 | 112000 | 163826 | 176267 | 171000 | 138000 | 143992 | 111770 | 127980 | 111468 |
| Frijol seco     | 44270  | 54156  | 41165  | 55480  | 28873  | 28395  | 59152  | 47384  | 56400  | 57950  | 46358  | 59340  | 34044  | 56497  |
| Maiz            | 192105 | 201080 | 181330 | 254150 | 172700 | 181605 | 193154 | 190495 | 163411 | 204869 | 207800 | 192396 | 216365 | 283400 |

Fuente: elaboración propia con base en datos FAOSTAT

Continuación tabla anexo No. 3

| Área (Ha)       | 1989   | 1990   | 1991   | 1992   | 1993   | 1994   | 1995   | 1996   | 1997   | 1998   | 1999   | 2000   | 2001   | 2002   |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Arroz cáscara   | 39550  | 45920  | 40320  | 52640  | 56756  | 58121  | 62683  | 67355  | 74613  | 83573  | 56226  | 92818  | 84082  | 92128  |
| Frijol seco     | 105700 | 112700 | 112420 | 100730 | 114628 | 112898 | 137917 | 119439 | 134507 | 188600 | 206115 | 222598 | 230100 | 249498 |
| Maiz            | 222810 | 228480 | 194460 | 191940 | 218126 | 195132 | 278762 | 277855 | 232171 | 251632 | 251938 | 325143 | 317090 | 373595 |
|                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Producción (Tn) | 1989   | 1990   | 1991   | 1992   | 1993   | 1994   | 1995   | 1996   | 1997   | 1998   | 1999   | 2000   | 2001   | 2002   |
| Arroz cáscara   | 104310 | 120890 | 131150 | 154000 | 201201 | 189056 | 232456 | 230323 | 256588 | 290250 | 205610 | 289600 | 246201 | 293456 |
| Frijol seco     | 62523  | 71309  | 71824  | 64400  | 76764  | 73500  | 87795  | 74873  | 71527  | 149076 | 134495 | 173177 | 176832 | 196943 |
| Maiz            | 302310 | 293030 | 198900 | 252000 | 284364 | 241310 | 330845 | 322877 | 264068 | 300469 | 290777 | 412195 | 419863 | 499455 |

Fuente: elaboración propia con base en datos FAOSTAT

| Área (Ha)       | 2003       | 2004       | 2005   | 2006   | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   |
|-----------------|------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Arroz cáscara   | 92972      | 73644      | 95667  | 87812  | 68352  | 71169  | 73755  | 88314  | 100377 | 110892 | 90819  | 95000  |
| Frijol seco     | 28906<br>7 | 23164<br>8 | 270255 | 228518 | 231558 | 239165 | 248592 | 216490 | 302827 | 294925 | 281736 | 237230 |
| Maiz            | 39347<br>4 | 32319<br>1 | 396256 | 343160 | 353263 | 318435 | 334528 | 341194 | 357488 | 344850 | 331829 | 300000 |
| Producción (Tn) | 2003       | 2004       | 2005   | 2006   | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   |
| Arroz cáscara   | 29753<br>0 | 25851<br>0 | 316713 | 319569 | 269869 | 285066 | 334516 | 453990 | 413321 | 418656 | 377470 | 385000 |
| Frijol seco     | 23033<br>8 | 17324<br>0 | 211907 | 179735 | 170448 | 176655 | 213464 | 150837 | 231910 | 239864 | 262809 | 183600 |
| Maiz            | 58859<br>9 | 44373<br>0 | 555595 | 501890 | 486672 | 423881 | 522024 | 456974 | 504079 | 465293 | 545938 | 368000 |

Fuente: elaboración propia con base en datos FAOSTAT

