

**COMPETITIVIDAD DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR AZUCARERO DEL  
VALLE DEL CAUCA PERIODO 2005-2008, UNA APLICACIÓN DE LA  
FRONTERA EFICIENTE**

PAULA ANDREA GUZMAN DIAZ  
MARYSOL VERA GALINDO

DIRECTOR  
JULIO CESAR MILLAN SOLARTE  
Profesor Universidad del Valle

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION  
CONTADURIA PÚBLICA  
PALMIRA  
2011

**COMPETITIVIDAD DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR AZUCARERO DEL  
VALLE DEL CAUCA PERIODO 2005-2008, UNA APLICACIÓN DE LA  
FRONTERA EFICIENTE**

PAULA ANDREA GUZMAN DIAZ  
MARYSOL VERA GALINDO

Tesis presentada como requisito  
para optar el título en Contaduría  
Pública de la Universidad del  
Valle.

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION  
CONTADURIA PÚBLICA  
PALMIRA  
2011

A mi hijo Santiago ese ser tan especial que Dios envió a mi vida, quien es la luz de mi camino y quien me motiva a ser siempre mejor; por su gran amor, ternura, comprensión y espontaneidad. Gracias por todos los grandes momentos que has traído a mi vida. Te amo.

Paula Andrea Guzmán Díaz

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por todas las bendiciones que le ha dado a mi vida, en especial esa llamada hijo.

A mi hijo por ser la razón y el impulso en este transitar del mundo llamado vida. Por su amor, paciencia y comprensión en los momentos de ausencia.

A mi madre por toda su dedicación y apoyo en el transcurso de mi vida, quien con sus enseñanzas me ha convertido en la persona que soy hoy y ha contribuido a que logre culminar esta etapa.

A mis hermanos por su apoyo, sé que puedo contar con ustedes.

A Armando por brindarme su apoyo y haberme impulsado a iniciar esta etapa que hoy puedo culminar satisfactoriamente, gracias por ser sobre todas las cosas mi amigo.

A mi compañera Marysol, por ser más que compañera una gran amiga, por todo su apoyo, porque no pude tener a alguien mejor a mi lado para hacer posible este trabajo y la culminación de esta etapa.

A la universidad y todos los docentes por todas sus enseñanzas y conocimientos transmitidos.

A nuestro tutor Julio Cesar Millán, por ser nuestro guía, con sus enseñanzas y conocimientos, con su tiempo y dedicación hizo posible el desarrollo de este trabajo.

A todos mis amigos quienes me rodearon y acompañaron en esta etapa.

Paula Andrea Guzmán Díaz

Señor y Dios mío, el camino de la vida es fácil de recorrer si sigo tus huellas, las vicisitudes desaparecen al estar en tu regazo, y una sola hoja no se mueve sin tu voluntad. Por eso quiero poner en tus santas manos, humildemente este trabajo para ofrecértelo y darte las gracias, porque en tu infinita bondad haz permitido que fructifique y al mismo tiempo me haz concedido culminar esta meta en el camino de la superación profesional.

Con mucho cariño a mi hija valentina, como un tributo por todas esas horas que tuve que quitarle para poder estudiar. Pero, quiero decirle que en cada hora que no pase a su lado, había en mi corazón ansiedad por estar contigo y gozar cada una de tus inquietudes y travesuras. Te amo.

Marysol Vera Galindo

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios todopoderoso por ser mi creador, por no haber dejado que me rinda en ningún momento e iluminarme para salir adelante, porque todo lo que tengo, lo que puedo y lo que recibo es regalo que él me ha dado.

Agradezco a mi hija por ser el motor de mi vida, por todos esos momentos que sacrificaste a lo largo de mi carrera, por su amor y por ser mi motivación, fuerza y templanza.

Agradezco a mi madre que da su vida, sacrificándose sin límite por sus hijos y esposo sin escatimar jamás esfuerzo alguno. Porque me enseñó cada minuto a amar, valorar y disfrutar con alegría la vida. A mi padre, por su mano firme y dura pero al mismo tiempo amoroso y tierno para construir las bases que sustentan mi existencia. Y a ambos por enseñarme el camino familiar y de superación profesional.

Agradezco a mis hermanas y mi sobrino por la compañía y el apoyo que me brindan. Sé que cuento con ustedes siempre.

Agradezco a toda mi familia ya que estuvieron apoyándome a lo largo de mi carrera y dándome fuerzas para seguir adelante.

Agradezco a todos los docentes de la universidad del Valle por los conocimientos compartidos y enseñados para mi desarrollo profesional, en especial a mi Director de tesis Julio Cesar Millán por su guía y apoyo en todo el proyecto, porque nunca escatimó esfuerzo y tiempo para corregir y mejorar este trabajo, por sus valiosos

conocimientos siempre al servicio de nosotras, por ser un gran profesor y excelente ser humano.

Agradezco a mi compañera de tesis Paula por haber logrado juntas este triunfo, por su paciencia, comprensión, cariño y por ser una muy buena amiga.

Agradezco a mis amigos que siempre me apoyaron en todo y me dieron confianza en mí misma en todo momento y a todo aquel que de una u otra manera estuvieron pendientes del desarrollo de mi trabajo de graduación.

Marysol Vera Galindo



## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	6
1. JUSTIFICACIÓN.....	9
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. Objetivo General.....	15
3.2. Objetivos Específicos .....	15
4. ANTECEDENTES.....	16
5. MARCO DE REFERENCIA.....	20
5.1 Marco teórico .....	20
5.1.1 Competitividad .....	20
5.1.2 Eficiencia.....	24
5.1.3 Métodos de frontera eficiente .....	34
5.2 El sector azucarero .....	40
5.2.1 Desarrollo Económico .....	40
5.2.2 Investigación Y Desarrollo.....	40
5.2.3 Valor agregado.....	43
5.2.4 Comercio Exterior.....	43
5.3 Marco Conceptual.....	53
6. METODOLOGIA .....	56
6.1. Tipo de estudio .....	56
6.2. Población.....	57
6.3. Tamaño de la muestra .....	57
6.4. Recolección de la información .....	60
6.5. Técnicas de análisis de la información .....	61
6.6. Resultados .....	62

7. CONCLUSIONES ..... 74

8. BIBLIOGRAFIA..... 76

## TABLA DE GRAFICOS

Gráfico 1. Representación diagramática de la eficiencia técnica según Farrell (1957) .....	28
Gráfico 2. Representación diagramática de la eficiencia por asignación .....	29
Gráfico 3. Representación diagramática de la eficiencia técnica y por asignación a partir de la frontera de posibilidades .....	30
Gráfico 4. Comparación entre las medidas de eficiencia orientadas al producto o a los insumos .....	32
Gráfico 5. Representación de la construcción de las fronteras a partir de datos empíricos .....	33
Grafico 6. Área sembrada en caña de azúcar .....	42
Grafico 7. Distribución de exportaciones por tipo de azúcar 2000 – 2008.....	43
Grafico 8. Mapa del Valle del Cauca con la Ubicación de los ingenios utilizados en la muestra .....	60
Grafico 9. Frontera Eficiente para el año 2005 .....	64
Gráfico 10. Frontera eficiente para el año 2006.....	67
Grafico 11. Frontera Eficiente del año 2007.....	69
Gráfico 12. Frontera eficiente del año 2008.....	72

## INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Elementos de la competitividad.....	21
---	----

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación de la muestra seleccionada .....	59
Tabla 2. Relación de las variables seleccionadas .....	61
Tabla 3. Datos de inputs y outputs del año 2005 .....	62
Tabla 4. Frontera eficiente para el sector azucarero en el año 2005 .....	63
Tabla 5. Valores ideales para las DMU ineficientes en el año 2005 .....	64
Tabla 6. Datos de inputs y outputs del año 2006 .....	65
Tabla 7. Frontera eficiente para el sector azucarero en el año 2006 .....	65
Tabla 8. Valores ideales para las DMU ineficientes en el año 2006 .....	66
Tabla 9. Datos de inputs y outputs del año 2007 .....	67
Tabla 10. Frontera eficiente para el sector azucarero en el año 2007 .....	68
Tabla 11. Valores ideales para las DMU ineficientes en el año 2007 .....	69
Tabla 12. Datos de inputs y outputs para el año 2008 .....	70
Tabla 13. Frontera Eficiente para el sector azucarero en el año 2008 .....	70
Tabla 14. Valores ideales para las DMU ineficientes en el año 2008.....	71
Tabla 15. Comportamiento de las DMU ineficientes.....	73

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Balance general Carlos Sarmiento L. & CIA. ....	80
Anexo 2. Estado de resultados Carlos Sarmiento L. & CIA. ....	82
Anexo 3. Indicadores Carlos Sarmiento L. & CIA. ....	83
Anexo 4. Balance general Ingenio Carmelita S.A. ....	84
Anexo 5. Estado de resultados Ingenio Carmelita S.A. ....	86
Anexo 6. Indicadores Ingenio Carmelita S.A. ....	87
Anexo 7. Balance general Ingenio del Cauca S.A. ....	88
Anexo 8. Estado de resultados Ingenio del Cauca S.A. ....	90
Anexo 9. Indicadores Ingenio del Cauca S.A. ....	91
Anexo 10. Balance general Ingenio la Cabaña S.A. ....	92
Anexo 11. Estado de resultados Ingenio la Cabaña S.A. ....	94
Anexo 12. Indicadores Ingenio la Cabaña S.A. ....	95
Anexo 13. Balance general Ingenio María Luisa S.A. ....	96
Anexo 14. Estado de resultados Ingenio María Luisa S.A. ....	98
Anexo 15. Indicadores Ingenio María Luisa S.A. ....	99
Anexo 16. Balance general Ingenio Pichichi S.A. ....	100
Anexo 17. Estado de resultados Ingenio Pichichi S.A. ....	102
Anexo 18. Indicadores Ingenio Pichichi S.A. ....	103
Anexo 19. Balance general Ingenio Providencia S.A. ....	104
Anexo 20. Estado de resultados Ingenio Providencia S.A. ....	106
Anexo 21. Indicadores Ingenio Providencia S.A. ....	107
Anexo 22. Balance general Manuelita S.A. ....	108
Anexo 23. Estado de resultados Manuelita S.A. ....	110
Anexo 24. Indicadores Manuelita S.A. ....	111
Anexo 25. Balance general Mayagüez S.A. ....	112
Anexo 26. Estado de resultados Mayagüez S.A. ....	114

Anexo 27. Indicadores Mayagüez S.A.....	115
Anexo 28. Consolidado de Inputs y Outputs por cada DMU.....	116

## **RESUMEN**

En el presente estudio se aplica un análisis de eficiencia con una metodología no paramétrica DEA (Análisis Envolvente de Datos) sobre una muestra de 9 Ingenios azucareros ubicados en el Valle del Cauca, con el fin de analizar la competitividad de este sector en el periodo del 2005 al 2008 a partir de su información financiera; esta metodología se aplicó con el Software Matlab, con orientación bajo rendimientos de escala constantes como variables, utilizando los inputs: total de empleados, activos fijos, obligaciones financieras, capital y gastos financieros, y los outputs: producción y ventas. Los resultados muestran que las DMUs eficientes son más representativas, las cuales equivalen al 67% de la muestra durante los años 2005 y 2006, también se observa un incremento de esta proporción en un 4% durante los años 2007 y 2008, lo que muestra una mejor administración de los recursos, en la búsqueda de mayor eficiencia y competitividad. El análisis DEA permitió realizar un análisis de benchmarking basándose en las organizaciones que mejor operan o administran los recursos y obtienen mejores resultados en el grupo de empresas seleccionadas, lo que permite sugerir la mejora de los inputs utilizados por los ingenios identificados como ineficientes, al objeto de servir de guía para su gestión futura.

**PALABRAS CLAVES:** DEA (ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS, FRONTERA EFICIENTE, EFICIENCIA TÉCNICA



## INTRODUCCIÓN

Todos los procesos y operaciones que se llevan a cabo en las organizaciones implican transformación, adición de suministros y manipulación de materias primas, para convertirlos en bienes y/o servicios que los consumidores requieren. La transformación implica el uso de – inputs – insumos, mano de obra calificada, materiales, máquinas, energía, y otros recursos, y a su vez la generación de salidas – outputs - de productos terminados, servicios, la satisfacción del cliente, y otros resultados.

Consideremos por ejemplo las operaciones que se llevan a cabo en un hospital, los inputs incluyen a los médicos, las enfermeras, los suministros médicos, los equipos, los laboratorios, las camas y otros recursos, y los resultados –outputs- incluyen el número de pacientes atendidos, el número de internos y residentes tratados y otros.

Los Gerentes a menudo están interesados en evaluar que tan eficiente son los diversos procesos y operaciones que se ejecutan con respecto a las variables empleadas (entradas y salidas). Por ejemplo, si se analiza la cadena de suministro entre comprador y vendedor, el comprador puede estar interesado en comparar el desempeño de varios vendedores con respecto al tiempo de respuesta, los costos, la flexibilidad, el servicio al cliente, la calidad y atención personalizada. La eliminación o la mejoría de operaciones y/o procesos ineficientes disminuyen el costo de los insumos (inputs) y aumenta la productividad. La evaluación del desempeño y el análisis comparativo (benchmarking<sup>1</sup>) de las

---

<sup>1</sup> El benchmarking es un anglicismo que, en administración de empresas, puede definirse como un proceso sistemático y continuo para evaluar comparativamente los productos, servicios y procesos de trabajo en organizaciones. Consiste en tomar "comparadores" o benchmarks a aquellos productos, servicios y procesos

operaciones/procesos de las empresas ayuda a que estas puedan llegar a ser más productivas y eficientes.

A través de la evaluación del desempeño, se puede entre otras cosas: (i) poner de manifiesto las fortalezas y debilidades de las operaciones, procesos y actividades empresariales, (ii) preparar mejor la empresa para satisfacer las necesidades y requerimientos de los clientes, e (iii) identificar oportunidades para mejorar las operaciones y los procesos actuales, y crear nuevos productos, servicios y procedimientos.

La evaluación del desempeño es un instrumento importante de mejora continua, una herramienta para mantenerse competitivo y juega un papel importante en un mundo altamente tecnificado, que utiliza intensivamente los equipos de cómputo y las telecomunicaciones, un mundo en donde la competencia es agresiva y crece todos los días.

La evaluación del desempeño y el análisis comparativo posibilitan y vigorizan cualquier unidad de negocios a evolucionar y mejorar constantemente con el fin de sobrevivir y prosperar en un ambiente de negocios muy competitivo y globalizado, proceso que ha generado diversas transformaciones a nivel mundial, del cual no ha sido ajeno nuestro país y en especial la región del Valle del Cauca, cuyo principal producto es el azúcar aportando el 97% (López, 2008) de la producción a nivel nacional, sector que se ha enfocado en tener una política exportadora que permita promover su participación en otros mercados; proceso para el cual se hace necesario contar con medios suficientes que permitan ir a la par de otras organizaciones y así cumplir las expectativas o necesidades del mercado tanto interno como externo, o de lo contrario correr el riesgo de quedar rezagado frente a la competencia y que por último esto conlleve a la extinción total; todo esto hace necesario una evaluación crítica de la competitividad de las empresas definiendo

---

de trabajo que pertenezcan a organizaciones que evidencien las mejores prácticas sobre el área de interés, con el propósito de transferir el conocimiento de las mejores prácticas y su aplicación.

esta como la capacidad de toda organización, de mantener sistemáticamente ventajas comparativas que le permitan alcanzar, sostener y mejorar una determinada posición en el entorno socioeconómico; siendo por ende uno de los principales, sino, el principal objetivo de las organizaciones.

Y es aquí donde juega un papel importante la eficiencia en la búsqueda de la mayor productividad mediante el máximo aprovechamiento de los recursos, es decir, mediante el mínimo de costos. Siendo entonces la (ETR) Eficiencia Técnica Relativa uno de los componentes más importantes de la competitividad que permite el funcionamiento de todos los sectores de la economía nacional, donde la industria azucarera no es la excepción.

Dentro de esta investigación se busca evaluar el desempeño de una muestra de empresas del sector azucarero del Valle del Cauca, a partir de su información financiera; la cual será tomada de la base de datos de “Benchmark”, definiendo como parámetros las empresas ubicadas en esta región y que estas tengan como actividad principal la producción de azúcar.

## 1. JUSTIFICACIÓN

La competitividad como un elemento primordial para que las organizaciones sobrevivan en el mundo globalizado, hace fundamental realizar estudios sobre el comportamiento que tienen las empresas en el contexto. De acuerdo al concepto de eficiencia visto como la obtención de la máxima productividad a los mínimos costos de producción posibles y siendo esta uno de los objetivos principales de toda organización, se quiere enfocar este concepto en la realización del estudio de la competitividad del sector azucarero del Valle del Cauca, región donde se concentra y levanta el grueso de la agroindustria azucarera colombiana, produciendo el 97% (López, 2008) del azúcar nacional; en la región del Valle del Cauca la caña es prácticamente el único cultivo a escala industrial la cual se despliega a lo largo y ancho de 28 de sus municipios, un ejemplo de esto es Puerto Tejada, uno de los municipios más intensamente cultivados en caña, ésta ocupa el 89% del área total del municipio, el resto son cultivos tradicionales y zonas urbanizadas. En municipios como Candelaria, Florida, Pradera, Villarrica, Ortigal, Cabuyal la situación es más o menos similar y por lo mismo todos dependen en gran medida de los impuestos que pagan los ingenios azucareros.

No obstante, la importancia del sector azucarero en la economía de la región, ha sido poco explorado el tema y mínimos los análisis e indagaciones sobre competitividad y eficiencia mediante la técnica de frontera eficiente, técnica que se basa en la comparación de cada una de las empresas tomadas como muestra con respecto a el mejor productor, la cual busca dejar de lado la evaluación de la eficiencia por medio de la estadística tradicional que compara el desempeño de la empresa con el promedio del mercado; pues si se quiere mejorar se debe buscar y seguir al mejor. Se sustenta en la idea de que si un productor cualquiera puede lograr un nivel de resultados con un nivel de recursos, aunque éste no sea el

óptimo, todos los demás productores están en condiciones de hacer lo mismo o tomar medidas para mejorar sus resultados, con el fin de ser eficientes.

Y es aquí en este análisis comparativo donde juega un papel importante la técnica administrativa Benchmarking, herramienta que permite identificar a través de la información obtenida, que empresa es más productiva o eficiente en determinada práctica o proceso, aunque contraria a esta que observa cualquier empresa sin discriminar el sector, en este caso se hará identificando la líder en el sector azucarero, para que luego sean adoptadas y adaptadas por aquellas con menor desempeño y así les permita mejorar su nivel competitivo frente a esta.

A través del estudio se quiere brindar información a las empresas del sector azucarero acerca de su posicionamiento frente al comportamiento de eficiencia ideal que debe manejar este sector, permitiendo identificar las posibles causas de eficiencia o ineficiencia que pueden presentar las empresas siendo una herramienta útil para el nivel estratégico o alta gerencia debido a que proporciona lineamientos necesarios para la toma de decisiones acerca del diseño de políticas que contribuyan a mejorar su desempeño y a la satisfacción de todas las necesidades de los agentes internos y externos de la empresa para el logro de metas compartidas de progreso y modernidad es decir, la capacidad de crecer con calidad. Tanto a nivel corporativo como regional.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las últimas décadas la sociedad ha vivido una ola de constantes cambios; se han modificado los sistemas de comunicaciones, los mecanismos de comercio, el sistema financiero y el papel económico de las organizaciones, apareciendo de forma creciente nuevas tecnologías, nuevos mercados y nuevos negocios (Rodríguez, 2007), el ejemplo más notorio, es la globalización de la economía, que ha generado cambios obligados en los sistemas de organización y se ha caracterizado por mercados cada vez más abiertos y competitivos, es necesario entonces comprender las implicaciones que tiene la globalización para establecer estrategias de transición que logren que los mercados sean cada vez más competitivos.(Rojas, Romero y Sepúlveda, 2000).

La competitividad según Álvarez (2002) es la capacidad de toda organización, de mantener sistemáticamente ventajas comparativas que le permitan alcanzar, sostener y mejorar una determinada posición en el entorno socioeconómico, la cual implica la determinación de los componentes o factores que la generan y el grado de impacto de los mismos; para poder medir la competitividad que tiene la organización en el mercado es necesario evaluar tanto la gestión interna a través de indicadores financieros tales como: operacionales o de actividad, de liquidez, de endeudamiento, de rentabilidad; como la gestión externa y el desempeño respecto a otras empresas.

A través de los años el estudio de la competitividad ha dado forma al desarrollo de metodologías que miden diversos aspectos de la misma, una de las herramientas utilizadas es la técnica de frontera eficiente, la cual es utilizada para obtener información sobre el desempeño y analizar el nivel de competitividad que

tiene la organización en el mercado, basándose en la eficiencia como el máximo aprovechamiento de los recursos para obtener mayor productividad.

Al realizar el estudio mediante la técnica de frontera eficiente se determinará si cada una de las empresas del sector azucarero del Valle del Cauca tomadas como muestra presentan eficiencia o ineficiencia, permitiendo analizar la problemática sobre el por qué se presentan posibles variaciones en el desempeño de las empresas de este mismo sector, observando las condiciones de cada una de ellas. Las desviaciones ineficientes que se presentan frente a la frontera eficiente van ligadas a la falta de productividad ocasionada por la incursión en costos más elevados, debido al desaprovechamiento de los recursos con que se cuentan, todo esto genera que se vea afectada la utilidad, la competitividad y por ende la participación en el mercado tanto interno como externo de la empresa, al tener desventajas frente a su competencia.

La ineficiencia de las empresas y todo lo que esta conlleva impide el crecimiento y desarrollo de estas, limitando el acceso a una mayor tecnificación y la generación de empleo, lo cual redundaría en mayor prosperidad para la región y el bienestar de los vallecaucanos.

Todas las contribuciones hechas por este sector en la economía de la región se ven reflejadas en las cifras expuestas por Fedesarrollo (2009, citado por Valero 2009) donde: El sector azucarero del Valle del Cauca por cada empleo genera 28.4 empleos adicionales, esto radica en la gran demanda de insumos a sectores intensivos en mano de obra como el agrícola y los servicios. De esta forma, si se tiene en cuenta el efecto del empleo de los ingenios tanto hacia atrás de la cadena como hacia adelante, igualmente se generan 265.402 empleos a través de toda la cadena de valor gracias a la actividad manufacturera de los ingenios.

En lo que respecta al producto interno bruto por cada peso que se aporta se da un efecto 4 veces mayor (Valero, 2009); lo que nos muestra que las empresas azucareras son grandes dinamizadores de la economía colombiana. Y Por cada peso que pagan los ingenios de impuestos como lo son: el impuesto de renta, el impuesto a la producción, el impuesto a los productos y el IVA bruto pagado en compras, se traduce en 10,3 veces más impuestos pagados por las actividades del resto de la cadena. De esta manera, los ingenios son grandes generadores de recursos destinados a financiar inversión pública, entre la que se encuentra la educación y la salud.

Aunque estas cifras son positivas, se podrían obtener mejores resultados, si logran optimizar los procesos que permitan alcanzar un mayor desempeño de aquellas empresas que no se encuentren dentro de la frontera eficiente de este sector. En este marco de referencia se plantea una propuesta de investigación dirigida a conocer y a analizar la competitividad de las empresas del sector azucarero del Valle del Cauca en el periodo comprendido entre el 2005 y el 2008 mediante la técnica de frontera eficiente, con el fin de conocer el desempeño de las empresas de un mismo sector y plantear mejoras en la administración de sus recursos.

De esta manera se establece que el propósito de la investigación es conocer ¿Cuál es la competitividad de las empresas del sector azucarero del Valle del Cauca entre los años 2005 y 2008?

Con el objeto de sistematizar nuestro trabajo, de la pregunta planteada anteriormente, se han derivado otras interrogantes, que contienen las variables más relevantes de dicho problema y que además formaran parte de nuestros instrumentos de acopio de información. En este sentido, la sistematización del problema se formula a través de las siguientes preguntas:



¿Cuál sería la muestra representativa del sector productivo azucarero para el análisis de la competitividad?

¿Cuál es la frontera eficiente del sector azucarero del Valle del Cauca en el periodo comprendido entre el 2005 y el 2008?

¿Cuáles son las causas de que exista una dispersión en los resultados de las empresas del sector azucarero del Valle del Cauca en el periodo comprendido entre el 2005 y el 2008 frente a la frontera eficiente?

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar la competitividad de las empresas del sector azucarero del Valle del Cauca, en el periodo 2005 a 2008, mediante la técnica de frontera eficiente.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obtener una muestra representativa del sector productivo azucarero para el análisis de la competitividad
- Identificar la frontera eficiente del sector azucarero del Valle del Cauca en el periodo comprendido entre el año 2005 y el año 2008.
- Analizar las causas por las cuales existe una dispersión en los resultados de las empresas del sector azucarero del Valle del Cauca en el periodo 2005 al 2008 frente a la frontera eficiente.

#### 4. ANTECEDENTES

El término de eficiencia técnica fue introducido en la literatura económica por Koopmans (1951), afirmando que una combinación factible de inputs y outputs es técnicamente eficiente, si es tecnológicamente imposible aumentar algún output y/o reducir algún input sin reducir simultáneamente al menos otro output y/o aumentar al menos otro input.

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

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

La gran contribución de Farrell (1957), que le convierte en el autor más influyente en el estudio de eficiencia productiva, consiste en proponer una medición empírica de la eficiencia técnica, que consistió en seleccionar de una muestra de empresas aquellas que tuvieran la mejor eficiencia, y construir con éstas una frontera eficiente.

Posteriormente, Farrell propuso comparar los resultados obtenidos para cada empresa con la frontera eficiente: entonces, aquellos casos que representen desviaciones de ese 'estado ideal' son caracterizados como ineficientes. Por esta razón, se afirma que la medición de la eficiencia de una empresa tiene un carácter relativo, ya que debe ser comparado con una medida estándar incluida en la muestra objeto de estudio.

A partir de las sugerencias de Farrell se han propuesto distintas metodologías tendientes a obtener la llamada 'frontera eficiente'; dentro de las cuales encontramos el modelo Análisis Envolvente de Datos o Data Envelopment Analysis (DEA), poderosa técnica de optimización, desarrollada por Charnes, Cooper y Rhodes, (1978), construida para medir el comportamiento relativo de diferentes unidades organizacionales bajo rendimientos constantes a escala (modelo CCR).

Más adelante, Banker et al. (1984) sugieren una extensión del modelo hacia situaciones de rendimientos variables a escala, modificando el programa lineal de manera de incorporar una restricción de convexidad, conocido como modelo de rendimientos variables a escala (modelo BCC).

Simar y Wilson (2000) desarrollan una estructura para identificar las propiedades estadísticas de las medidas de eficiencia estimadas con modelos DEA. Esta estructura de análisis se fundamenta en la aplicación de la técnica Bootstrap que permite calcular varianzas y construir intervalos de confianza.

En los últimos años el tema de la eficiencia técnica ha sido ampliamente estudiado en el campo internacional. Se han elaborado análisis de diferentes sectores y utilizado distintos métodos tanto paramétricos como no paramétricos.

Para el caso de la medición de la frontera eficiente tenemos que dentro de los autores que han estimado la eficiencia técnica usando métodos no paramétricos se destacan<sup>2</sup> Berges, Maravall y Pérez (1986), quienes realizaron un análisis comparativo de la eficiencia técnica de las empresas industriales españolas frente a las europeas. Los autores encontraron que la industria española es menos eficiente que la europea, aunque comparada con la de Francia, Inglaterra e Italia, la diferencia es pequeña.

Quintero (2005) señala que en Latinoamérica se destaca el trabajo de Mizala, Romaguera y Farren (1998), que evaluaron la eficiencia técnica de los establecimientos educativos de Chile utilizando tanto el método paramétrico -de fronteras estocásticas- como el no paramétrico -de Data Envelopment Analysis (DEA)-, y llevaron a un ordenamiento similar de los colegios, de acuerdo con su eficiencia. Se encontró, además, que los establecimientos chilenos poseen una eficiencia técnica promedio del 91.9%, un nivel muy similar al registrado en algunos estudios del sector educativo de Estados Unidos.

Para el caso Colombiano el mismo autor indica que se han elaborado diversos estudios usando la técnica DEA, entre los que se destacan el de Uribe (1998) sobre el sector educativo, y Peñalosa (2003) y Pinzón (2003) en el sector de la salud, igualmente, se destacan los trabajos de Ruiz (2004) y Gamarra (2004) sobre eficiencia técnica de las seccionales de la Fiscalía en Colombia y de la ganadería doble propósito en la Costa Caribe, respectivamente.

De nuevo Quintero (2005), muestra que entre los autores que han abordado la eficiencia técnica aplicando métodos paramétricos sobresalen Battesi y Coelli (1995), quienes con el método de fronteras estocásticas analizaron la eficiencia técnica de 14 cultivadores de arroz en la India, durante un periodo de 10 años.

---

<sup>2</sup> Quintero (2005) pág.6.

En nuestro país esboza que el trabajo más sobresaliente utilizando métodos paramétricos lo hizo Acevedo (2004) con el método de fronteras estocásticas, con el que cuantifica la eficiencia técnica para las firmas del sector de confecciones, y prueba si la aglomeración empresarial ayuda a acercar más a las unidades productivas a su frontera eficiente. Los resultados de Acevedo sugieren que existe una relación positiva entre la concentración industrial y la eficiencia en la producción, al menos en un nivel agregado por departamento, la esfera de análisis en que se hicieron las estimaciones.

Algunas de las limitaciones mencionadas en el método han sido superadas parcialmente por los nuevos desarrollos. En el campo de los modelos no-paramétricos se ha tratado de dotar con propiedades estadísticas las medidas de eficiencia. Las extensiones de los modelos DEA también han buscado involucrar las variables de entorno en la medición y han profundizado en la discriminación de las medidas de eficiencia.

## **5. MARCO DE REFERENCIA**

### **5.1 MARCO TEÓRICO**

#### **5.1.1 Competitividad**

La competitividad es la capacidad para competir en los mercados de bienes o servicios, su medición implica la determinación de los componentes o factores que la generan y el grado de impacto de los mismos. Así como existe una gran cantidad de definiciones para este término, también la hay de metodologías que buscan medir determinados elementos de la competitividad<sup>3</sup>, basándose en diferentes factores condicionantes. (Rojas, Romero y Sepúlveda. IICA, 2000).

Por otro lado, la FAO (1997) estima que el desempeño competitivo de una empresa, industria o nación se ve condicionado por la conjugación de diversos factores: internos a la empresa, sectoriales, sistémicos y de desarrollo microeconómico<sup>4</sup> (Diagrama N° 1).

##### **5.1.1.1 Factores internos a la empresa**

Son los que aparecen bajo su ámbito de decisión y por medio de los cuales la empresa procura distinguirse de sus competidores. Entre ellos destacan: capacidad tecnológica y productiva, calidad de los recursos humanos, conocimiento del mercado y la capacidad de adecuarse a sus especificidades,

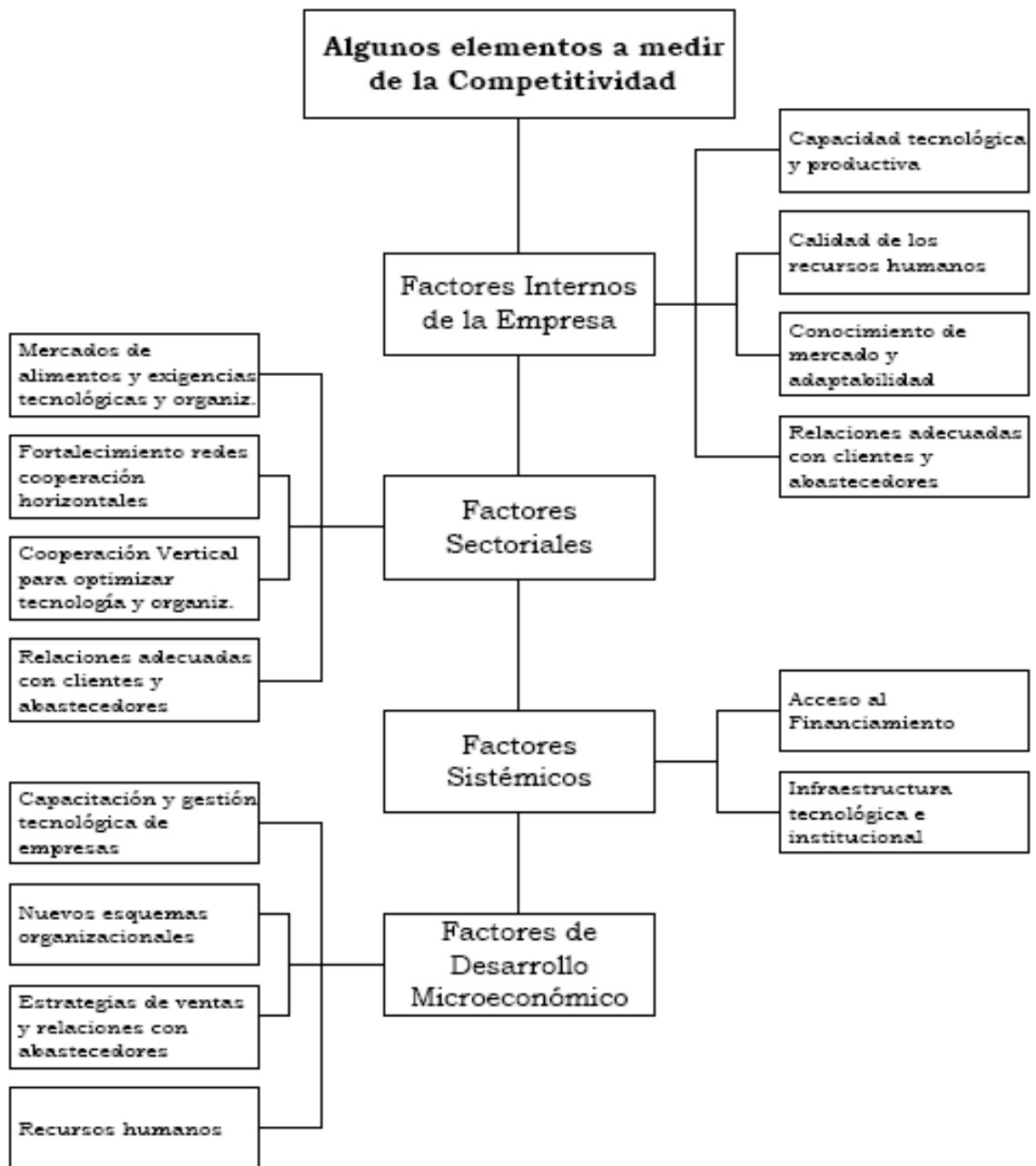
---

<sup>3</sup> Rojas, Romero y Sepúlveda. Algunos ejemplos de cómo medir la competitividad, IICA, (2000) pág. 10

<sup>4</sup> Ibíd. pág. 11, 12, 13 y 14

relaciones privilegiadas con los clientes y con los abastecedores de insumos, materias primas y bienes de capital.

**Diagrama 1. Elementos de la competitividad**



Fuente: “Algunos ejemplos de cómo medir la competitividad”, Rojas, Romero y Sepúlveda (2000)



### **5.1.1.2 Factores sectoriales**

Si bien no son totalmente manejados por la empresa, están parcialmente en su área de influencia. Involucran el contexto decisional de las empresas y los productores, el cual es fundamental para la definición de las estrategias competitivas. Entre ellos destacan:

- Mercados, exigencias tecnológicas y organizacionales.
- Fortalecimiento de las redes cooperativas horizontales.
- La cooperación vertical para optimizar capacidades tecnológicas y organizacionales.
- La promoción de la competencia.

### **5.1.1.3 Factores sistémicos**

Constituyen elementos externos a la empresa productiva; afectan el entorno donde se desarrolla y pueden tener importancia variable en la definición del ambiente competitivo y en las posibilidades para construir estrategias de competitividad por parte de las empresas. Entre ellos destacan:

- Acceso al financiamiento
- La infraestructura tecnológica e institucional

### **5.1.1.4 Los factores de desarrollo microeconómico**

A partir de los cambios tecnológicos emergentes surge un nuevo formato organizacional, que compatibiliza grandes escalas de producción con el potencial de diversificación y sofisticación de productos. Este formato conlleva la descentralización de las decisiones y una creciente participación de la fuerza

laboral en las decisiones y ganancias de la empresa, al tiempo que permea las relaciones en y entre las empresas. Algunos de estos factores son:

- La capacitación y gestión tecnológica de las empresas
- Los nuevos esquemas organizacionales
- Estrategias de ventas y de relaciones con abastecedores
- Recursos humanos

El interés en la competitividad ha devenido de los procesos de internacionalización y globalización de las economías mundiales, lo que se ha traducido en un aumento en el intercambio comercial entre países. En ese sentido, ha aumentado la competencia internacional por capturar nuevos mercados y, consecuentemente, ha surgido un creciente interés por establecer indicadores objetivos que permitan cuantificar la competitividad a diferentes niveles<sup>5</sup>.

En el estudio de la competitividad<sup>6</sup> se analizan factores tanto a escala internacional como nacional. Dentro de los primeros, se estudia el país y el producto (indicadores de competitividad y participación de mercado). En el ámbito nacional, se tratan los aspectos socioeconómicos del país, además de la caracterización del segmento agrícola y el industrial.

A nivel internacional se evalúa el desempeño del país en el comercio internacional de un sector determinado –producto o rubro–, mediante el análisis de un conjunto de indicadores que permiten conocer su capacidad de inserción en el comercio internacional. Es un enfoque dinámico que mide el desempeño comercial en términos de eficacia y eficiencia, posicionamiento y participación del mercado respectivamente, estando ambos conceptos interrelacionados.

---

<sup>5</sup> *Ibíd.* pág. 39

<sup>6</sup> *Ibíd.* pág. 25

A nivel nacional se elaboran y analizan indicadores con el fin de conocer los cambios ocurridos en el entorno nacional en un período determinado, para así identificar los factores que contribuyen a fortalecer o debilitar la competitividad interna o global de las empresas. Además, se establecen indicadores que permiten medir la eficiencia de uso de los recursos productivos al nivel de empresa.

### **5.1.2 Eficiencia**

La eficiencia<sup>7</sup>, es un concepto relativo que se obtiene por comparación con otras alternativas disponibles, considerando los recursos empleados en la consecución de los resultados, (García, 2002).

A la hora de evaluar la actividad económica habitual de las empresas, la economía se ocupa de la eficiencia en el proceso productivo que desarrollan, que ya se ha demostrado efectivo y por lo tanto eficaz. Esto es, la combinación de factores elegida permite obtener una producción de bienes y servicios, y la economía se ocupa de estudiar la eficiencia con que las empresas consiguen esta producción. Hablamos entonces de eficiencia productiva.

Pero la eficiencia productiva es un término polivalente, ya que no existe un único tipo sino varios, según cuál sea el objetivo que se propone la empresa; así podemos hablar de eficiencia en costes, si trata de minimizar estos, eficiencia en el ingreso si se propone maximizarlo, o eficiencia en el beneficio, si el objetivo planeado es la maximización de este. Para evaluar estos tipos de eficiencia es necesario contar con información sobre los precios del mercado, ya que estos determinan el tipo de actuación óptima en cada caso.

---

<sup>7</sup> 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” pág. 10

Sin embargo, con independencia del criterio que orienta la actuación de las empresas, y de los precios vigentes, hay un tipo de eficiencia básico, no ligado a ningún objetivo económico, que consiste en el adecuado aprovechamiento de los recursos empleados; a este tipo de eficiencia se le denomina eficiencia técnica.

### **5.1.2.1 Fundamentos de Eficiencia según Farrell**

Farrell M. J. (1957) fue el primero en introducir el marco teórico básico para estudiar y medir la eficiencia, propuso que se visualice la eficiencia desde una perspectiva real y no ideal, donde cada firma o unidad productiva sea evaluada en relación con otras tomadas de un grupo representativo y homogéneo, de esta manera, la medida de la eficiencia será relativa y no absoluta, donde el valor logrado de eficiencia para una firma determinada corresponde a una expresión de la desviación observada respecto a aquellas consideradas como eficientes, quien distingue dos componentes principales dentro del concepto económico de eficiencia: la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa<sup>8</sup> (Arzubi, Berbel, 2001):

#### **5.1.2.1.1 Eficiencia Técnica (ET):**

Un proceso de producción es técnicamente eficiente si, dada una combinación particular de factores productivos, es capaz de obtener el máximo nivel de resultados soportando el mínimo coste (en término de consumo de recursos). De esta forma, la presencia de ineficiencia técnica puede deberse al exceso en el uso de algunos inputs (“ineficiencia técnica pura”) o a la selección de un tamaño de planta subóptimo (“ineficiencia técnica de escala”) (Banker et al., 1984).

---

<sup>8</sup> Algunas aplicaciones del Análisis envolvente de datos para medir eficiencia precio (ADEA, Allocative Data Envelopment Análisis) son Banker y Maindratta (1988); Banker y Monrey (1993); Bannister y Stolp (1995) o Sengupta (1998).

#### **5.1.2.1.2 Eficiencia de Asignación (EA):**

Cuando la firma utiliza la mejor combinación de insumos teniendo como referencia los precios de los mismos en el mercado.

Ambos conceptos de eficiencia se encuentran relacionados entre sí, dando como resultado:

#### **5.1.2.1.3 Eficiencia Económica (EE):**

Combinación óptima de insumos al mínimo costo posible ( $EE = ET \times EA$ )

Para calcular las medidas de eficiencia (ET, EA y EE) se requiere contrastar los procesos observados de la firma con procesos óptimos generados por la comparación con otras firmas (eficiencia relativa), denominadas “unidades de toma de decisiones” (DMU: “decision making units”).

##### **5.1.2.1.3.1 Concepto de unidades de toma de decisiones” (DMU: “Decisión Making Units”)**

Es un conjunto más o menos extenso de unidades productivas comparables entre sí por la particularidad de que emplean el mismo tipo de insumos o factores para producir una canasta de productos similar o equivalente<sup>9</sup>. (Schuschny, 2007)

Supongamos que se conoce la frontera productiva eficiente. Entonces, sería posible calcular índices que cuantifiquen estos tres tipos de eficiencias, entre los cuales tenemos: representación de eficiencia orientada en el uso de insumos

---

<sup>9</sup> Schuschny, Andrés Ricardo. (2007) “El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe”. pág. 11

(inputs), representación de eficiencia orientada en la producción (outputs), representación de eficiencia orientada en un insumo y un producto.

### **5.1.2.2 Representación de eficiencia orientada en el uso de insumos<sup>10</sup> (inputs)**

En primer lugar, estudiemos las medidas de eficiencia a partir de una orientación basada en el uso de los insumos; es decir, basándonos en la premisa de analizar en cuánto se puede reducir el uso de insumos equiproporcionalmente sin alterar las cantidades producidas. Para poder hacer una representación diagramática, consideremos el caso en que se produce un sólo producto con dos insumos o factores. En el gráfico 1 se representa la isocuanta unitaria. La curva  $SS'$  cuantifica las combinaciones de insumos y necesarios para producir una unidad de producto, en condiciones de máxima eficiencia. Por ello, cualquier DMU que utilice combinaciones de insumos que se encuentren por encima de la curva, por ejemplo el punto P, tendrían que ser consideradas como menos eficientes. Por otro lado, el punto Q correspondería a una DMU eficiente, puesto que, comparada con P, se reduce la utilización de ambos insumos, en forma equiproporcional y produce la misma cantidad. Entonces, si medimos la distancia entre P y Q, tendríamos una medida de en cuánto se puede reducir el uso de insumos, sin alterar la producción y calcular el índice de eficiencia técnica, como se detalla a continuación:

#### **Eficiencia Técnica**

$QP \equiv$  cantidad en que pueden reducirse eqi – proporcionalmente los inputs sin reducir el output

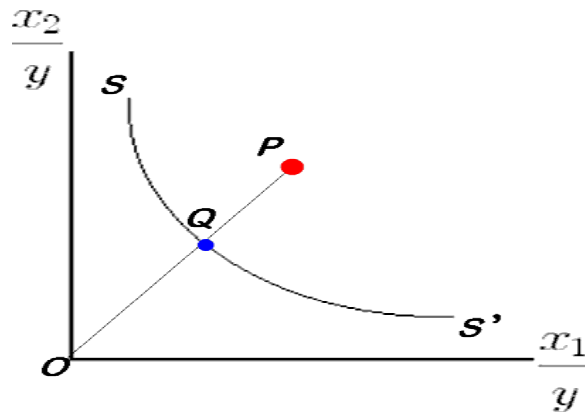
$\frac{QP}{OP} \equiv$  % en que puede ser reducido el uso de inputs

---

<sup>10</sup> *Ibíd.* pág. 10 - 16

$$ETI = \frac{OQ}{OP} \equiv 1 - \frac{QP}{OP} \in (0,1) \text{ Mide el grado de eficiencia técnica de la DMU}$$

**Gráfico 1. Representación diagramática de la eficiencia técnica según Farrell**  
(1957)

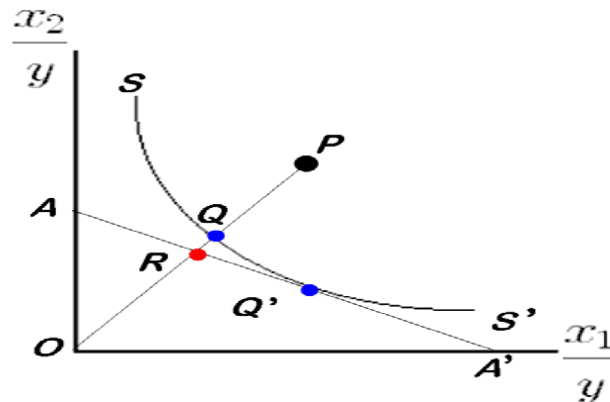


Fuente: "El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe", Schuschny (2007)

Similarmente, si tuviéramos información de los precios relativos entre los insumos y el producto, sería posible calcular (y graficar) la recta de iso-costos para comparar la situación de la DMU que estamos analizando con una en la que la adquisición de insumos es económicamente óptima, es decir aquella en la que la relación de productividades marginales igualan a los precios relativos, ó gráficamente, cuando la recta de iso-costos es tangente a la curva (gráfico 2). A partir de allí y, además, calculando distancias se puede definir la eficiencia "alocativa" o de asignación.

Calculados ambos índices de eficiencia, se puede definir el indicador de eficiencia económica que, como se muestra en el gráfico 2, combina ambos tipos de eficiencia en un solo índice. Dado que el modelo trabaja con información de numerosas unidades productivas, suele no ser posible conocer la estructura de precios relativos con la que se está operando, por lo que se complica el cálculo de estos dos indicadores.

**Gráfico 2. Representación diagramática de la eficiencia por asignación**



Fuente: "El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe", Schuschny (2007)

### **Eficiencia de Asignación o "Alocativa"**

$RQ \equiv$  Representa la reducción de los costos de producción si se produce en  $Q'$

$EAI = \frac{OR}{OQ} \in (0,1)$  Mide el grado de eficiencia de asignación de la DMU

### **Eficiencia Económica:**

$EEI = ETI \times EAI \equiv \frac{OR}{OQ} \in (0,1)$  Da una medida de la eficiencia global

### **5.1.2.3 Representación De Eficiencia Orientada En La Producción <sup>11</sup> (Outputs)**

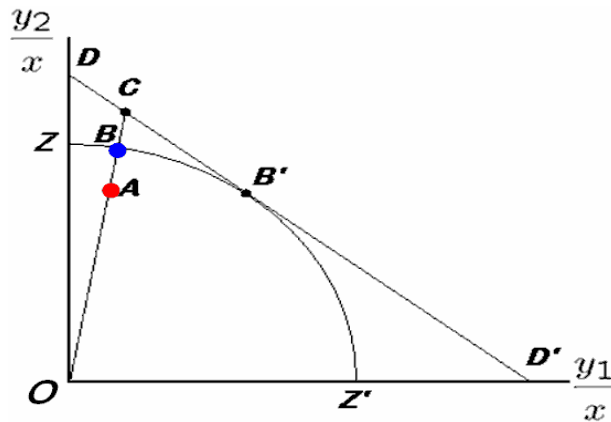
Un cálculo similar se puede realizar a partir de una orientación basada en la producción. En este caso, lo que importa es estudiar en cuánto puede expandirse la producción, dados los niveles de uso de los insumos o factores. Para

<sup>11</sup> *Ibíd.* pág. 10 - 16



ejemplificar esto, en forma diagramática, consideremos que la producción de dos bienes se realiza con un solo insumo. Entonces, es posible representar esta situación graficando una curva de posibilidades de producción unitaria (Curva ZZ'), como se muestra en el gráfico 3. En este caso, el punto A representa una DMU ineficiente, por lo que, se encuentra debajo de la frontera de posibilidades de producción que representa la máxima producción de ambos productos asequible por la tecnología imperante. Como en el caso anterior, podríamos calcular la eficiencia técnica computando la distancia entre la DMU A y la B, que representa una DMU eficiente y comparable con la A ya que su producción es equiproporcional a esta. Además, si conociéramos los precios relativos, es posible graficar la recta de iso-ingresos y calcular la eficiencia por asignación o "alocativa". Todo esto se detalla en el gráfico 3.

**Gráfico 3. Representación diagramática de la eficiencia técnica y por asignación a partir de la frontera de posibilidades**



Fuente: "El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe", Schuschny (2007)

## Componentes principales de la Eficiencia

### Eficiencia Técnica:

$$ET_o = \frac{OA}{OB} \in (0,1)$$

### Eficiencia de Asignación o “Alocativa”:

$$EA_o = \frac{OB}{OC} \in (0,1)$$

### Eficiencia Económica:

$$EE_o = ET_o \times EA_o \equiv \frac{OA}{OC} \in (0,1) \text{ Da una medida de la eficiencia global}$$

### 5.1.2.3 Representación de eficiencia orientada en un insumo y un producto<sup>12</sup>

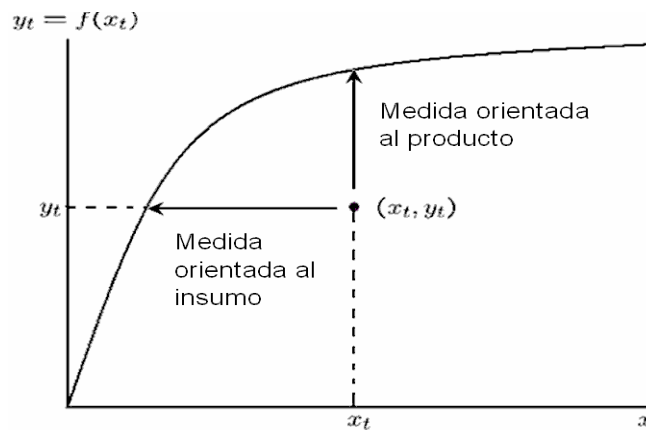
Antes de terminar con esta descripción introductoria y para unificar las representaciones, consideremos una situación en la que se utiliza sólo un insumo para producir un producto. En este caso la representación gráfica se podría hacer directamente a través de la función de producción unidimensional, como se muestra en el gráfico 4. Se puede observar la diferencia de medición de la eficiencia en ambos tipos de representación, con orientación a los insumos o productos. Cabe destacar que, cuando la tecnología es tal que los rendimientos a escala son constantes, el valor del indicador de eficiencia técnica es el mismo independientemente del tipo de representación considerado.

---

<sup>12</sup> *Ibíd.* pág. 10 - 16

Es importante destacar, que un aspecto interesante de todas las medidas de eficiencia tal como las trabaja Farrell (1957) es que son invariantes y no dependen de la unidad de medición ya que se calculan como cocientes de distancias al origen de magnitudes con similares sistemas de medida.

**Gráfico 4. Comparación entre las medidas de eficiencia orientadas al producto o a los insumos**



Fuente: "El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe", Schuschny (2007)

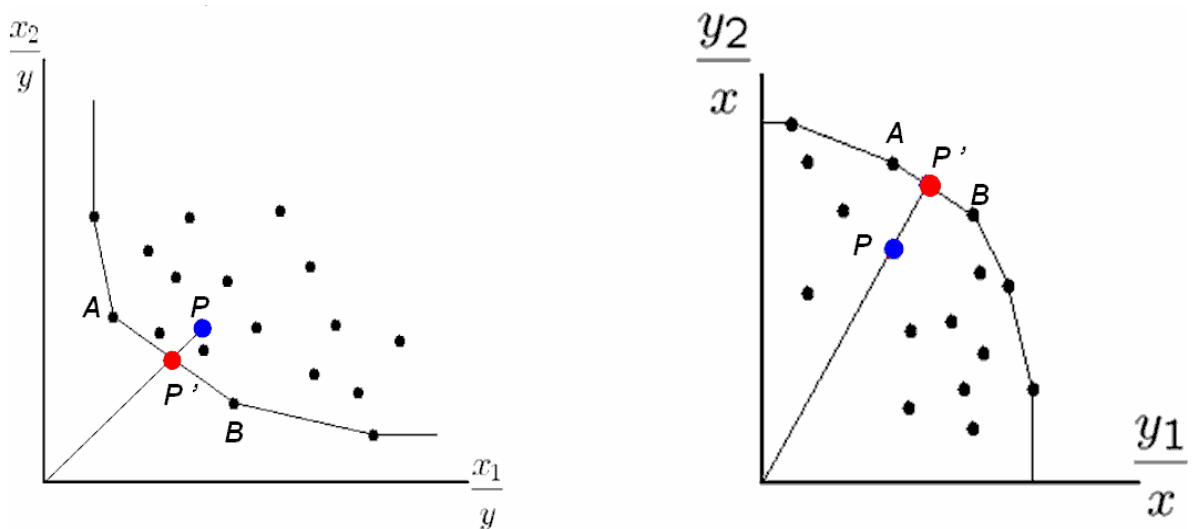
#### 5.1.2.4 Representación Estimativa de la Frontera Eficiente<sup>13</sup>

Hasta aquí, hemos presentado las definiciones de eficiencia valiéndonos del supuesto de que conocemos la función de producción, la frontera de posibilidades de producción o las isocuantas en condiciones de óptima eficiencia. La propuesta que sugiere Farrell (1957) es recurrir al uso de "cónicas ó poligonales convexas" para construir las isocuantas o fronteras, en forma no paramétrica, y sólo partiendo de la información disponible acerca del comportamiento de numerosas

<sup>13</sup> Ibíd. pág. 10 - 16

DMU comparables, muchas de las cuales serán más eficientes que otras. El gráfico 5, esquematiza cómo se podría estimar dicha “curva” (o mejor dicho, poligonal) a partir de datos empíricos y según el tipo de aproximación que se emplee, ya sea orientada a los insumos o productos.

**Gráfico 5. Representación de la construcción de las fronteras a partir de datos empíricos**



Fuente: “El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe”. Autor: Schuschny, Andrés Ricardo. (2007)

Nótese, que si buscáramos calcular el indicador de eficiencia técnica de, por ejemplo, la DMU P, bastaría con identificar a las DMU A y B, para construir una DMU “virtual” o implícita, que llamamos P’, que yace en algún punto entre el segmento definido por A y B y que cruza al segmento formado por el origen de las coordenadas y la DMU bajo análisis (en nuestro caso, la P). Por ello, en este caso la eficiencia se mediría no en relación a un ideal teórico (abstracto y tal vez desconocido), sino a partir de la estimación de la frontera de las “mejores prácticas” productivas reflejadas en la información disponible. En el ejemplo se

trata del segmento que definen los puntos A y B. La propuesta de Farrell (1957) se basa en un enfoque empírico basado en el concepto de referenciación o “benchmark”, que consiste de estimar y ubicar DMU “virtuales”, a partir de buenas DMU comparables con la que deseamos estudiar.

### **5.1.3 Métodos de frontera eficiente**

La combinación de procesos óptimos conforma la frontera de eficiencia la cual a su vez, puede ser de carácter estocástico (paramétrico) o determinístico (no-paramétrico), dependiendo del método empleado para su cálculo.

La elección del método de frontera dependerá de las ventajas que prefiera el investigador y del tipo de actividad a evaluar (Coelli y Battese, 1998; Sarmiento, 2006)

#### **5.1.3.1 Métodos paramétricos**

Los métodos paramétricos son los que requieren la especificación de una forma funcional específica para la función de costo o beneficio de las unidades de toma de decisiones (e.g. Cobb Douglas, Trans-log). Esta característica está relacionada con la naturaleza econométrica de la estimación correspondiente a estas metodologías. Es decir, para que la frontera pueda ser estimada econométricamente, es necesario especificar, a priori, la función que relaciona las variables pertinentes. El término “paramétrico” hace referencia al hecho de que son los parámetros de esa función los que se estiman econométricamente, y no la forma de la función en sí misma, como en el caso no paramétrico. Entre estos métodos encontramos: Stochastic Frontier Approach (SFA); Free Distribution Approach (FDA).

### **5.1.3.2 Métodos No Paramétricos**

El conjunto de métodos de estimación de la frontera eficiente que se denominan no paramétricos tienen en común que no requieren que se asuma una función de costos o beneficios específica. El procedimiento básico, fundamentado en técnicas de optimización lineal, consiste en el cálculo de una “envoltura” convexa alrededor de los puntos que representan a cada firma, en el espacio de producción, insumos y costos. Esa “envoltura” se asimila a la frontera eficiente.

Los métodos específicos desarrollados con base en esta idea son el “Data Envelopment Análisis” (DEA) y el “Free Disposal Hull” (FDH), que son variaciones relativamente pequeñas con relación al método anterior, donde la FDH es un caso particular de la metodología DEA. (Berrio, Muñoz, 2005)

En esta investigación se utilizó el método DEA para evaluar el desempeño de las unidades analizadas (productores o DMU) a partir de la comparación con solamente el mejor productor, dejando de lado la evaluación de la eficiencia por medio de la estadística tradicional que compara el desempeño de la empresa con el promedio del mercado. Se sustenta en la idea de que si un productor cualquiera puede lograr un nivel de resultados con un nivel de recursos, aunque éste no sea el óptimo, todos los demás productores están en condiciones de hacer lo mismo o tomar medidas que le permitan mejorar sus resultados, con el fin de ser eficientes.

#### **5.1.3.2.1 El Método DEA (Data Envelopment Análisis)**

El Análisis Envoltante de Datos (DEA) es una poderosa técnica no paramétrica<sup>14</sup> de optimización mediante “función frontera”, que utiliza la programación lineal para

---

<sup>14</sup> Son técnicas estadísticas que no presuponen ningún modelo probabilístico teórico. Son menos potentes que las técnicas paramétricas, aunque tienen la ventaja que se pueden aplicar más fácilmente.

la construcción de una superficie envolvente, *frontera eficiente* o función de producción empírica eficiente, la cual permite medir la eficiencia relativa de las distintas organizaciones a partir de los datos disponibles (inputs y outputs) del conjunto de entidades objeto de estudio. En otras palabras, esta herramienta permite construir la frontera eficiente a partir de las DMUs que presenten las mejores prácticas, es decir, aquellas que obtienen el nivel máximo de outputs con los inputs que utilizan, de forma que se pueda medir la ineficiencia del resto de las unidades como distancia a la frontera<sup>15</sup>.

Uno de los principales requisitos que exige este modelo es que todas las unidades productivas evaluadas (DMUs) sean lo más homogéneas posible, es decir, que consuman los mismos tipos de entradas o inputs y produzcan la misma clases de salidas u outputs, por lo que previamente deben detectarse aquellas unidades que tengan un comportamiento atípico, para eliminarlas del análisis, puesto que éstas darían lugar a distorsiones del análisis propuesto.

La expresión matemática del modelo DEA procede de Charnes, Cooper y Rhodes (1978), que en su variante modelo CCR (retornos de escala constantes), adopta la expresión fraccional,

$$Max_{(u,v)} ho = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}}$$

Sujeto a las siguientes restricciones,

---

<sup>15</sup> Fernández y Morala “Estudio de la eficiencia en costes en las empresas del sector vinícola de la comunidad autónoma de castilla y león” (2009) pág. 35, 36

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; j = 1 \dots n$$

$$u_r v_j \geq 0; \quad r = 1 \dots s; \quad i = 1 \dots m$$

Donde en el numerador del cociente (1) se encuentra la suma de  $y_{r0}$ , que representa la cantidad de outputs (1,2, ...r) producidos por la unidad evaluada, multiplicados por los coeficientes de ponderación ( $u_1, u_2, \dots, u_r$ ) que pueden ser considerados como un “precio” asociado al output ( $y_{10}, y_{20}, \dots, y_{r0}$ ). Por otra parte, en el denominador se sitúa la suma de  $x_{i0}$ , que representa la cantidad de inputs (1, 2, ...i) utilizados por la unidad evaluada en la producción de los outputs recogidos en el numerador, multiplicados por un coeficiente de ponderación ( $v_1, v_2, \dots, v_i$ ) asignado por el programa, que representa el “precio” asociado a cada *input* correspondiente ( $x_{10}, x_{20}, \dots, x_{i0}$ ) y que es distinto para cada unidad. Así, cada vez que se estudia la eficiencia de una DMU, el programa tratará de encontrar el conjunto de “precios” ( $u_r, v_i$ ) que maximicen el valor del output de la unidad analizada con respecto al coste de sus inputs consumidos, resultando el ratio de eficiencia de cada DMU<sup>16</sup>.

A partir de las ponderaciones ( $u_r, v_i$ ) para cada unidad de producción, las restricciones mencionadas pretenden asegurar que el cociente resultante de la ecuación (1) no sea superior a 1 para ninguna de las DMUs estudiadas. De esta forma, una DMU se considera eficiente cuando el resto de unidades no presentan una valoración superior a ella, alcanzando  $h_0$  el valor 1; siendo ineficientes aquellas otras DMUs que toman valores de  $h_0$  entre 0 y 1.

---

<sup>16</sup> *Ibíd.* pág. 36, 37



La dificultad de cálculo que presenta el modelo CCR de Charnes, Cooper y Rhodes (1978) en su forma fraccional hace necesaria su transformación en un modelo de programación lineal equivalente, en el que se busca mantener fija una de las dos partes de la fracción para maximizar o minimizar la otra. Así, se puede construir dos modelos: uno con orientación inputs, que consiste en minimizar los recursos (inputs) para una producción concreta y determinada (outputs) (se considera constante el numerador de la ecuación (2), que representa los output) y otro con orientación outputs, que trata de maximizar los outputs para unos inputs fijos y conocidos (se mantiene constante el denominador de la ecuación (2) que representa los inputs).

La técnica DEA<sup>17</sup> puede operar bajo rendimientos de escala constantes (CRS), como en el modelo CCR comentado (Charnes, Cooper y Rodhes, 1978), lo que permite conocer la Eficiencia Técnica Global (ETG) de las DMUs, o bajo rendimientos de escala variables (VRS), como en el denominado modelo BCC (Banker, Charnes y Cooper, 1984), indicando el valor de la Eficiencia Técnica Pura (ETP).

Para el análisis de la eficiencia a través del modelo BCC, bien con orientación input o bien con orientación output, hay que añadir a la anterior formulación la siguiente restricción,

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1; \quad j = 1, \dots, n$$

El cálculo de la eficiencia sobre las mismas unidades de decisión considerando VRS y CRS facilita la determinación de la Eficiencia de Escala (EE), a través del cociente entre la ETG y la ETP, tal como se indica a continuación,

---

<sup>17</sup> *Ibíd.* pág. 36, 37

$$EE = \frac{ETG}{ETP}$$

Donde:

EE: Eficiencia de Escala

ETG: Eficiencia Técnica Global

ETP: Eficiencia Técnica Pura

En este sentido, se considera que la ineficiencia técnica pura procede del consumo excesivo de los recursos de que dispone la entidad para el nivel de producción de outputs que realiza. Sin embargo, la ineficiencia de escala se origina cuando la entidad produce por debajo o por encima de su capacidad productiva y tiene lugar cuando el valor de la ETG es menor que el valor de la ETP<sup>18</sup>.

Una de las principales ventajas que aporta la medida de la eficiencia a través del modelo DEA es la posibilidad que ofrece a los gestores de las empresas azucareras de conocer su posición relativa con respecto al resto de entidades con las que se compara, además de saber las causas del origen de la ineficiencia, en el caso de que exista.

Por otra parte, el modelo DEA orienta la política de los gestores a fin de controlar la desviación producida entre los valores observados, o recogidos empíricamente, y los valores obtenidos del modelo, a través de la elección de estándares de la mejor práctica implantada. Esto sirve para que las entidades ineficientes puedan tomar las decisiones oportunas de acometer alguna mejora a fin de alcanzar la frontera eficiente.

---

<sup>18</sup> *Ibíd.* pág. 36, 37, 38

## **5.2 EL SECTOR AZUCARERO**

### **5.2.1 Desarrollo Económico<sup>19</sup>**

Las condiciones agroclimáticas del valle geográfico del río Cauca, el agua y sus suelos han sido prevalentes en las ventajas comparativas que tiene la región frente a otras áreas del mundo. Claro está que la visión de los líderes azucareros y el desarrollo tecnológico constituyen también otra de las bases sólidas para la proyección que ha tenido la industria. Las condiciones naturales han sido aprovechadas de manera eficiente por los ingenios y los cultivadores de caña para desarrollar una infraestructura de riego y drenaje que es modelo nacional, de la mano de la investigación y el desarrollo.

### **5.2.2 Investigación Y Desarrollo<sup>20</sup>.**

El fuerte trabajo realizado en investigación tanto en campo como en los procesos de fábrica ha sido definitivo en el incremento de la productividad. La cadena de producción debe estar optimizada, de manera que en el campo se produzca la mayor cantidad de azúcar cristalizable posible y evitar que se pierda en los procesos siguientes. Por ello, además de la investigación y desarrollo en agronomía, se ha realizado un muy concienzudo trabajo en la cosecha, transporte y procesos fabriles para reducir al máximo las pérdidas de sacarosa.

---

<sup>19</sup> Londoño y Martínez, Asocaña, Informe anual sector azucarero año 2008-2009, pág. 5

<sup>20</sup> *Ibíd.*, pág. 15, 16

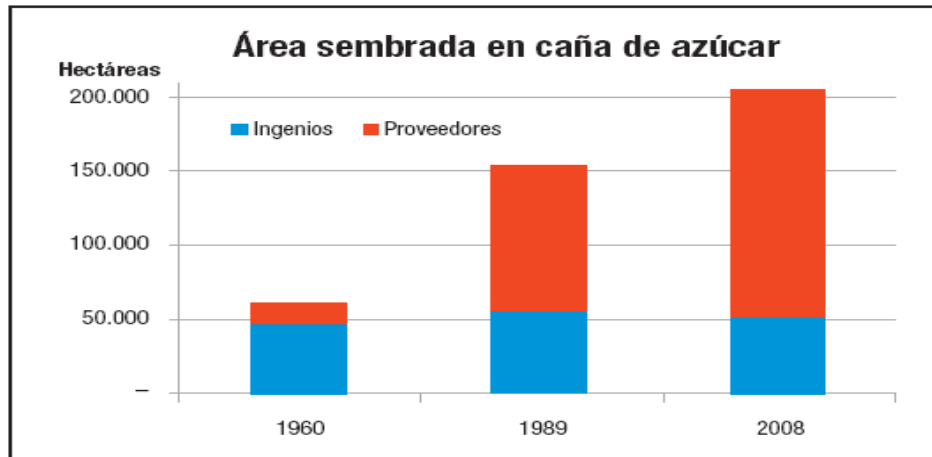
Pasamos de la importación de variedades de caña de otros países a la exportación de variedades, gracias a Cenicaña, el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar, creado bajo la dirección de Asocaña en 1977 y motor del crecimiento de la productividad en el sector, mediante la implementación del proceso de utilización de variedades de caña con un enfoque de adaptación general.

Esto quiere decir que el concepto estaba centrado en encontrar una variedad adaptada a nuestras condiciones y que fuera la más productiva en la región. Con el paso del tiempo este modelo entró en una etapa de agotamiento y se presentó un estancamiento en el crecimiento de la productividad. Es así como tuvo que reevaluarse el concepto y a principios de la presente década se pasó a uno novedoso llamado Agricultura Específica por Sitio –AEPS–, que diferencia cada tipo de suelo para encontrar el paquete tecnológico adecuado a sus condiciones particulares. Esto quiere decir que ante los ojos de la investigación y los agricultores, la región deja de verse con características homogéneas y se identifican particularidades en zonas de menor extensión. Así se puede determinar, de acuerdo con la característica del suelo y las condiciones agroclimáticas, el mejor paquete tecnológico que garantice el mayor rendimiento posible. Para lograr este objetivo, Cenicaña realizó el estudio detallado de suelos más grande en el mundo en una región, pues abarca poco más de 200.000 hectáreas.

Su trabajo en investigación tanto en campo como en fábrica arroja resultados positivos y contundentes. Antes de la creación de Cenicaña el Sector tenía una productividad de 5 a 7 toneladas de azúcar por hectárea año; hoy tiene la más alta del mundo: 14 toneladas de azúcar por hectárea año, lo cual significa que se ha duplicado la productividad en los últimos treinta años. Con el crecimiento del número de ingenios azucareros el área sembrada de caña también ha tenido un incremento notorio. De 61.600 hectáreas cultivadas, de las cuales los agricultores

independientes tenían el 26%, se pasó a 205.000 hectáreas, el 75% de propiedad de más de 1.750 proveedores de caña de la región.

**Grafico 6. Área sembrada en caña de azúcar**



Fuente: Asocaña, Cenicaña, Ramos 2005

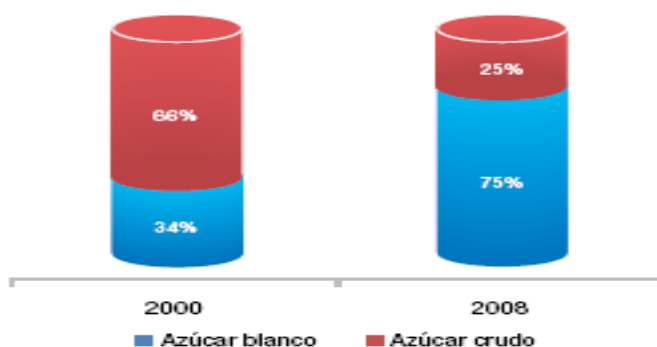
Gracias al trabajo realizado durante estos años se ha podido posicionar a Colombia como el país con la mayor productividad mundial en términos de azúcar por hectárea al año, de acuerdo con los estudios realizados por la firma inglesa LMC International.

La industria azucarera colombiana es consciente de que la competencia más difícil de vencer es la de los productores externos, muchos ellos receptores de cuantiosos subsidios estatales. Los logros en productividad son definitivos para superar épocas de bajos precios, así como distorsiones macroeconómicas, como la revaluación de la moneda, y las de los mercados generadas por los subsidios y ayudas a los productores, especialmente en los países desarrollados.

### 5.2.3 Valor agregado<sup>21</sup>.

Una de las principales estrategias del Sector ha sido la agregación de valor. En azúcar es evidente esta estrategia. La participación de azúcares blancos para atender los mercados es cada vez mayor. En el año 2000 la contribución de azúcares blancos en el total de las exportaciones era solamente un 34%, mientras que en el año 2008 fue un 75% del total del azúcar vendido en el mercado externo. La producción de etanol en los últimos cuatro años ha contribuido a la estabilización de los ingresos de varios actores en la cadena azucarera: ingenios, cultivadores y trabajadores.

**Grafico 7. Distribución de exportaciones por tipo de azúcar 2000 - 2008**



Fuente: Asocaña, Cenicaña, Ramos 2005

### 5.2.4 Comercio Exterior

#### Periodo 2005-2006

Las exportaciones de azúcar en el año 2005 alcanzaron un volumen de 1,179,642 tmvc (toneladas métricas expresadas en volumen crudo), lo cual significó una

<sup>21</sup> *Ibíd.*, pág. 6

reducción de 4.31% frente a lo exportado en 2004. La reducción en el volumen de azúcar equivale a 53,141 tmvc, lo que obedeció en su mayor parte a la sustitución de azúcar por cuenta de la producción de alcohol. Sin embargo, el objetivo de dar mayor valor agregado a los productos de exportación sigue mostrando resultados. Las exportaciones de azúcar blanco crecieron 16.6% frente a las exportaciones del año anterior. Por su parte, las exportaciones de azúcar crudo se redujeron en 28.9% en igual período, lo que lleva a concluir que la producción de alcohol sustituyó principalmente las exportaciones de azúcar crudo. Esta dinámica llevó a que la participación del azúcar blanco dentro de las exportaciones se incrementara de 54% a 66% entre los años 2004 y 2005. El cambio en la composición de los productos de exportación, unido a un incremento en el precio internacional, explica el mayor valor obtenido por las exportaciones de azúcar, las cuales pasaron de US\$ 223 millones en 2004 a US\$ 266 millones en 2005.

Las exportaciones de azúcar a los países de la Comunidad Andina de Naciones (CAN) alcanzaron un volumen de 289,044 tmvc, lo que significó una reducción de 5.81% frente a lo exportado el año anterior. Durante el año hubo varios cambios en la composición de las exportaciones a los países de la CAN.

Las exportaciones a Venezuela sufrieron una reducción de 72.04% frente a 2004, debido principalmente a que el gobierno venezolano restringió la entrada de azúcar de Colombia. En el caso de Perú, se presentó una reducción en la producción de azúcar, principalmente por factores climáticos, por lo que sus necesidades se vieron suplidas con más azúcar colombiana. Así, las exportaciones a Perú crecieron 186% durante el año. Hacia Ecuador, igualmente, la menor producción de ese país implicó que las exportaciones desde Colombia se incrementaran en 101% durante igual período. Las exportaciones a la cuota americana fueron de 19,480 tmvc, lo que muestra una reducción de 50.43% durante el año 2005. Sin embargo, la cuota se establece para un período azucarero que va de octubre a septiembre, por lo que los registros en años

fiscales de enero a diciembre pueden mostrar distorsiones en este destino. El volumen se ha mantenido constante durante los últimos años en 25,273 tmvc, contados entre los 12 meses que van de octubre de un año a septiembre del siguiente. En el año 2005, como consecuencia entre otros factores de la devastación causada por los huracanes en Estados Unidos, este país se vio en la necesidad de incrementar la cuota de importación de azúcar. En total, la cuota pasó de 1.2 a 1.5 millones de toneladas. En el caso colombiano, este incremento fue de 6,584 tmvc, con lo que la cuota total para el período octubre de 2005 a septiembre de 2006 alcanza las 31,857 tmvc.

Las exportaciones hacia el mercado mundial, donde el azúcar colombiano no cuenta con ninguna preferencia, se vieron reducidas en 15,495 tmvc frente a lo exportado en 2004. De esta manera, el volumen total fue de 871,118 tmvc. Sin embargo, dada la menor dinámica de las exportaciones a los países de la CAN, las exportaciones al mercado mundial incrementaron su participación dentro de los mercados de exportación, pasando de representar el 72% en el año 2004 al 74% en 2005. Los principales países destino de las exportaciones colombianas de azúcar fueron Haití, Cuba, Chile, Rusia, Sri Lanka y Estados Unidos, bajo el llamado programa de reexportación (por fuera de la cuota). (Martínez, Asocaña, 2005)

### **Periodo 2006-2007**

Las exportaciones de azúcar continuaron ajustándose de acuerdo con el nuevo balance. De esta manera el volumen exportado alcanzó un total de 925.565 tmvc, lo que significó una disminución de 254.077 tmvc frente a las exportaciones de 2005. Esto correspondió a una reducción de 21.54% en el periodo de análisis y obedeció a la sustitución de azúcar por cuenta de la producción de alcohol. Es de recalcar que aun con esta reducción el volumen de exportaciones es importante, que Colombia sigue ubicado dentro de los 10 países con mayores exportaciones



de azúcar en el mundo y por esta razón la disponibilidad de azúcar para el mercado interno no se ve amenazada. Con una menor disponibilidad de azúcar de exportación, la industria busca dar un mayor valor agregado a sus productos de exportación. Es así como las exportaciones de azúcar blanco representaron el 68% del total, frente al 65% que representaron en 2005 y 54% en 2004. Esta mayor participación de las exportaciones de blanco fue posible gracias al aumento del volumen exportado de azúcar refinado, el cual alcanzó un total de 350.321 tmvc, incrementándose en 20.9% frente a lo exportado de este producto en 2005. Pese a la reducción en el volumen de las exportaciones, los ingresos por concepto de las mismas en el año 2006 fueron de US\$301.52 millones, lo que represento un incremento de 13.53% frente a los ingresos de 2005. Esto fue posible gracias al comportamiento del precio en el mercado internacional, el cual alcanzó el nivel más alto de los últimos 20 años, y a la mayor participación de las exportaciones de azúcar blanco, cuyo precio es superior al azúcar crudo.

Las exportaciones a los países de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), incluyendo las exportaciones realizadas a Venezuela únicamente hasta abril, dado que a partir de ese mes se retiró de la CAN, alcanzaron un volumen total de 161.609 tmvc durante el año 2006, que represento un 44.09% menos respecto de lo exportado en 2005. Si bien se presentó una reducción en el volumen total de exportaciones, la composición de las mismas difirió respecto del año anterior.

En 2006 las exportaciones a Venezuela, hasta abril, representaron el 5.93% de las realizadas a la CAN, muy inferior al 21.64% de 2005. La reducción del volumen exportado fue de 84.67% en relación con 2005, para un total de 9.587 tmvc, debido a que Venezuela elevó las importaciones provenientes de Brasil y de Cuba, como resultado de sus convenios con ambos gobiernos. Vale la pena anotar que una vez retirada de la CAN, a Venezuela se exportaron 31.346 tmvc en lo restante del año, las cuales no se contabilizan dentro de las exportaciones a la CAN.

Las exportaciones a Ecuador se redujeron a 8.528 tmvc, un 69.9% de 2005 a 2006. Con esta reducción, el mercado ecuatoriano pasó de representar el 9.80% de las exportaciones de la CAN (incluyendo Venezuela hasta abril) en 2005 al 5.28% en 2006. La reducción en las exportaciones a Ecuador se explica por los menores requerimientos de ese país, puesto que su producción aumentó y le permitió una mayor oferta suficiente para atender su demanda interna.

El mercado peruano para el azúcar colombiano, durante el año 2006, fue de 143.494 tmvc, lo cual significa una reducción de 27.59% frente a 2005. Con esta disminución, la participación de las exportaciones de azúcar colombiano a los países de la CAN (incluyendo Venezuela hasta abril) se incrementó de 68.56% a 88.79% en 2005 y 2006, respectivamente. El balance peruano fue deficitario, de manera que fue necesario importar azúcar. Durante el segundo semestre del año, se levantó la salvaguardia que existía sobre las importaciones colombianas, lo cual estimuló las exportaciones de Colombia a Perú.

Las exportaciones a Estados Unidos correspondientes a la cuota establecida por ese país, fueron de 25.485 tmvc en 2006, con un incremento de 30.83% con respecto al año anterior. La cuota se establece para el periodo azucarero que va de octubre a septiembre; por consiguiente esta información puede parecer distorsionada, dado que esta contabilizada de acuerdo con el año calendario. Para el periodo octubre 2006 a septiembre 2007, la cuota asignada a Colombia corresponde a 30.760 tmvc.

El mercado mundial es aquel donde el azúcar colombiano no tiene ninguna preferencia arancelaria. Durante el año 2006, las exportaciones a este mercado se redujeron en 132.648 tmvc, para un total de 738.470 tmvc, que significó una disminución de 15.23% frente a 2005. Este efecto es coherente con el objetivo principal de la producción de alcohol carburante, el cual es reducir las exportaciones a los mercados de menores precios e incrementarlas a los

mercados preferenciales y de mayor valor agregado. De esta forma, las exportaciones de azúcar refinado se incrementaron en 10.50% a estos destinos durante 2006, para alcanzar un volumen de 260.595 tmvc. Los principales destinos de exportación de azúcar en el mercado mundial durante el año 2006 fueron: Haití, Chile, Jamaica , Canadá y México. (Martínez, Asocaña, 2006)

### **Periodo 2007-2008**

En el año 2007 las exportaciones de azúcar disminuyeron 23%, con lo cual se situaron en 716 mil toneladas, frente a 926 mil de 2006. El descenso de las exportaciones es resultado de tres factores: la menor producción de azúcar; el aumento de las ventas de azúcar al mercado nacional, prioritario para el sector azucarero; y la mayor producción de etanol.

Los diez principales destinos de exportación de azúcar de Colombia entre 2006 y 2007 fueron Perú, Chile, Haití, Cuba, Venezuela, Canadá, Jamaica, Trinidad y Tobago, México y Estados Unidos.

El año 2007 se caracterizó por una disminución del precio internacional del azúcar frente al año 2006. El precio del azúcar crudo que se cotiza en la bolsa de Nueva York pasó de 14,6 centavos de dólar por libra en promedio en 2006, a 9,9 centavos en el año 2007, un descenso de 32%. En cuanto al azúcar blanco que se cotiza en la bolsa de Londres, la reducción fue de 27%, pues pasó de 422 dólares por tonelada en 2006 a 310 en 2007. La menor reducción del precio del azúcar blanco frente al crudo, por una mayor demanda del primero, llevó a que el diferencial entre los dos mercados se redujera sólo un 8%, de 99 dólares por tonelada en 2006 a 91 en 2007, una cifra superior al promedio de los últimos 10 años que fue de 65 dólares por tonelada de azúcar.

El alto precio promedio de 2006, el mayor de los últimos 25 años, fue consecuencia de factores climáticos adversos en varios países productores importantes, de la disminución de las exportaciones de la Unión Europea y del bajo crecimiento de la oferta de Brasil. El posterior descenso de los precios, en 2007, se originó principalmente en el incremento sin precedentes en la producción de India: de 15,2 millones de toneladas de azúcar producidas en 2005, pasó a 25,8 millones en 2007, un aumento de 70% en dos años, como consecuencia de la decisión gubernamental de otorgar cuantiosos recursos en subsidios para el almacenamiento y la exportación de azúcar. India pasó de ser uno de los mayores compradores del mundo, con 1,5 millones de toneladas de azúcar importadas en 2005, a uno de los mayores vendedores con 2,5 millones exportadas en 2007. A finales de 2007 y principios de 2008 el precio internacional del azúcar crudo aumentó de nuevo a valores entre 10 y 14 centavos de dólar por libra, debido a dos factores principales: el aumento de los costos de producción de azúcar en dólares en la mayoría de los grandes productores mundiales (incluyendo a Colombia) debido a la apreciación de sus monedas, y a la fuerte inversión mundial en commodities, entre ellos el azúcar, por inversionistas especulativos que aíslan de cierto modo los factores fundamentales del mercado en sus decisiones de inversión.

Para finales de 2008 no se esperan aumentos significativos en los precios internacionales del azúcar, debido a que los fundamentales del mercado indican altos niveles de producción y existencias. (Carvajal, Asocaña, 2007)

### **Periodo 2008-2009**

Dado que el mercado nacional es prioritario para el sector azucarero, las exportaciones de azúcar fueron las más afectadas por el descenso en la producción, al pasar de 716 mil tmvc en 2007 a 478 mil tmvc en 2008, con lo cual registraron una disminución de 33% de un año a otro.

En cuanto a la calidad del azúcar exportado, en el año 2008 el sector consolidó su estrategia de exportar azúcares de mayor calidad frente a períodos anteriores, con el fin de agregar valor a su oferta exportable. Para dar una idea más clara de esta estrategia empresarial de agregar valor a su producción, vale la pena señalar que en el año 2000 el azúcar crudo representó el 66% del total exportado y los blancos (corriente, especial y refinado) apenas el 34%. En el año 2008, en cambio, las exportaciones de azúcar crudo representaron el 25% y las de blancos el 75%.

En cuanto a destinos de exportación, el 75% del total se distribuyó en tres compradores: Chile (28%), Perú (22%) y las islas del Caribe (Barbados, Dominica, Haití, Jamaica, Trinidad y Tobago, con el 25%). El resto de las exportaciones (25%) se destinó a más de 40 países alrededor del mundo.

A pesar de la reducción de 33% en el volumen exportado en 2008 frente a 2007, el valor de las exportaciones descendió un poco menos, el 29%, como consecuencia del aumento de 6,6% en el precio promedio de exportación en 2008 frente a 2007.

La ausencia de los mercados preferenciales de la magnitud estimada y el incremento de la producción azucarera han obligado al sector a exportar a lo que se llama el mercado mundial y, naturalmente, ha conducido a decisiones de diversificación, centradas en la producción de energía y etanol, productos que aun no se venden en el exterior. Con el paso del tiempo y la consolidación de la política de apertura de mercados, el sector azucarero ha sido beneficiado con nuevas oportunidades de acceso a mercados externos que para el año 2008, no se han concretado por estar en procesos de legalización en nuestro país o en el de los socios.

En el acuerdo con Estados Unidos, por ejemplo, se logró obtener un contingente libre de arancel de 50 mil toneladas de azúcar y productos con azúcar, una cantidad superior a la obtenida por otros países en los tratados de libre comercio

firmados recientemente con esa nación, excepto en NAFTA, en el que se acordó la liberación total del universo arancelario.

El gobierno colombiano logró también un acuerdo azucarero sin precedentes con Canadá, país con el que habrá libre comercio azucarero en el año diecisiete de vigencia del tratado; aunque es un plazo largo, el mercado canadiense es uno de los principales del continente americano tanto por su tamaño como por los precios que paga por el azúcar. Asocaña espera que en el acuerdo con la Unión Europea, que está en plena negociación se incorpore el azúcar entre los bienes beneficiarios de desgravación, al menos para un contingente representativo de la capacidad exportadora colombiana y de las importaciones europeas.

Otros acuerdos no han sido exitosos en materia azucarera: México se ha negado a incluir azúcar en los acuerdos de profundización que se han firmado en los últimos diecisiete años; Chile mantiene su banda de precios para el comercio de azúcar con Colombia; y los países de EFTA (Suiza, Noruega, Liechtenstein e Islandia) la excluyeron del acuerdo celebrado en el año 2008.

De manera complementaria a los aspectos enumerados, el gobierno nacional dentro del marco de la ley 101 de 1993 organizó en el año 2000 el Fondo de Estabilización de Precios del Azúcar, instrumento a través del cual se procura que los mejores ingresos logrados por estos acuerdos y los futuros que se puedan alcanzar, sean recibidos por los diferentes ingenios que forman parte del sector. Este fondo es administrado por Asocaña y cuenta en su organismo de dirección con la presencia del Gobierno a través de representantes de los ministerios de Agricultura y Desarrollo Rural y el de Comercio, Industria y Turismo; de los ingenios productores de azúcar y de los cultivadores de caña de azúcar.

El sector azucarero, en fin, ha creído en el modelo económico promovido por el gobierno nacional y hace sus mejores esfuerzos para que su producción

excedentaria y los esfuerzos que realiza permanentemente para mantenerse en el nivel superior de eficiencia productiva le permitan acceder en condiciones preferenciales a los mercados externos importadores de azúcar. (Carvajal, Asocaña, 2008)

### **5.3 MARCO CONCEPTUAL**

Análisis Envolvente de Datos (DEA-Data Envelopment Analysis): Es una herramienta no paramétrica fundamentada en elementos de programación lineal que trata de capturar la eficiencia relativa de una serie de unidades económicas que se desenvuelven en condiciones homogéneas en cuanto a producción, insumos y entorno se refiere.

Base de datos BPR Benchmark: Base de datos con información financiera de empresas y herramientas de análisis, diseñado por expertos analistas de crédito bancario. Manteniendo su foco en análisis de crédito, BPR Benchmark se ha convertido en un recurso único de Inteligencia de Negocios para minimizar el riesgo crediticio, encontrar mejores prospectos de ventas y optimizar la toma de decisiones de negocios.

Competitividad: La capacidad de toda organización, de mantener sistemáticamente ventajas comparativas que le permitan alcanzar, sostener y mejorar una determinada posición en el entorno socioeconómico.

Eficiencia: Es el uso racional de los medios con que se cuenta para alcanzar un objetivo predeterminado. Se trata de la capacidad de alcanzar los objetivos y metas programadas con el mínimo de recursos disponibles y tiempo, logrando de esta forma su optimización.

Frontera eficiente: Son las unidades eficientes que se toman como punto de referencia para identificar cuales son eficientes o ineficientes y así determinar qué variables están afectando la eficiencia.



**Globalización:** Es un conjunto de procesos que involucra países, regiones, gobiernos, empresas y personas alrededor del mundo; es al mismo tiempo, la idea de un mundo interdependiente en donde capital, tecnología, gentes, ideas e influencias culturales fluyen a través de las fronteras sin límites dentro de los estados nacionales, las regiones o localidades; es un proceso totalmente libre de circulación de mercancías, capitales y factores de producción entre los países del mundo, en donde ellos intercambian ampliamente sus producciones y todos los factores circulan si barreras entre las fronteras nacionales.

**Homogéneo:** Que está formado por elementos de la misma clase, de características semejantes o que guardan entre sí una proporción: masa homogénea, mezcla homogénea, un grupo homogéneo.

**Inputs:** Cualquiera de los factores de producción que intervienen en la creación de un bien o servicio. Insumo o materia prima.

**Optimizar:** Planificar una actividad para obtener los mejores resultados.

**Outputs:** Producto que resulta de la combinación de los diversos factores o inputs de producción. Producción que resulta de un proceso.

**Políticas:** Es el conjunto de criterios generales que establecen el marco de referencia para el desempeño de una actividad y sirve de base para la emisión de los lineamientos. Es el proceso orientado ideológicamente hacia la toma de decisiones para la consecución de los objetivos de un grupo.

**Productividad:** La productividad evalúa la capacidad de un sistema para elaborar los productos que son requeridos y a la vez el grado en que aprovechan los recursos utilizados, es decir, el valor agregado.

**Programación Lineal:** Es una de las principales ramas de la Investigación Operativa, debido a que por su naturaleza se facilitan los cálculos y en general

permite una buena aproximación de la realidad. En esta categoría se consideran todos aquellos modelos de optimización donde las funciones que lo componen, es decir, función objetivo y restricciones, son funciones lineales en las variables de decisión.

Relativa: Que no es total ni absoluto y depende de una serie de factores, elementos o circunstancias.

Unidades de Decisión: Son las unidades productivas evaluadas.

## **6. METODOLOGIA**

La investigación se realizó a través del enfoque cuantitativo. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2003) la metodología cuantitativa es “una metodología de investigación que busca cuantificar los datos/ información y, por lo regular, aplica una forma de análisis estadístico. Se define como un tipo de investigación que utiliza métodos totalmente estructurados o formales.

Se utilizó el método inductivo, para realizar a través de la inducción el análisis lógico a situaciones precisas y particulares del problema objeto de investigación, con el fin único de llegar a conclusiones generales y amplias. En este caso, se observaron los ambientes y contextos que enmarcaron el problema para el logro de los objetivos planteados en la investigación.

A través de la técnica de frontera eficiente pudimos determinar el nivel de eficiencia o competitividad de cada una de las empresas productivas del sector azucarero del valle del cauca y así concluir las variaciones existentes en su desempeño y las causas de que se presente esta situación.

### **6.1. TIPO DE ESTUDIO**

La investigación se realizó de tipo descriptivo, según Hernández, Fernández y Baptista (2003) se debe decir cómo se manifiesta y como es determinado fenómeno, y el investigador tiene como principal propósito describir situaciones y eventos. Con este estudio se identificaron las características de las empresas en cuanto a su competitividad y se determino la eficiencia o ineficiencia de cada una

de ellas; realizando una comparación entre ellas la cual permitió establecer las causas que conllevan a que existan tales diferencias.

Debido a que la medición de la competitividad y eficiencia es un tema poco investigado en el sector azucarero, la investigación fue exploratoria, según Hernández y colaboradores (2003) se efectúa normalmente cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado con anterioridad, a través del estudio se adquirió el conocimiento previo del concepto eficiencia y su aplicación a través de la técnica de frontera eficiente en el sector azucarero del Valle del Cauca; con el fin de tener bases suficientes que permitieron obtener datos confiables para su respectivo análisis.

## **6.2. POBLACIÓN**

Para llevar a cabo el estudio se procedió a seleccionar una muestra de la población total de empresas dedicadas a la producción de azúcar (trapiches, ingenios, empresas paneleras), el resultado fue que existen 17 Ingenios a nivel nacional y 11 están ubicados en el Valle del Cauca (incluidas las adquisiciones y fusiones).

## **6.3 TAMAÑO DE LA MUESTRA**

La información se extrajo de la base de datos BPR y para determinar el tamaño de la muestra en la investigación se utilizó el Muestreo Aleatorio Simple, este asegura una muestra representativa y produce una estimación de la cantidad de la población.

Inicialmente se calculó el tamaño de la muestra teniendo en cuenta un nivel de confianza del 90% y un error de estimación del 10%. El tamaño de la muestra fue

calculado bajo el criterio de máxima varianza para la estimación de una proporción. Para este concepto se aplica la siguiente expresión:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 PQ}{E^2}$$

En donde:

n = Tamaño de la muestra máximo para la estimación de una proporción.

Z = Percentil de la distribución normal equivalente a un Nivel de Confiabilidad del 90%

PQ = Es la varianza de la proporción, donde: P representa la proporción de Ingenios que cumplen con las características de evaluación: Q =1-P. El valor de PQ es máximo cuando P = 0.50 y Q = 1 – P = 0.50, por tanto PQ=0.25

E = Error de Muestreo, es la diferencia entre el valor del parámetro que desconocemos y el valor de estimador que estamos encontrando, para este caso este valor es de 0.10.

Después de haber utilizado la expresión anterior, se utilizó el concepto de Tamaño de la muestra corregido por población finita, aplicado en la siguiente ecuación:

$$n_1 = \frac{n.N}{n+N-1}$$

En Donde:

n<sub>1</sub> = Tamaño de la muestra corregido por población finita.

n = Tamaño de la muestra máximo para la estimación de una proporción

N = Población Total

Luego de aplicar el concepto de tamaño de muestra máximo para la estimación de una proporción y el concepto de Tamaño de la muestra corregido por población finita, se podrá sustentar el porqué se toma como tamaño de la muestra, la cantidad de 9 empresas.

$$n = \frac{z^2 P Q N}{(N-1)E^2 + Z^2 P Q}$$

En donde:

n= Tamaño de muestra

Z= Valor Z curva normal (1.96)

P= Probabilidad de éxito (0.50)

Q= Probabilidad de fracaso (0.50)

N= Población (11)

E= Error muestral (0.10)

$$n = \frac{(1.96)^2(0.5)(0.5)(11)}{(11 - 1)(0.10)^2 + (1.96)^2 * (0.5)(0.5)} = 9$$

El tamaño de la muestra corresponde a 9 ingenios ubicados en el Valle del Cauca, distribuidos así:

**Tabla 1. Relación de la muestra seleccionada**

MUESTRA
1. INGENIO LA CABAÑA S.A.
2. INGENIO DEL CAUCA S.A.
3. INGENIO MARIA LUISA S.A.
4. INGENIO MAYUAGUEZ S.A.
5. INGENIO MANUELITA S.A.
6. INGENIO PROVIDENCIA S.A.
7. INGENIO PICHICHI S.A.
8. INGENIO SANCARLOS
9. INGENIO CARMELITA S.A.

Fuente: elaboración propia

**Grafico 8. Mapa del Valle del Cauca con la Ubicación de los ingenios utilizados en la muestra**



Fuente: [www.ingeniorisaralda.com/paginas-202-95-el\\_sector\\_azucarero\\_colombiano](http://www.ingeniorisaralda.com/paginas-202-95-el_sector_azucarero_colombiano)

#### **6.4. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

La información es la “Materia prima” por la cual se puede llegar a explorar, describir y explicar, hechos o fenómenos que definen un problema de investigación (Méndez 1999).

En el presente trabajo se utilizaron las siguientes fuentes de información:

##### **Fuentes primarias**

No se utilizó ningún tipo de fuente primaria, porque no se realizó contacto directo con personas informantes.

## Fuentes Secundarias

Se utilizó información proveniente de la base de datos Benchmark, libros, trabajos de grado, enciclopedias, diccionarios, internet, entre otros.

### 6.5. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La evaluación de este desempeño se hizo a través del análisis envolvente de datos (DEA), el cual permitió identificar la frontera eficiente del sector azucarero del Valle del Cauca, sirviendo como punto de referencia para determinar la eficiencia o ineficiencia de cada una de las empresas y se realizó así una comparación entre ellas con la cual se determinaron las causas que conllevan a que se presenten ineficiencias.

Para aplicar el Análisis Envolvente de Datos se definieron las variables que explican de mejor manera la eficiencia de una empresa del sector azucarero, asumiendo, como es del caso, que toda organización es un sistema que requiere de insumos y genera productos. Éstas se relacionan a continuación de acuerdo a su clasificación:

**Tabla 2. Relación de las variables seleccionadas**

<b>INPUTS</b>	<b>OUTPUTS</b>
Total de Empleados (TE)	Producción (P)
Activos Fijos (AF)	
Obligaciones Financieras (OF)	Venta (V)
Capital (C)	
Gastos financieros (GF)	

Fuente: elaboración propia



## 6.6 RESULTADOS

Una vez extraída toda la información de la base de datos Benchmark, calculados los valores de las variables inputs y outputs y aplicando el modelo DEA con el Software Matlab y con orientación bajo rendimientos de escala constantes como variables, se han obtenido los resultados descritos a continuación:

La tabla 3 presenta los valores de cada una de las variables consideradas como indicadores inputs y outputs definidas para el modelo DEA del año 2005

**Tabla 3. Datos de inputs y outputs del año 2005**

DMU	TE	AF	OF	C	GF	P	V
CARLOS SARMIENTO L. Y CIA	828	30.372	4.383	7.429	4.003	8.061	78.971
INGENIO CARMELITA S.A.	633	7.665	3.168	2.160	2.233	3.646	58.897
INGENIO DEL CAUCA S.A.	1.414	192.711	62.956	6.143	94.445	39.949	347.414
INGENIO LA CABAÑA S.A.	1.675	92.395	36.729	21.202	11.527	24.718	156.379
INGENIO MARIA LUISA S.A	360	5.712	800	683	763	6.333	21.212
INGENIO PICHICHI S.A.	809	44.268	11.794	14.674	6.981	8.146	108.538
INGENIO PROVIDENCIA S.A	996	139.100	61.631	13	32.526	26.762	256.841
MANUELITA S.A	1.571	135.968	14.337	4.824	30.006	30.704	312.293
MAYAGUEZ S.A	1.090	88.914	1.422	9.657	12.369	16.768	210.925

Fuente: Elaboración propia

Notas: TE: total de empleados; AF: activos fijos; OF: obligaciones financieras; C: capital; GF: gastos financieros; P: producción, V: Ventas.

En la tabla 4 se incluye el nivel de eficiencia obtenido por las 9 DMUs en el año 2005, mediante la aplicación del modelo CCR, se obtuvo que el 67% de los ingenios son eficientes (Eficiencia=1), estos determinan la frontera eficiente a la cual deberían de aproximarse aquellas unidades (ingenios) no eficientes (Eficiencia < 1) en cuanto al consumo de los inputs y producción de outputs.

**Tabla 4 Frontera eficiente para el sector azucarero en el año 2005**

<b>DMU</b>	<b>EFICIENCIA</b>
CARLOS SARMIENTO L. Y CIA	0,90163184
INGENIO CARMELITA S.A.	1
INGENIO DEL CAUCA S.A.	1
INGENIO LA CABAÑA S.A.	0,83852142
INGENIO MARIA LUISA S.A	1
INGENIO PICHICHI S.A.	0,86740653
INGENIO PROVIDENCIA S.A.	1
MANUELITA S.A	1
MAYAGUEZ S.A	1

Fuente: elaboración propia a partir de la aplicación del programa DEA para Matlab

En la tabla 5 se presenta la cantidad de inputs ideal que debe consumir cada una de las DMUs ineficientes para alcanzar el nivel de eficiencia, manteniendo los outputs constantes, como es el caso del Ingenio Carlos Sarmiento el cual debe disminuir el número de empleados de 828 a 747, sus activos fijos de 30.372 a 20.777, sus obligaciones financieras de 4.383 a 2.624, el capital de 7.429 a 3.126 y los gastos financieros de 4.003 a 3.609; el Ingenio La Cabaña S.A debe disminuir el número de empleados de 1.675 a 1.405, sus activos fijos de 92.395 a 60.817, sus obligaciones financieras de 36.729 a 8.544, el capital de 21.202 a 5.291 y los gastos financieros de 11.527 a 9.666 y el ingenio Pichichi S.A debe disminuir su número de empleados de 809 a 702, sus activos fijos de 44.268 a 38.398, sus obligaciones financieras de 11.794 a 1.919, el capital de 14.674 a 4.739 y los gastos financieros de 6.981 a 5.842; de lo cual podemos deducir que estas DMUs deben implementar un margen en el ahorro de recursos, sin modificar el nivel de outputs, así: en promedio un 67% sus obligaciones financieras y su capital, sus activos fijos en promedio de un 37% ; el total de empleados y sus gastos financieros un 15% en promedio

**Tabla 5 Valores ideales para las DMU ineficientes en el año 2005**

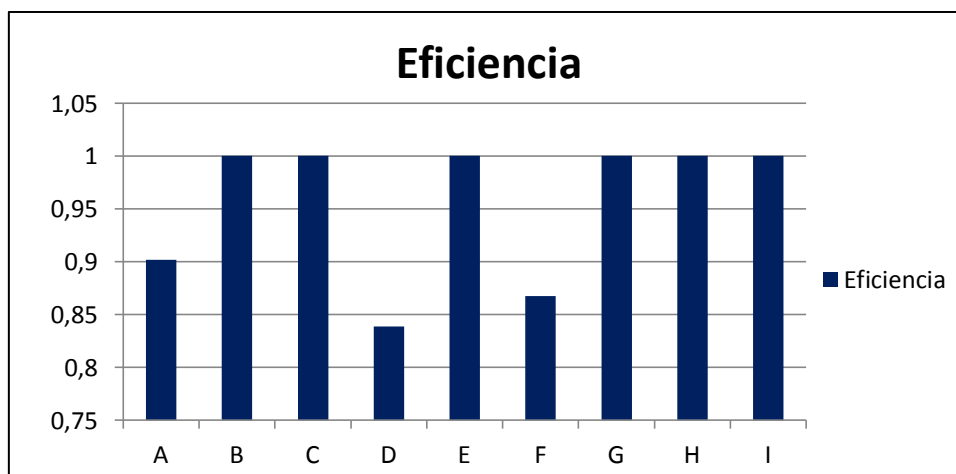
DMU	TE	AF	OF	C	GF	P	V
CARLOS SARMIENTO L. Y CIA	747	20.777	2.624	3.126	3.609	8.061	78.971
INGENIO LA CABAÑA S.A.	1.405	60.817	8.544	5.291	9.666	24.718	156.379
INGENIO PICHICHI S.A.	702	38.398	1.919	4.739	5.842	8.184	108.538

Fuente: elaboración propia a partir de la aplicación del programa DEA para Matlab

Notas: TE: total de empleados; AF: activos fijos; OF: obligaciones financieras; C: capital; GF: gastos financieros; P: producción, V: Ventas.

El gráfico 9 representa el nivel de eficiencia de cada DMU para el año 2005.

**Gráfico 9 Frontera Eficiente para el año 2005**



Fuente: elaboración propia

Notas: A: Carlos Sarmiento I. y CIA; B: Ingenio Carmelita S.A.; C: Ingenio del Cauca S.A.; D: Ingenio la Cabaña S.A.; E: Ingenio Maria Luisa S.A ; F: Ingenio Pichichi S.A.; G: Ingenio Providencia S.A.; H: Manuelita S.A; I: Mayagüez S.A

La tabla 6 presenta los valores de cada una de las variables consideradas como indicadores inputs y outputs definidas para el modelo DEA del año 2006

**Tabla 6. Datos de inputs y outputs del año 2006**

DMU	TE	AF	OF	C	GF	P	V
CARLOS SARMIENTO L. Y CIA	842	30.485	4.164	7.720	7.030	8.887	102.919
INGENIO CARMELITA S.A.	663	7.588	1.071	2.160	4.268	6.892	86.958
INGENIO DEL CAUCA S.A.	1.436	189.244	61.152	6.146	54.048	51.401	542.285
INGENIO LA CABAÑA S.A.	1.697	89.924	34.967	21.202	19.358	25.103	195.857
INGENIO MARIA LUISA S.A	354	5.369	562	683	1091	6.586	25.600
INGENIO PICHICHI S.A.	740	44.088	12.065	14.674	9.323	11.210	151.025
INGENIO PROVIDENCIA S.A.	1024	135.845	52.600	13	16.484	27.740	374.085
MANUELITA S.A	1.397	160.269	12.240	2.400	133.597	25.405	404.433
MAYAGUEZ S.A	1.090	100.963	4.751	9.657	15.739	20.986	276.953

Fuente: Elaboración propia

Notas: TE: total de empleados; AF: activos fijos; OF: obligaciones financieras; C: capital; GF: gastos financieros; P: producción, V: Ventas.

En la tabla 7 se incluye el nivel de eficiencia obtenido por las 9 DMUs en el año 2006, mediante la aplicación del modelo CCR, se obtuvo que el 67% de los ingenios son eficientes (Eficiencia=1), estos determinan la frontera eficiente a la cual deberían de aproximarse aquellas unidades (ingenios) no eficientes (Eficiencia < 1) en cuanto al consumo de inputs y producción de outputs.

**Tabla 7 Frontera eficiente para el sector azucarero en el año 2006**

DMU	EFICIENCIA
CARLOS SARMIENTO L. Y CIA	0,744526319
INGENIO CARMELITA S.A.	1
INGENIO DEL CAUCA S.A.	1
INGENIO LA CABAÑA S.A.	0,662630101
INGENIO MARIA LUISA S.A	1
INGENIO PICHICHI S.A.	0,924288795

INGENIO PROVIDENCIA S.A.	1
MANUELITA S.A	1
MAYAGUEZ S.A	1

Fuente: elaboración propia a partir de la aplicación del programa DEA para Matlab

En la tabla 8 encontramos la cantidad de inputs ideal que debe consumir cada una de las DMUs ineficientes para alcanzar el nivel de eficiencia, manteniendo los outputs constantes, como es el caso del ingenio Carlos Sarmiento debe disminuir su número de empleados de 842 a 627, sus activos fijos de 30.485 a 22.697, sus obligaciones financieras de 4.164 a 3.100, el capital de 7.720 a 2.602 y los gastos financieros de 7.030 a 5.234, el ingenio La Cabaña S.A debe disminuir el número de empleados de 1.697 a 1.124, sus activos fijos de 89.924 a 59.586, sus obligaciones financieras de 34.967 a 18.248, el capital de 21.202 a 2.433 y los gastos financieros de 19.358 a 12.827 y el ingenio Pichichi S.A debe disminuir el número de empleados de 740 a 684, sus activos fijos de 44.088 a 40.750, sus obligaciones financieras de 12.065 a 11.152, el capital de 14.674 a 2.369 y los gastos financieros de 9.323 a 8.617; de lo cual podemos deducir que estas DMU deben implementar un margen para el ahorro de recursos, sin modificar el nivel de output, así: en promedio un 80% el capital, sus obligaciones financieras en promedio de un 27% y el total de empleados , sus activos fijos y sus gastos financieros en promedio de un 23%.

**Tabla 8 Valores ideales para las DMU ineficientes en el año 2006**

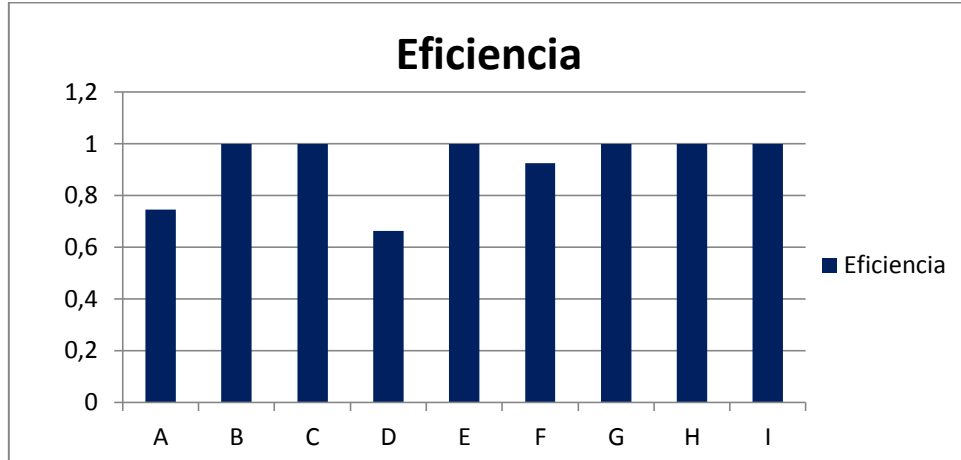
DMU	TE	AF	OF	C	GF	P	V
CARLOS SARMIENTO L. Y CIA	627	22.697	3.100	2.602	5.234	8.887	102.919
INGENIO LA CABAÑA S.A.	1.124	59.586	18.248	2.433	12.827	25.103	195.857
INGENIO PICHICHI S.A.	684	40.750	11.152	2.369	8.617	12.014	151.025

Fuente: elaboración propia a partir de la aplicación del programa DEA para Matlab

Notas: TE: total de empleados; AF: activos fijos; OF: obligaciones financieras; C: capital; GF: gastos financieros; P: producción, V: Ventas.

En el gráfico 10 representa el nivel de eficiencia de cada DMU para el año 2006.

**Gráfico 10 frontera eficiente para el año 2006**



Fuente: elaboración propia

Notas: A: Carlos Sarmiento I. y CIA; B: Ingenio Carmelita S.A; C: Ingenio del Cauca S.A.; D: Ingenio la Cabaña S.A.; E: Ingenio Maria Luisa S.A ; F: Ingenio Pichichi S.A.; G: Ingenio Providencia S.A.; H: Manuelita S.A; I: Mayagüez S.A

La tabla 9 presenta los valores de cada una de las variables consideradas como indicadores inputs y outputs definidas para el modelo DEA del año 2007

**Tabla 9. Datos de inputs y outputs del año 2007**

DMU	TE	AF	OF	C	GF	P	V
CARLOS SARMIENTO L. Y CIA	873	32.511	920	8.768	3.807	7.568	90.538
INGENIO CARMELITA S.A.	641	15.488	10.021	2.160	4.989	7.424	74.274
INGENIO DEL CAUCA S.A.	1.452	237.980	90.704	6.146	32.650	33.174	412.934
INGENIO LA CABAÑA S.A.	1.582	87.592	82.307	21.202	15.499	25.064	174.663
INGENIO MARIA LUISA S.A	402	5.698	602	683	881	7.173	23.786
INGENIO PICHICHI S.A.	707	49.703	27.038	24.700	10.520	12.088	121.886
INGENIO PROVIDENCIA S.A.	1051	172.173	78.048	13	13.617	16.964	311.287
MANUELITA S.A	1.403	144.427	22.883	2.400	31.014	21.215	390.551
MAYAGUEZ S.A	1.090	97.842	9.511	9.657	32.623	19.840	267.400

Fuente: Elaboración propia

Notas: TE: total de empleados; AF: activos fijos; OF: obligaciones financieras; C: capital; GF: gastos financieros; P: producción, V: Ventas.

En la tabla 10 se incluye el nivel de eficiencia obtenido por las 9 DMUs en el año 2007, mediante la aplicación del modelo CCR, se obtuvo que el 71% de los ingenios son eficientes (Eficiencia=1), estos determinan la frontera eficiente a la cual deberían de aproximarse aquellas unidades (ingenios) no eficientes (Eficiencia < 1) en cuanto al consumo de inputs y producción de outputs.

**Tabla 10 Frontera eficiente para el sector azucarero en el año 2007**

DMU	EFICIENCIA
CARLOS SARMIENTO L. Y CIA	1
INGENIO CARMELITA S.A.	1
INGENIO DEL CAUCA S.A.	1
INGENIO LA CABAÑA S.A.	0,841732481
INGENIO MARIA LUISA S.A	1
INGENIO PICHICHI S.A.	0,961375217
INGENIO PROVIDENCIA S.A.	1
MANUELITA S.A	1
MAYAGUEZ S.A	1

Fuente: elaboración propia a partir de la aplicación del programa DEA para Matlab

En la tabla 11 encontramos la cantidad de inputs ideal que debe consumir cada una de las DMUs ineficientes para alcanzar el nivel de eficiencia, manteniendo los outputs constantes, como es el caso del ingenio La Cabaña S.A debe disminuir el número de empleados de 1.582 a 1.332, sus activos fijos de 87.592 a 73.729, sus obligaciones financieras de 82.307 a 20.261, el capital de 21.202 a 3.924 y los gastos financieros de 15.499 a 13.046 y el ingenio Pichichi S.A debe disminuir el número de empleados de 707 a 680, sus activos fijos de 49.703 a 47.783, sus obligaciones financieras de 27.038 a 9.885, el capital de 24.700 a 2.182 y los gastos financieros de 10.520 a 10.114; de lo cual podemos deducir que estas

DMU deben implementar un margen para el ahorro de recursos, sin modificar el nivel de output, así: en promedio un 87% el capital, sus obligaciones financieras en promedio de un 70% y el total de empleados , sus activos fijos y sus gastos financieros en promedio de un 10%.

**Tabla 11 Valores ideales para las DMU ineficientes en el año 2007**

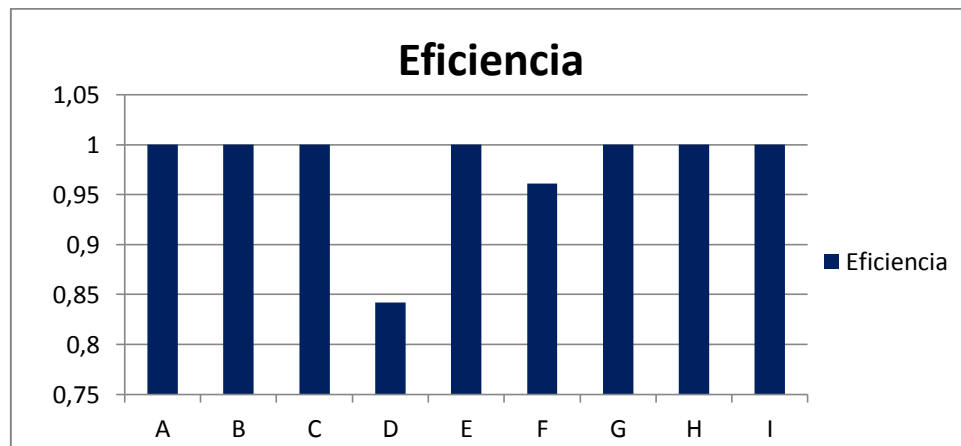
DMU	TE	AF	OF	C	GF	P	V
INGENIO LA CABAÑA S.A.	1.332	73.729	20.261	3.924	13.046	25.064	174.663
INGENIO PICHICHI S.A.	680	47.783	9.885	2.182	10.114	12.088	121.886

Fuente: elaboración propia a partir de la aplicación del programa DEA para Matlab

Notas: TE: total de empleados; AF: activos fijos; OF: obligaciones financieras; C: capital; GF: gastos financieros; P: producción, V: Ventas.

En el gráfico 11 representa el nivel de eficiencia de cada DMU del año 2007.

**Gráfico 11 Frontera Eficiente del año 2007**



Fuente: elaboración propia

Notas: A: Carlos Sarmiento I. y CIA; B: Ingenio Carmelita S.A; C: Ingenio del Cauca S.A.; D: Ingenio la Cabaña S.A.; E: Ingenio Maria Luisa S.A ; F: Ingenio Pichichi S.A.; G: Ingenio Providencia S.A.; H: Manuelita S.A; I: Mayagüez S.A



La tabla 12 presenta los valores de cada una de las variables consideradas como indicadores inputs y outputs definidas para el modelo DEA para el año 2008

**Tabla 12. Datos de inputs y outputs para el año 2008**

DMU	TE	AF	OF	C	GF	P	V
CARLOS SARMIENTO L. Y CIA	873	34.651	4.264	8.768	7.759	10.623	96.127
INGENIO CARMELITA S.A.	641	15.367	8.540	2.160	5.820	7.862	76.890
INGENIO DEL CAUCA S.A.	1.452	252.087	155.934	6.273	99.487	38.124	373.628
INGENIO LA CABAÑA S.A.	1.534	88.246	134.789	21.202	20.951	30.912	206.545
INGENIO MARIA LUISA S.A	402	5.706	165	683	929	7.526	17.194
INGENIO PICHICHI S.A.	707	49.051	8.968	27.700	14.328	9.137	117.085
INGENIO PROVIDENCIA S.A.	1051	255.678	152.371	13	16.897	28.370	259.747
MANUELITA S.A	1.403	154.596	15.843	2.400	46.267	35.091	294.071
MAYAGUEZ S.A	1.097	134.553	44.144	9.858	38.439	26.282	331.046

Fuente: Elaboración propia

Notas: TE: total de empleados; AF: activos fijos; OF: obligaciones financieras; C: capital; GF: gastos financieros; P: producción, V: Ventas.

En la tabla 13 se incluye el nivel de eficiencia obtenido por las 9 DMUs en el año 2008, mediante la aplicación del modelo CCR, se obtuvo que el 71% de los ingenios son eficientes (Eficiencia=1), estos determinan la frontera eficiente a la cual deberían de aproximarse aquellas unidades (ingenios) no eficientes (Eficiencia < 1) en cuanto al consumo de inputs y producción de outputs.

**Tabla 13 Frontera Eficiente para el sector azucarero en el año 2008**

DMU	EFICIENCIA
CARLOS SARMIENTO L. Y CIA	1
INGENIO CARMELITA S.A.	1
INGENIO DEL CAUCA S.A.	1
INGENIO LA CABAÑA S.A.	0,985051847
INGENIO MARIA LUISA S.A	1

INGENIO PICHICHI S.A.	0,990931792
INGENIO PROVIDENCIA S.A.	1
MANUELITA S.A	1
MAYAGUEZ S.A	1

Fuente: elaboración propia a partir de la aplicación del programa DEA para Matlab

En la tabla 14 encontramos la cantidad de inputs ideal que debe consumir cada una de las DMUs ineficientes para alcanzar el nivel de eficiencia, manteniendo los outputs constantes, como es el caso del ingenio La Cabaña S.A debe disminuir el número de empleados de 1.534 a 1.511, sus activos fijos de 88.246 a 86.927, sus obligaciones financieras de 134.789 a 28.290, el capital de 21.202 a 6.151 y los gastos financieros de 20.951 a 20.638 y el ingenio Pichichi S.A debe disminuir el número de empleados de 707 a 701, sus activos fijos de 49.051 a 48.606, sus obligaciones financieras de 8.968 a 8.887, el capital de 27.700 a 3.598 y los gastos financieros de 14.328 a 14.198; de lo cual podemos deducir que estas DMU deben implementar un margen para el ahorro de recursos, sin modificar el nivel de output, así: en promedio un 79% el capital, sus obligaciones financieras en promedio de un 40% y el total de empleados , sus activos fijos y sus gastos financieros en promedio de un 1%.

**Tabla 14 Valores ideales para las DMU ineficientes en el año 2008**

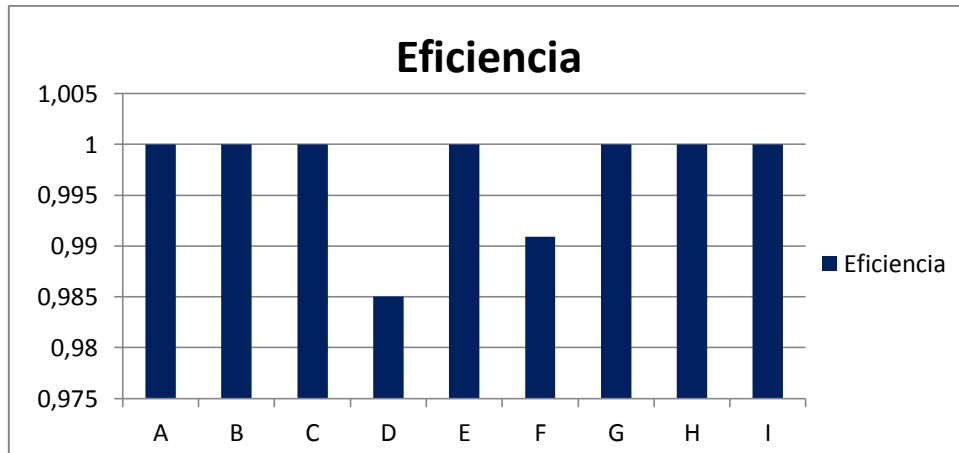
DMU	TE	AF	OF	C	GF	P	V
INGENIO LA CABAÑA S.A.	1.511	86.927	28.290	6.151	20.638	30.912	206.545
INGENIO PICHICHI S.A.	701	48.606	8.887	3.598	14.198	12.635	117.085

Fuente: elaboración propia a partir de la aplicación del programa DEA para Matlab

Notas: TE: total de empleados; AF: activos fijos; OF: obligaciones financieras; C: capital; GF: gastos financieros; P: producción, V: Ventas.

En el gráfico 12 representa el nivel de eficiencia de cada DMU del año 2008.

**Gráfico 12 frontera eficiente del año 2008**



Fuente: elaboración propia

Notas: A: Carlos Sarmiento I. y CIA; B: Ingenio Carmelita S.A; C: Ingenio del Cauca S.A.; D: Ingenio la Cabaña S.A.; E: Ingenio Maria Luisa S.A ; F: Ingenio Pichichi S.A.; G: Ingenio Providencia S.A.; H: Manuelita S.A; I: Mayagüez S.A

En la tabla 15 se muestra el comportamiento de las DMU ineficientes: el Ingenio Carlos Sarmiento, el Ingenio la Cabaña y el Ingenio Pichichi para los años 2005 y 2006 los cuales representan el 33 % de la muestra; mientras que en el 2007 y 2008 equivalen al 29% de la muestra donde se ubican el Ingenio la cabaña y el Ingenio Pichichi.

En el Ingenio Carlos Sarmiento la ineficiencia aumento en el 2006 con respecto al 2005 en un 17 %, mientras que para el año 2007 y 2008 alcanzo un máximo desempeño ubicándose dentro de la frontera eficiente; el ingenio la cabaña presenta mayor ineficiencia en el 2006 con respecto al 2005 con un incremento del 21% ,mientras que en el 2007 esta ineficiencia disminuyo con respecto al año 2006 en un 27% y en el año 2008 disminuyo aun más en un 17 % con respecto al año 2007 aproximándose a la frontera eficiente y para el Ingenio Pichichi la

ineficiencia muestra una disminución año tras año en: un 6.5% en el 2006, un 4 % en el 2007 y un 3.1 % en el 2008. Esto hace suponer que la toma de decisiones por parte de la administración fue la apropiada, ya que va en busca de una mayor eficiencia que les permita ser más competitivos frente a los demás.

**Tabla 15 comportamiento de las DMU ineficientes**

DMU	EFICIENCIA			
	2005	2006	2007	2008
CARLOS SARMIENTO L. Y CIA	0,90163184	0,74452632	1	1
INGENIO LA CABAÑA S.A.	0,83852142	0,66263010	0,84173248	0,98505185
INGENIO PICHICHI S.A.	0,86740653	0,92428880	0,96137522	0,99093179

Fuente: elaboración propia

## 7. CONCLUSIONES

Con base en la información obtenida acerca de la eficiencia de los 9 ingenios del Valle del Cauca tomados como muestra, se pudo observar que las DMUs eficientes son más representativas, las cuales equivalen al 67% de la muestra durante los años 2005 y 2006, también se observa un incremento de esta proporción en un 4% durante los años 2007 y 2008, lo que muestra una mejor administración de los recursos, en la búsqueda de mayor eficiencia y competitividad.

En la búsqueda de eficiencia de aquellas DMUs alejadas de la frontera eficiente se pudo observar que para el año 2006 presentaron un comportamiento negativo apartándose más de la frontera eficiente a pesar de mostrar un incremento en la producción y ventas, que se debió principalmente a el incremento de los gastos financieros, por lo que podemos deducir que se generaron intereses muy altos o se otorgaron descuentos muy elevados que terminaron afectando el desempeño.

Por otro lado estas mismas DMUs para el año 2007 presentaron un comportamiento más eficiente que siguió de manera progresiva para el año 2008 debido a la disminución tanto de las obligaciones financieras como de los gastos financieros y gracias a la capitalización de las empresas que han permitido adquisición de mayor tecnología haciéndolas más productivas y por lo tanto más eficientes.

Por último, el análisis DEA ha permitido realizar un análisis de benchmarking basándose en las organizaciones que mejor operan o administran los recursos y obtienen mejores resultados en el grupo de empresas seleccionadas, lo que

permite sugerir la mejora de los inputs utilizados por los ingenios identificados como ineficientes, al objeto de servir de guía para su gestión futura.

Se concluye que los ingenios ineficientes pueden mejorar su eficiencia adoptando medidas estratégicas adecuadas para obtener la mejor combinación de recursos. La transmisión de las características de las empresas eficientes posibilita el mejoramiento de la competitividad de las empresas en el sector.

## 8. BIBLIOGRAFIA

Álvarez, Pinilla A (2002): “La Medición de la Eficiencia y la Productiva”. Editorial Pirámide. Madrid.

Banker, R.D.; Charnes, A. Y Cooper, W.W. (1984): “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in DEA”, Management Science, vol. 30, n° 9, pp. 1078-1092.

Berrío Guzmán Deysi, Muñoz Santiago Alberto. (2005) “Análisis de la eficiencia relativa del sistema bancario en Colombia en el período 1993-2003 y propuesta estratégica de fortalecimiento.

Calvillo Morán, Fernando: “Evaluación de la Eficiencia de la Agroindustria azucarera de México mediante el Análisis Envolvente de Datos”. Guadalajara: Trabajo inédito elaborado para el curso de Tópicos Selectos de Métodos Cuantitativos II. Diciembre 2007.

Carvajal Alex, Asocaña, “Informe anual sector azucarero año 2007-2008”

Carvajal Alex, Londoño Capurro Luis Fernando, Martínez Johan, Asocaña, “Informe anual sector azucarero año 2008-2009”

Charnes, A., Cooper, W.W. y Rhodes, E. (1978): “Measuring the Efficiency of decision Making Units”. European Journal of Operational Research, 2: 429-444

Coll Serrano, V. y Blasco B., O. Ma: “Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos. Valencia”. Universidad de Valencia, 2006.

URL <<http://www.eumed.net/libros/2006c/197/index.htm>>.

Farrell, MJ (1957): "The Measurement of Productive Efficiency". Journal of the Royal Statistical Society, Series A, 120, Part III, 253-290.

Fernández Santos, Yolanda, Morala Gómez, Belén: "Estudio de la eficiencia en costes en las empresas del sector vinícola de la comunidad autónoma de castilla y león" (españa)

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" tesis de Doctorado Universidad de Valladolid ciencia económicas y empresariales

Hallivis, Pelayo Manuel (2003), *Teoría General de la Interpretación*, Editorial Porrúa, México

Hernández, Fernández, Baptista: "Metodología de la Investigación", 4 Ed., 2006, Editorial Mc Graw hill.

López, Astudillos Andrés: "Particularidades De La Industria Azucarera", 2008  
URL <[www.icesi.edu.co/blogs](http://www.icesi.edu.co/blogs)>

Martinez Johan, Asocaña, "Informe anual sector azucarero año 2005-2006"

Martinez Johan, Asocaña, "Informe anual sector azucarero año 2006-2007"

Méndez, Álvarez Carlos Eduardo (1999): "Metodología guía para elaborar diseños de investigación en ciencias económicas, contables y administrativas". Ed. Mc Graw-hill Interamericana, segunda edición, Santa fe de Bogotá Colombia.



Pazos, Luis (1998), Globalización. Riesgos y Ventajas, Séptima impresión, de la Primera Edición, Editorial Diana. México.

Quintero Otero, Jorge “Competitividad en la industria manufacturera de Cartagena: Un análisis de eficiencia técnica en el periodo 2001-2004”. Observatorio del Caribe Colombiano.

Rodríguez, Carlos (2007). “¿Competir con el empleo precario?”, Economía Colombiana, No. 320, pp. 50-63, septiembre.

Rojas Patricia, Romero Sergio, Sepúlveda Sergio, José San (2000): “Algunos ejemplos de cómo medir la competitividad”, 49 p. (Serie Cuadernos Técnicos / IICA; no. 14)

Ruiz, Álvaro (2004). “Aplicación del método de optimización DEA en la evaluación de la eficiencia técnica de las seccionales de la fiscalía”. En: Universidad de los Andes. Documento CEDE 2004-12, Febrero

Sarmiento, Miguel. (2006) “Eficiencia en la Banca Central Moderna: Teoría, Evidencia y Lecciones para América Latina”. Ciclo de Conferencias de Banca Central del Ecuador.

Schuschny, Andrés Ricardo. (2007) “El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe”. Santiago de Chile.

URL<[www.colombiastad.gov.co/index.php?option=com\\_glossary&func=view&Itemid=25&catid=113&term=TECNICAS+NO+PARAMETRICAS](http://www.colombiastad.gov.co/index.php?option=com_glossary&func=view&Itemid=25&catid=113&term=TECNICAS+NO+PARAMETRICAS)>

URL<[www.ingeniorisaralda.com/paginas202-95-el\\_sector\\_azucarero\\_colombiano](http://www.ingeniorisaralda.com/paginas202-95-el_sector_azucarero_colombiano)>

Valero, Gigliola (2009). “Impacto socioeconómico del sector azucarero en la Economía Colombiana”. Centro de Investigación Económica y Social FEDESARROLLO