

Título: La medición de la eficiencia técnica en la producción de caña de azúcar mediante el Análisis Envolvente de Datos
Autora: Ms Sc. Grisel Yolanda Barrios Castillo
Profesora del Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Económicas, UCLV
Dirección Particular: Calle 1ra No.120-A e/ D y E. Reparto Santa Catalina. Santa Clara, Villa Clara. C.P:50300
Teléfono particular: 205906
E-mail: gbarrios@fce.uclv.edu.cu

RESUMEN

Se expone en este trabajo los resultados sobre la medición de eficiencia técnica relativa de un conjunto de Unidades Básicas de Producción Cooperativas cañeras de la provincia de Villa Clara. Se empleó para este estudio la metodología no paramétrica Análisis Envolvente de Datos (DEA), la cual permite comparar unidades que tienen la misma finalidad económica. Partiendo de los insumos y productos de cada entidad de la muestra considerada, se proporciona un ordenamiento de estas unidades otorgándole una puntuación de eficiencia relativa, las 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. Los resultados obtenidos demuestran que aún persisten reservas de eficiencia en cuanto la utilización de dos de los recursos productivos básicos: hectáreas de tierra cultivable y número de trabajadores.

Palabras claves: Eficiencia técnica, Análisis Envolvente de Datos, Frontera de producción, producción de caña

The measurement of the technical efficiency in the production of the sugar cane.

In this work is exposed the measurement of the technical relative efficiency of a set of Basics Units of Cooperative Production, dedicated to the culture of the sugar cane, in Villa Clara. The used methodology – non-parametric Data Envelopment Analysis - allows to compare Units that have the same economic purpose. Considering the inputs and products of each entity an ordering of these entities is provided, granting a score of relative efficiency; those that obtained the greater product level with the smaller amount of inputs will be more efficient and therefore, will obtain the highest punctuation. The obtained results demonstrate that there are still unexploited reserves of efficiency as far as the unused productive resources persist: area of cultivateable earth and number of workers. The proposed methodology was validated and is recognized the necessity to continue the study of the relevant variables in the search of the most trustworthy

solutions to propose improvement plans that entail to extend the capacity of action and decision of these producing cane cooperatives.

INTRODUCCIÓN

Históricamente el sector agroindustrial azucarero ha tenido un peso determinante en la dinámica reproductiva de la economía cubana. La pérdida del mercado preferencial de los países socialistas con la desaparición de este sistema en Europa Oriental, unido al propio agotamiento del modelo estructural y funcional provocaron en el país una singular crisis económica. El sector agroindustrial azucarero no fue ajeno a la misma, al reducirse drásticamente los precios de comercialización de azúcar reduciéndose sustancialmente los ingresos de este sector. Esta situación conllevó a que se reevaluara para el desarrollo prospectivo del país dos alternativas fundamentales: elevar la productividad y efectividad de la producción cañera azucarera y diversificar integralmente, para distribuir los riesgos y ser más independientes del mercado del azúcar. A pesar de la implementación del Programa de reestructuración de la agroindustria azucarera los resultados aún no se corresponden totalmente con los objetivos-metas de la producción cañera debido a una deficiente gestión de los recursos productivos en estas entidades productoras a factores exógenos como la carencia de algunos insumos en el mercado nacional, la elevación del precio de los mismos, la sobreexplotación de los suelos, las prolongadas sequías, entre otros.

Esta situación explica por sí misma la necesidad de desarrollar una evaluación rigurosa sobre la eficiencia de las empresas productoras de caña, en particular, de las Unidades Básicas de Producción Cooperativas (UBPC), las que actualmente suministran los mayores volúmenes de caña a la industria productora de azúcar y de otros derivados tales como mieles, alcoholes, etc. La eficiencia con que actúen estos productores es un requisito indispensable para atenuar los factores endógenos que inciden negativamente en los resultados productivos.

Considerando las valoraciones anteriores el concepto de eficiencia productiva que centrará este estudio se corresponde con el más empleado en la teoría económica, la eficiencia técnica¹. El objetivo fundamental de este trabajo es, por tanto, identificar la eficiencia relativa de estas empresas productoras de caña, la eficiencia de escala correspondiente y de esta forma disponer de una información de partida para fundamentar las líneas de actuación en la búsqueda de mayores niveles de producción con la utilización mínima de recursos.

DESARROLLO

El concepto de eficiencia está relacionado con la economía de recursos. Es frecuente definir la eficiencia como la relación entre los resultados obtenidos (*outputs*) y los recursos utilizados (*inputs*). Como las empresas suelen producir múltiples *outputs* a partir de múltiples *inputs*, la eficiencia es en cualquier caso una magnitud multidimensional. La eficiencia global de una empresa puede ser descompuesta en eficiencia técnica y asignativa⁴. La evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos se centra preferentemente en la medición de la eficiencia técnica debido a la dificultad que supone el conocimiento de los precios de los *inputs* y *outputs*. El empleo de esta metodología sigue una estructura lógica que consiste en describir supuestos tecnológicos y datos observados de la actividad, luego se define el índice cuyo valor se desea estimar y finalmente se construye un modelo de programación lineal capaz de calcular este índice, el cual se obtiene por comparación con el resto de las unidades productivas observadas. Charnes, Cooper y Rhodes³ 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 decisión. 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 constante. Entonces la eficiencia relativa de cada unidad se obtiene a partir del siguiente modelo lineal:

$$\begin{aligned} \max e_0 &= \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \\ \text{s.a} \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} &= 1 \\ u_r, v_i &\geq 0 \quad r = 1, \dots, s. \quad i = 1, \dots, m \end{aligned}$$

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 mejora la operatividad y ahorra tiempo de cómputo. En ese caso, estableciendo las principales relaciones primal-dual, se puede formular el siguiente modelo:

$$\begin{aligned}
 & \min \theta_0 \\
 & \text{sujeto a :} \\
 & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - y_{r0} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \\
 & \theta_0 x_{i0} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \\
 & \lambda_j \geq \varepsilon \quad j = 1, \dots, n
 \end{aligned}$$

De esta forma se obtiene el modelo dual que calcula la eficiencia por el lado de los inputs, es decir, optimiza el empleo de los recursos para un nivel dado de producción. Utilizando la misma lógica se puede obtener un modelo dual que permita el cálculo de la eficiencia por el lado de los *outputs*.

Los modelos explicados anteriormente 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-Cooper² 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).

Para la medición de la eficiencia de las UBPC cañeras de la provincia de Villa Clara se consideraron 90 entidades, se definió como único output la producción de caña expresado en toneladas. En cuanto a los *inputs* o factores utilizados en el proceso productivo se seleccionaron como relevantes las hectáreas de tierra cultivable y el número de trabajadores. El análisis descriptivo de los datos se recoge en la Tabla 1.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación del modelo DEA se describen en la tabla 2. Se puede observar que con el empleo de esta metodología 8 UBPC resultan ser eficiente, es decir alcanzan un índice de eficiencia igual a la unidad. El resto obtiene

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

Tabla 1: Resumen estadístico de las variables utilizadas en el análisis de eficiencia

indicadores de eficiencia que promedia 67.9 %, lo que demuestra que la producción cañera se puede incrementar si se hace un mejor uso de la tierra y de los trabajadores asociadas a estas cooperativas.

Estadísticos básicos	Eficiencia técnica
Media	67.9
Desviación típica	17.42
Mínimo	26.49
UBPC eficientes	8
UBPC ineficientes	82

Tabla 2: Resumen estadístico de los resultados obtenidos a partir del modelo DEA

Las UBPC que resultaron eficientes en este análisis fueron: Santa Rita, Lorenzo González, Lagunita, Vizcaya, Sierra Maestra, Cabarroca, Victoria y Manzanares. La mayoría son empresas cañeras de tamaño pequeño, lo que indica que la escala productiva tiene una influencia determinante en la eficiencia productiva. Geográficamente todas se encuentran ubicadas en la parte norte de la provincia.

La distribución de frecuencias absolutas de los valores de eficiencia obtenidos considerando trabajadores directos y Superficie cultivable se muestra en la figura 1.

Como puede observarse en la figura 1, 21 UBPC presentan una eficiencia relativa superior al 80%, esto es, funcionan en condiciones aceptables, 57 presentan una eficiencia relativa que oscila entre el 50 y 80 % y 12 presentan índices de eficiencia por debajo del 50% .Esta situación indica que las UBPC ineficientes pueden incrementar la producción cañera empleando de mejor forma los recursos disponibles. Con respecto a los rendimientos a escala como resultado se obtuvo que el 47% del total

de unidades tienen rendimientos decrecientes a escala, por lo tanto con la actual estructura que poseen, la adquisición de mayor cantidad de estos recursos (trabajadores

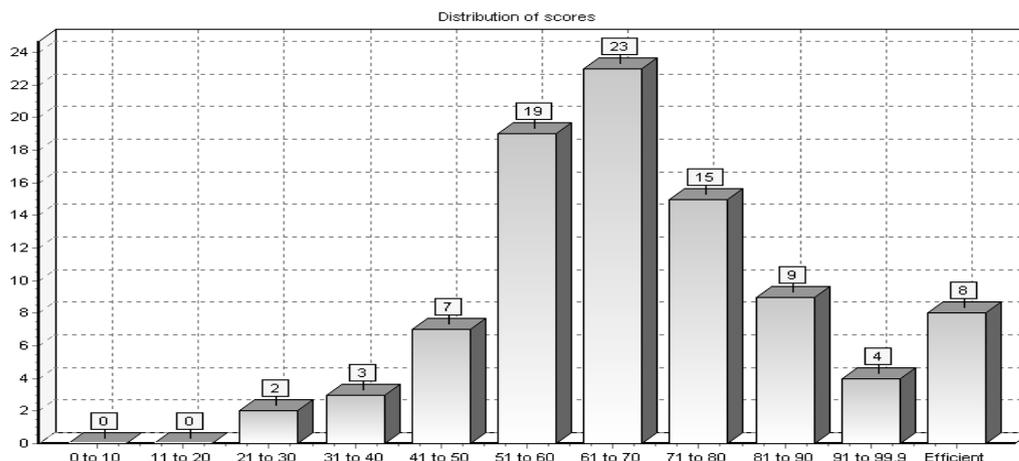


Figura 1. Distribución de los resultados de eficiencia.

y tierra) no implicaría incrementos en los niveles de producción. Lo contrario ocurre con las 40 UBPC que presentan rendimientos crecientes a escala, las cuales están en condiciones de asimilar más recursos en función de incrementar la producción cañera.

CONCLUSIONES

- 1) El Análisis Envolvente de Datos resulta una alternativa no convencional y poco empleada para la medición de la eficiencia productiva en empresas cubanas.
- 2) Los resultados obtenidos muestran que la mayoría de las UBPC cañeras estudiadas pueden mejorar sensiblemente la eficiencia técnica, pues están utilizando los recursos disponibles por debajo de sus potencialidades.

FUENTES DE INFORMACIÓN CONSULTADAS

- 1) Alvarez,P.A.:La medición de la Eficiencia y Productividad. Ed. Pirámide, Madrid, 2002.
- 2) Banker,R.D.,Charnes,A.,Cooper,W.W:”Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”. **Management Science**, 1984.
- 3) Charnes,A.,Cooper,W.W,Rhodes,E:”Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, **European Journal of Operational Research**,1978.
- 4) Farrell, M.J: ”The Measurement of Productive Efficiency, **Journal of the Royal Statistical Society**,1957.