

Medición de la eficiencia técnica en Unidades Básicas de Producción Cooperativas cañeras

Dr. Alberto Averoff.
Departamento de Economía
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

MSc. Grisel Y. Barrios Castillo
Departamento de Economía
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
E-mail: gbarrios@fce.uclv.edu.cu

RESUMEN

En este trabajo se presenta un estudio sobre la medición de la eficiencia técnica empleando una metodología no paramétrica conocida como *Análisis Envolvente de Datos*. La misma permite comparar empresas que realizan producciones similares en con el fin de determinar la eficiencia relativa dentro del conjunto de entidades seleccionadas. La metodología propuesta se aplicó a las Unidades Básicas de Producción Cooperativa Cañeras de la provincia de Villa Clara. Definiéndose como principal *output* la producción de caña y como principales *inputs* las hectáreas de tierra cultivable y el número de trabajadores se obtuvo como resultado las entidades eficientes e ineficientes en el empleo de estos recursos básicos para obtener los niveles de caña esperados.

INTRODUCCIÓN

Los estudios de cómo medir la eficiencia productiva cada día experimentan mayor desarrollo debido, entre otros factores, a la creciente competitividad en todos los sectores económicos y el avance de la globalización. En un entorno donde la supervivencia es cada vez más difícil se buscan y perfeccionan métodos que garanticen la fiabilidad de la evaluación de la eficiencia productiva en la esfera empresarial. La idea de comparar la actuación real de la empresa con respecto a un óptimo es una tarea de gran complejidad, si se tiene en cuenta que resulta extremadamente difícil tener un conocimiento perfecto del mundo en que se desenvuelve la misma, de ahí que la mayoría de las investigaciones que se han realizado en los últimos años sobre la medición de la eficiencia prefieran comparar el comportamiento de una empresa del conjunto muestral con otras similares, realizándose comparaciones múltiples que conllevan a resultados más objetivos. Como resultado se obtienen empresas que clasifican como eficientes y otras como ineficientes. Las empresas eficientes conforman una frontera de producción, las empresas ineficientes tendrán como referencia dicha frontera, la cual les permitirá definir individualmente el plan de acciones para la mejora a partir de aquella entidad eficiente que presente características muy similares.

Los estudios realizados en Cuba sobre la medición de la eficiencia se concentran en la comparación de indicadores tales como costos, utilidades, productividad de los factores relevantes del proceso productivo analizado, entre otros. El empleo de métodos no convencionales para el análisis de eficiencia aún no prolifera en trabajos de investigación por lo que el objetivo de este trabajo es demostrar las potencialidades de una metodología que puede ayudar a robustecer el proceso de decisiones en la búsqueda de mayores niveles de eficiencia en todos los sectores de la economía.

1. La medición de la eficiencia productiva

En la literatura económica al concepto de eficiencia se le ha dado diversas interpretaciones. Puesto que este concepto es central en este trabajo, conviene aclarar las diferencias entre términos tales como eficacia, eficiencia y productividad

La noción de eficacia se refiere únicamente a la obtención de resultados, sin tener en cuenta los recursos empleados por parte de las unidades productivas, mientras que la eficiencia, en su dimensión más amplia, únicamente con el fin de distinguirla de la eficacia, se corresponde con la capacidad de obtener objetivos por medio de una relación deseable entre los factores y resultados productivos, esto es, maximizar la producción con el mínimo de recursos o minimizar los recursos dado un nivel de producción a alcanzar.

La productividad media de un factor, se corresponde con la relación de un output con el factor productivo, que se encuentre entre los relevantes, que ayude a su obtención. Si se quiere comparar eficiencia relativa de varias empresas, utilizando únicamente este indicador, debe cumplirse el supuesto de que la combinación de factores para obtener un nivel de output es invariable, esto es, no hay posibilidades de sustitución entre inputs.

Farell (1957) fue el primero en dividir el concepto de eficiencia en dos componentes: técnica y asignativa, además de desarrollar un método para el cálculo empírico para medir la eficiencia relativa de un conjunto de empresas. Este trabajo tuvo como antecedentes las investigaciones realizadas por Koopmans (1951) y Debreu (1951). Koopmans fue quien dio por primera vez una definición de eficiencia productiva; centrándose en la eficiencia técnica afirmó que una combinación factible de inputs y outputs es técnicamente eficiente, si es tecnológicamente imposible aumentar algún output o reducir algún input sin reducir simultáneamente al menos otro output 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 para un nivel dado de outputs.

La eficiencia asignativa consiste para Farell (1957) en elegir, entre las combinaciones de inputs y outputs técnicamente eficientes, aquellas que, considerando los precios de los inputs, resulten más baratas.

Para toda empresa que desee maximizar su beneficio resulta importante conocer cual es el plan de producción que le permite alcanzar su principal meta y definir acciones que le permitan acercarse al estado deseado a partir del conocimiento y análisis del estado real. Lo difícil es conocer la distancia entre ambos estados. Esta es la cuestión que motivó a Farell (1957) a proponer la forma de medir empíricamente la eficiencia, proponiendo considerar como referencia eficiente la mejor práctica observada entre la muestra de empresas objeto de estudio, calculando los índices de eficiencia de cada una en comparación con las que presentan un mejor comportamiento.

Farrell estableció los conceptos de eficiencia de eficiencia técnica y eficiencia precio. La primera consiste en producir lo máximo posible a partir de unos inputs dados. La segunda es la que obtiene aquella unidad productiva que utilice una combinación de inputs que, con el mínimo coste, alcanzara un output determinado a unos precios preestablecidos.

Para Farell el grado de eficiencia de una empresa puede cuantificarse por la distancia de las unidades a la frontera de producción. En la figura 1 se presenta la función de producción para el caso más sencillo, un único input X y un único output Y. La eficiencia (técnica) de la unidad F en términos de input viene dada por el ratio OA/OA' y, en términos de outputs por el ratio OB/OB' . La eficiencia de la unidad E, ubicada sobre la frontera, es igual a la unidad, lo que indica que esta unidad alcanza la máxima eficiencia, tanto en términos de inputs como en términos de outputs.

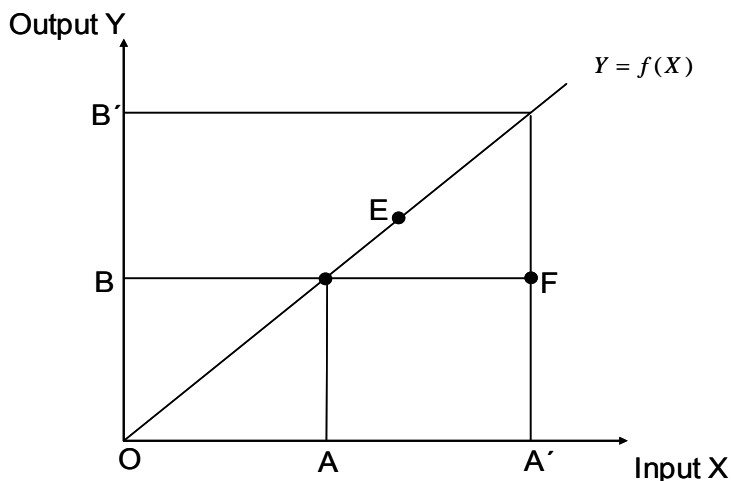


Figura 1: Función de producción con un único input y único output

En el caso de m inputs y n outputs, la eficiencia se medirá por la distancia existente entre la unidad evaluada y la isocuanta m -dimensional o la frontera de posibilidades de producción (FPP) s -dimensional, a lo largo del vector que pasa por dicha unidad

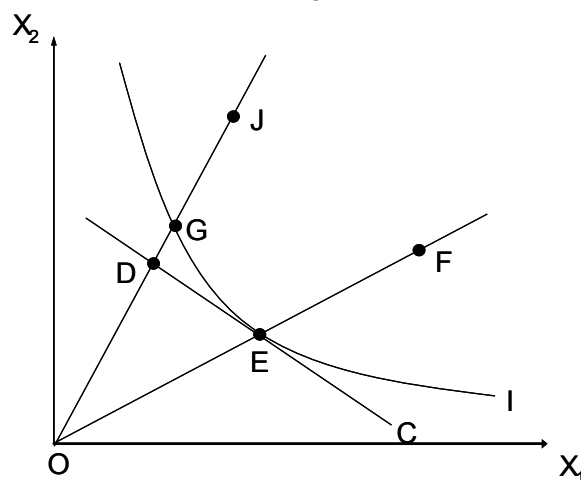


Figura 2: Función de producción de un output

En la figura 2 se ilustra la idea de un output Y obtenido a partir de dos inputs (X_1 , X_2), se presenta la isocuanta unitaria I que recoge la combinación de input que hacen posible obtener una unidad de output¹. Para medir el grado de eficiencia de la unidad F , se debe medir la distancia media entre ésta y la isocuanta a lo largo del radio vector que la atraviesa. Entonces la eficiencia de la unidad F vendrá medida por el ratio OE/OF^2 y por tanto, $1 - OE/OF$, da la medida de ineficiencia técnica de la unidad F .

Si se incorpora al análisis la línea de isocoste C , es decir, se conocen los precios de los factores, entonces se puede buscar entre todos los puntos de la isocuanta aquel que minimice el coste de los factores. Esto ocurre en el punto E donde la línea de isocoste es tangente a la isocuanta. Las empresas ubicadas en este punto tienen eficiencia técnica y asignativa.³

La necesidad de cuantificar la eficiencia de cualquier organización implica seleccionar algún método de estimación que permita conocer su comportamiento. El desarrollo de

¹ Se asume la hipótesis de rendimientos constantes a escala

² Nótese que esta medida radial requiere mantener la proporción de los factores de la unidad analizada F en la unidad de referencia E

³ El concepto de eficiencia asignativa pierde significado preciso bajo condiciones de incertidumbre. Cuando existe incertidumbre ya no se iguala el cociente de productividades esperadas al cociente de los precios, que dependen tanto de su variabilidad como de la aversión al riesgo del productor (Alvarez, 2001)

diversos trabajos empíricos ha dado lugar a lo que hoy genéricamente se conocen como “metodologías fronteras”. La función frontera es la referencia que se utiliza para calcular y evaluar la eficiencia de las unidades que gestionan recursos. Por ello es especialmente importante el proceso de estimación de la frontera, puesto que la precisión de la evaluación dependerá en última instancia de que nos acerquemos en mayor o menor medida a la frontera real. Como dicen Seiford y Thrall (1990) “...al principio sólo tenemos datos. El problema es construir una función de producción o frontera a partir de datos observados”. Las técnicas de estimación se agrupan básicamente en dos grandes bloques: los modelos que utilizan las aproximaciones paramétricas y los que emplean las aproximaciones no paramétricas.

Las aproximaciones paramétricas (determinística y estocástica) requieren formas funcionales que especifiquen la relación entre inputs y outputs. Se estiman los parámetros a partir de las observaciones de la realidad.

En las aproximaciones no paramétricas no se precisa establecer una tecnología de parámetros que determinen a priori las relaciones entre los inputs y los outputs, solo hay que definir ciertas propiedades que deben satisfacer los puntos del conjunto de producción. De esta forma los datos son envueltos, determinándose se cada punto puede pertenecer o no a la frontera bajo esas propiedades.

En la presente investigación, centrada en un segmento de sector agrícola cañero, para la medición de la eficiencia técnica relativa de un conjunto de empresas se seleccionó la metodología no paramétrica Análisis Envolvente de Datos (DEA). Esta elección se debe a que mediante DEA es posible establecer, mediante un conjunto de supuestos flexibles, las propiedades de la tecnología de producción, asumir rendimientos de escala variables, que son los que comúnmente se presentan en el proceso productivo que se analiza y medir la eficiencia de escala para cada unidad productora. De igual forma, la posibilidad de medir simultáneamente la eficiencia de todo un conjunto de unidades enmarcadas en un territorio aporta información valiosa para diseñar estrategias y evaluar escenarios⁴ que contribuyan a mejorar la gestión de este grupo empresarial.

2. El análisis Envolvente de Datos

En su forma operativa básica, el DEA es una metodología utilizada para la medición de eficiencia comparativa de unidades homogéneas, es decir, que tienen una misma finalidad (racionalidad) económica. Partiendo de los insumos y productos, el DEA proporciona un ordenamiento de los agentes otorgándoles una puntuación de eficiencia relativa. De esta forma, los agentes que obtengan el mayor nivel de producto con la menor cantidad de insumos serán los más eficientes del grupo y por tanto, obtendrán los puntajes más altos.

El método de estimación DEA evalúa la eficiencia de una unidad tomadora de decisiones (DMU)⁵ refiriéndose al “mejor” productor. Considera que una unidad productiva es eficiente, y por tanto pertenece a la frontera de producción, cuando produce más de algún output sin generar menos del resto y sin consumir más inputs, o bien, cuando utilizando menos de algún input, y no más del resto, genere los mismos productos. La idea es comparar cada unidad no eficiente con aquella que lo sea, y a la vez tenga una técnica de producción similar, es decir, que utilice inputs en proporciones similares para producir outputs parecidos.

La estimación de coeficientes de eficiencia bajo el esquema de DEA se puede clasificar en dos tipos:

- el orientado a los insumos y

⁴ a partir de cambios simultáneos en el conjunto de datos de entrada

⁵ La denominación DMU proviene de sus siglas en inglés (Decisional Making Unit).

- el orientado a los productos.

El modelo orientado a los insumos busca la minimización de los insumos para la producción de un nivel dado de producto. Por su parte el modelo orientado a los productos busca la maximización de la producción dadas unas cantidades de insumos. En otras palabras, el modelo orientado a los insumos provee una medida sobre la subutilización los insumos. El modelo orientado a los productos se preocupa por medir cuanto se podría llegar a producir con esos insumos. La selección de la orientación del problema dependerá de la naturaleza de los objetivos que se plantee.

Modelos DEA básicos

Charnes, Cooper y Rhodes (1978) proponen un modelo fraccional para medir la eficiencia de las DMUs. Este modelo básico, a partir del cual se sustentan los modelos DEA, consideraba la medida de eficiencia como el cociente entre la suma ponderada de outputs con la de inputs de cada unidad de decisión⁶. La formulación matemática es la siguiente:

$$\max e_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0}}$$

s.a

(I)

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r=1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m$$

Donde:

e_0 - función objetivo (medida de la eficiencia radial)

y_{rj} -output r-ésimo de la DMU j-ésima

x_{ij} - input i-ésimo de la DMU j-ésima

v_i, u_r - ponderaciones de inputs u outputs respectivamente.

La función objetivo e_0 es el ratio de eficiencia de la unidad comparada y la maximización de la misma está sujeta a que ningún ratio de eficiencia supere la unidad.

La resolución de este modelo permite obtener el conjunto óptimo de ponderaciones (pesos o multiplicadores) que maximicen la eficiencia relativa e_0 , de la DMU objeto de evaluación, sujeto a la restricción (1) lo que significa que ninguna DMU puede tener una puntuación de eficiencia mayor que la unidad usando estas mismas

⁶ Estos autores consideraron además una versión a este modelo que permite el cálculo de la medida de ineficiencia. En este caso se minimiza el ratio a obtener entre la suma ponderada de los inputs y los outputs, cambiando de igual forma la condición (1) a que está sujeta el valor de la función objetivo

ponderaciones. La principal desventaja es que el programa puede asignar una ponderación nula o muy escasa a un determinado factor que, desde el punto de vista teórico, tenga una gran importancia en la eficiencia de las unidades decisoras. Los propios autores reconocieron la necesidad de transformar el programa fraccional en un programa ordinario lineal, a efectos del cálculo de los índices de eficiencia. En este caso se maximiza el numerador y se iguala el denominador a una constante⁷. Entonces la eficiencia relativa de cada unidad se obtiene a partir del siguiente modelo lineal:

$$\max e_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$$

s.a.

$$\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (2) \quad \text{(II)}$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (3)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m$$

Para eliminar la posibilidad de que las variables del modelo tomen valor cero se introdujo la siguiente condición de positividad:

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0$$

Donde ε es un número real, positivo y pequeño del orden 10^{-5} .

Con esta nueva condición el modelo ya era plenamente operativo, pero se podía generar un sistema de restricciones de gran complejidad si el análisis involucraba aun número considerable de unidades decisoras. Plantear el problema dual del problema original o primal descrito en (I) mejora la operatividad y ahorra tiempo de cómputo. En ese caso, estableciendo las principales relaciones primal-dual⁸, se puede formular el siguiente modelo:

$$\min \theta_0$$

sujeto a :

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - y_{r0} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (4) \quad \text{(III)}$$

$$\theta_0 x_{i0} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (5)$$

$$\lambda_j \geq \varepsilon \quad j = 1, \dots, n \quad (6)$$

De esta forma se obtiene el modelo dual (III) que calcula la eficiencia por el lado de los inputs, es decir, optimiza el empleo de los recursos para un nivel dado de producción. La expresión (4) garantiza que la producción del producto r para la empresa evaluada sea no mayor que la suma ponderada de la producción del producto r para el resto de

⁷ Se asume como constante la unidad.

⁸ Si el primal es un problema de maximización entonces su dual lo es de minimización. Las desigualdades del problema dual son de sentido opuesto al primal, Los coeficientes de la función objetivo del problema primal aparecen como términos independientes de las restricciones del problema dual y los términos independientes del primal son los coeficientes de la función objetivo del dual. Por cada restricción y variable en el problema primal existe una variable y restricción en el problema dual, respectivamente.

las empresas consideradas en el análisis. La expresión (5) condiciona que las empresas comparadas consuman menos del recurso i o lo mismo que la empresa evaluada. De esta manera, si la empresa de prueba es eficiente, el modelo de programación no encontrará, entre todas las empresas, una combinación de output e inputs con la que se produzca lo mismo o más y se use lo mismo o menos que la empresa evaluada.

Charnes, Cooper y Rhodes (1978) proponen a su vez el recíproco del modelo fraccional (I) indicando que es posible minimizar el cociente entre la suma ponderada de inputs con la de outputs de cada unidad de decisión, esto es, minimizar la ineficiencia. A partir de este modelo fraccional, aplicando la lógica ya desarrollada, se obtiene el modelo dual que se formula como sigue:

$$\max \theta_0$$

s.a :

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - \theta_0 y_{r0} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (4) \quad \text{(IV)}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - x_{i0} \leq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (5)$$

$$\lambda_j \geq \varepsilon \quad j = 1, \dots, n \quad (6)$$

Los modelos (III) y (IV), conocidos como modelos orientados al input y output respectivamente, asumen que todas las unidades decisoras se encuentran operando en escala óptima con rendimientos a escala constantes (CRS), es decir, en estos modelos no se considera la influencia que pudiera tener la existencia de economía de escala en la evaluación del ratio de eficiencia de las DMUs. Para contemplar la posibilidad de existencia de ineficiencias debidas a la diferencias entre escalas operativas Banker-Charnes-Cooper (1984) propusieron añadir una restricción a las variantes del modelo anterior. Dicha restricción es:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

Para diferenciarlo de los anteriores a los modelos que presentaban esta condición se les llamó modelos de rendimientos variables a escala (VRS).

La imposición de esta restricción para el modelo VRS implica que el conjunto de referencia para la unidad decisor considerada esté más cerca. De este modo se asegura que una entidad sea comparada con otras de tamaño similar. Una característica del modelo VRS es que los puntajes encontrados son iguales o superiores a los del modelo CRS, debido a que la unidad decisor se está comparando con agentes eficientes aún cuando no lo sean en términos de escala. De este modo, una entidad podría ser comparada con otras que no necesariamente son eficientes a escala pero con tamaños similares, lo que resultaría un puntaje mayor.

3. Definición de unidades decisoras y variables relevantes

Para el estudio realizado se consideraron 90 Unidades Básicas de Producción Cooperativas cañera de la provincia de Villa Clara.

Como medida de *output* seleccionó la producción de caña a enviar a los centrales azucareros, expresada en toneladas métricas.

Se incluyeron los siguientes *inputs*:

- Hectáreas de tierra destinadas al cultivo de la caña. Se consideró este factor por ser la base la producción cañera.

- El número de trabajadores vinculados al proceso productivo. La cantidad de socios es un factor determinante para lograr buenos resultados productivos, principalmente cuando se requiere de trabajo manual para cumplimentar las etapas que requiere este proceso productivo. Ante la carencia de herbicidas, las afectaciones del terreno sembrado la fuerza de trabajo constituye un factor determinante.
- El tipo de suelo (de secano o riego). La calidad del suelo repercute en los resultados finales de la producción y además este es un factor que no se encuentra bajo el control de las personas que dirigen estas empresas agrícolas⁹

La información recopilada para el análisis se corresponde con los resultados de la zafra 2005-2006

En la tabla 1 se resumen los estadísticos descriptivos relacionados con las variables anteriormente definidas

Estadísticos Básicos	Producción de caña (t)	Promedio de trabajadores (u)	Tierra cultivable (ha)
Media	16790.42	111.56	518.94
Desviación estándar	8366.02	34.18	216.70
Mínimo	2738	51	107.94
Máximo	27852	215	1204.74

La información mostrada en la tabla 1 nos indica que existen en la provincia de Villa Clara UBPC de grandes y pequeñas dimensiones lo que sugiere la aplicación de un modelo DEA -BCC, es decir que considere rendimientos variables a escala.

4. Resultados

La medición de la eficiencia de las Unidades Básicas de producción cooperativa cañeras se realizó en dos etapas:

Etapas 1: Se aplicó el modelo DEA-BCC, donde no se incluye el input no discrecional:

Etapas 2: Se aplicó un análisis de programa que permite incluir el input no discrecional

Los resultados obtenidos con la aplicación del modelo DEA-BCC se muestran en la figura 1, 44 UBPC, que representan el 46.66% del total de unidades tienen niveles de eficiencia técnica relativa que oscilan entre un 51 y 70 %. Un dato interesante es que 54 UBPC (60% del total) de la provincia, se encuentran operando con niveles de eficiencia por debajo de la media, la menor parte de las UBPC, un 25 % de ellas, se encuentran en el intervalo del 61 al 70 de eficiencia, lo cual refleja la deprimida situación en que se encuentra estas entidades en la provincia de Villa Clara. Además, 42 UBPC que representan el 47% del total de unidades, tienen rendimientos decrecientes a escala, por lo tanto con la actual estructura que poseen, la adquisición

⁹ Esta es una de las ventajas del DEA. La posibilidad de considerar *inputs* ambientales o no discrecionales hace más flexible y objetivo el análisis de eficiencia.

de mayor cantidad de estos recursos (trabajadores y tierra) no implicaría incrementos en los niveles de producción.

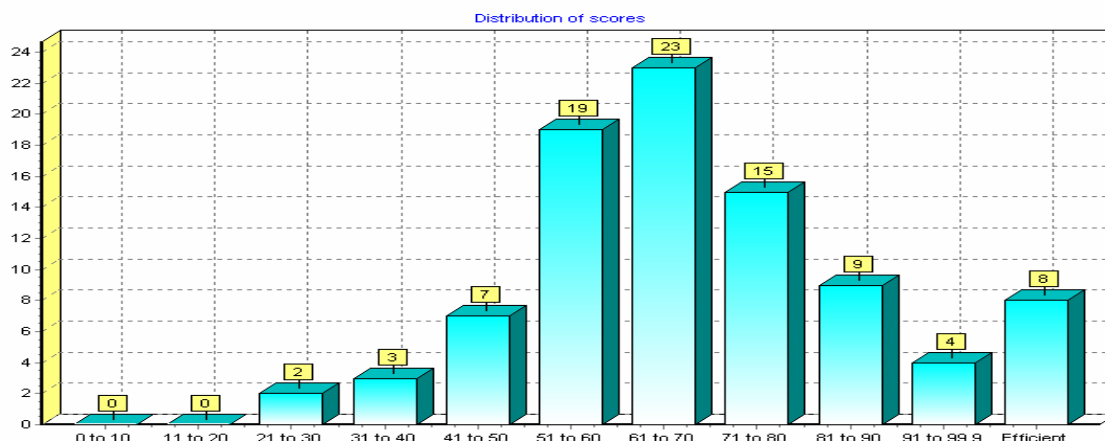


Figura 1. Distribución de los resultados de eficiencia.

Fuente: Reporte gráfico del software FRONTIER ANALYST

Con la inclusión en el análisis de la variable no discrecional que clasifica el tipo de suelo donde se cultiva la caña los resultados obtenidos se muestran en la figura 2.

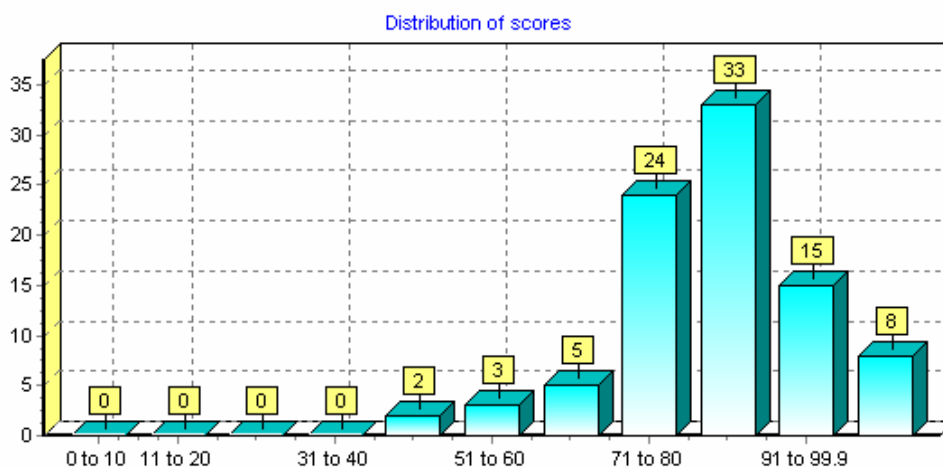


Figura 2: Distribución de los resultados de eficiencia.

Fuente: Reporte gráfico del software FRONTIER ANALYST

Los resultados que se muestran en la figura 2 son significativamente superiores a los obtenidos en la figura 1. Esto se debe a que la comparación entre estas empresas cañeras ha considerado la situación de los suelos, de forma tal que este factor importante no distorsione el objetivo final: conocer la eficiencia relativa de cada empresa y cuanto le falta para lograr mejores resultados. Con esta variante no se corre el riesgo de que una empresa se proponga alcanzar una meta que objetivamente

nunca pueda alcanzar por las condiciones naturales y ambientales en que desarrolla el proceso productivo.

En los dos momentos de análisis coincidieron las siguientes UBPC como eficientes técnicamente:

- Santa Rita
- Lorenzo González
- Vizcaya
- Cabarroca
- Victoria
- Manzanares
- Lagunita

Estas entidades pueden servir de referencia para aquellas que tengan similares extensiones de tierra, tipo de suelo y cantidad de asociados.

Conclusiones

Los estudios de medición de eficiencia productiva mediante la metodología DEA en cualquier sector de la economía cubana aún resultan insuficientes. Esta metodología no detecta todos los problemas relacionados con la utilización de recursos que presentan nuestras entidades agrícolas, pero al menos permite tener un referente sobre como funciona un conjunto de ellas. Existen otros factores relevantes no considerados en el trabajo que de seguro pueden ayudar a determinar indicadores de eficiencia más cercanos a la realidad, además considerar los datos históricos de varias zafas permitiría disponer de una información cuantitativa que refleje el efecto de las condiciones climáticas sobre la producción cañera de los últimos años. Este trabajo se convierte en un punto de partida para que especialistas del MINAZ y académicos unan sus conocimientos con el fin de incrementar la oferta de caña, que de no lograrse el sector agroindustrial estaría incapacitado para reproducirse, se perdería el mercado externo del azúcar y las posibilidades de desarrollar una industria de derivados.

Bibliografía

1. Álvarez Pinilla, Antonio: *La medición de la eficiencia y la productividad*. Ediciones Pirámides, 2001.
2. Arzubi, A. y Berbel, J: "Determinación de la eficiencia usando DEA en explotaciones lecheras en Argentina".
3. Banker, R. Charnes A., Cooper W. "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, Vol. No.9, 1984
4. Bosch, N.: "The efficiency of refuse collection services in Spanish municipalities: do non-controllable variables matter?". Instituto de Economía de Barcelona.

5. Charnes A. Cooper W.,Rhodes E.:”Measurement the efficiency of decisión making units.European Lournal of Operational Research, Vol. No2,1978.
6. Farell,M.:” The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society,(Series A),1957
7. Molinero,M. :”Multiplicidad de los pesos en el análisis envolvente de datos”. Universidad Politécnica de Catalunya,2003
8. Modroño, V: “La eficiencia técnica en explotaciones multicultivo de la provincia de Córdoba mediante DEA. Una comparación con los métodos paramétricos”.
9. Sempere,P.: “Aplicación de la Metodología DEA en la medida de la eficiencia de la producción de leche en Córdoba”.