

Tipo de artículo: Artículo original

Temática: Matemática computacional

Recibido: 20/03/2018 | Aceptado: 20/09/2018 | Publicado: 28/09/2018

La estadística-matemática en el análisis de los indicadores económicos de la producción ganadera

Mathematical statistics in the analysis of economic indicators of livestock production

Yerandy Duardo Ruíz^{1*}, Raúl Cobo Cuña², Solanch Alfonso Ortega¹, Elenis Hernández Díaz¹

¹ Universidad Agraria de La Habana (Carretera Tapaste y Autopista Nacional Km 23 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba)

² Instituto de Ciencia Animal (Carretera Central, Km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba)

* Autor para correspondencia: yduardo@unah.edu.cu

Resumen

La investigación que se presenta tiene el objetivo de proponer un conjunto de herramientas estadística-matemática, que faciliten el análisis de los indicadores de eficiencia, con base en los costos de producción. Se aplica por primera vez una metodología estructurada con la combinación de técnicas estadísticas del Análisis Multivariado. Las herramientas permiten estudiar e interpretar los resultados económicos-productivos en el tiempo, de las entidades dedicadas a la producción ganadera. El procesamiento de la información se realizó con los software estadísticos SPSS v22.0 y el Frontier Analyst v4.0 lo que facilita de forma dinámica la obtención de los resultados. Todo lo anterior facilita el proceso de toma de decisiones de los especialistas de las entidades ganaderas, con el propósito de optimizar los recursos humanos y materiales.

Palabras clave: Herramientas económico-matemático, eficiencia, costos de producción

Abstract

The research presented aims to propose a set of statistical-mathematical tools that facilitate the analysis of efficiency indicators, based on production costs. A structured methodology with the combination of statistical techniques of Multivariate Analysis is applied for the first time. The tools allow to study and interpret the economic-productive results over time, of the entities dedicated to livestock production. The information processing was done with the statistical software SPSS v22.0 and the Frontier Analyst v4.0, which facilitates the obtaining of the results dynamically. All the above facilitates the decision-making process of the livestock specialists, with the purpose of optimizing human and material resources.

Keywords: *Economic-mathematical tools, efficiency, production costs*

Introducción

En el actual contexto internacional, las entidades productoras de leche buscan afianzar sus posiciones económicas y le otorgan un importante papel al estudio de la estructura de su productividad, es decir, los factores que originan la rentabilidad. En este mismo sentido es importante conocer las diferencias entre los resultados de las entidades en condiciones similares de producción pues esto permitirá a los productores afianzar sus resultados positivos o redireccionar su administración hasta conseguir mejorarlos.

En Cuba, la producción agropecuaria está muy lejos aún de lograr resultados eficientes y el sector de la ganadería es quizás, uno de los más deprimidos. La necesidad del país de optimizar los recursos disponibles en la producción de leche e incrementar ésta, revelan la importancia de estudiar la relación entre insumo y productos o entre variables de entrada del sistema de producción y los resultados del mismo.

En el análisis de la producción de leche las variables que representan los valores físicos de la misma se expresan a través de indicadores. Según Maserá et al. (1999), un indicador describe un proceso específico o proceso de control. En el caso de la ganadería, la relación existente entre el uso del recurso tierra y los resultados de producción, permite conocer el grado de eficiencia sobre este recurso. Otra relación de importancia está definida entre la composición y variaciones en la masa ganadera y la producción total que se obtiene.

Las variables económicas que caracterizan la producción de leche son la base de la toma de decisiones más importantes en las entidades dedicadas a este rubro productivo (Comerón, et al.,2000). Es difícil caracterizar una entidad dedicada a la producción de leche a través de sus indicadores, si estos se analizan aisladamente, pero cuando se les relaciona con cierta lógica, se aprecian las influencias más o menos marcadas de unos en el comportamiento de otros (Lobos Andrade, 2005)

Esta investigación tiene el objetivo de proponer un conjunto de herramientas estadística-matemática, que faciliten el análisis de los indicadores de eficiencia, con base en los costos de producción. El estudio se realiza en cuatros sectores productores de leche en el país, en la cual se aplicaron herramientas estadístico-matemático para el análisis de los indicadores de costo. El uso de estas herramientas estadístico matemático insertan rigor científico con un nivel de confianza del 95%. Se fija este valor puesto que los procesos económicos se desarrollan en un ambiente no controlable.

Materiales y métodos o Metodología computacional

Los métodos del AED se centran fundamentalmente en caracterizar la eficiencia de las empresas o procesos objetos de análisis. El pionero de esta herramienta (Farrel, 1957), hace referencia a tres tipos de eficiencia:

- Eficiencia técnica.
- Eficiencia precio.
- Eficiencia Global.

Para Toro et al. (2010) y Larrea (2011), la eficiencia se desagrega en tres apartados diferentes pero que se complementan entre sí: eficiencia técnica, eficiencia de precios o asignativa y eficiencia global, que se asocian con la función de producción, la función de costes o beneficio y la dimensión de la empresa.

De esta manera, si se proyecta en un gráfico de coordenadas, la producción de una unidad de producto de una empresa a partir de dos factores, se obtendrá una isocuanta unitaria o función frontera de producción representada por la letras S y S' (Fig.2). Las empresas situadas sobre esta curva son las más eficientes técnicamente, ya que combinan diferentes cantidades de inputs para obtener un nivel máximo de output. Se

considera ahora la empresa P, y se traza la recta OP que corta a la isocuanta en el punto Q, se observa que el segmento PQ representa un exceso de utilización de factores. Por tanto, se considera que OQ/OP es el valor relativo de la eficiencia técnica de la empresa P con respecto a las empresas ubicadas sobre la isocuanta (Toro et al., 2010).

$$ET = \frac{OQ}{OP}$$

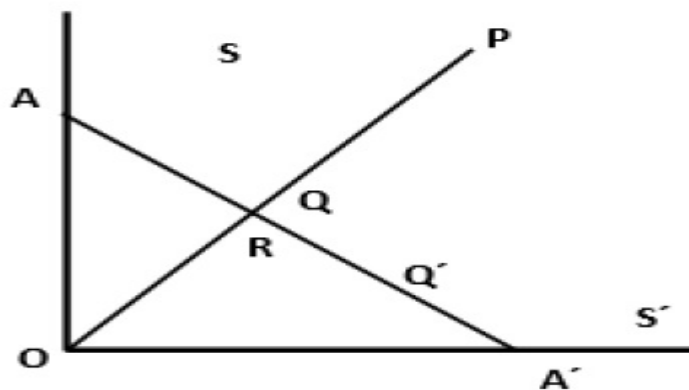


Fig. 1 Isocuanta de dos factores para producir una unidad de producto

Según Álvarez (2002); la Eficiencia en Precio (EP), o asignativa, se refiere a la capacidad de la unidad para usar las diferentes entradas en proporciones óptimas, dados sus precios relativos. Los puntos de la EP pueden obtenerse como la relación entre la longitud de la línea desde el origen hasta el punto proyectado sobre la isocoste eficiente de la unidad considerada y la longitud de la línea que une el origen al punto proyectado sobre la isocuanta eficiente de la unidad.

$$EP = \frac{OR}{OQ}$$

Para una entidad dada, la Eficiencia Global (EG) o económica se obtiene mediante el cociente entre la longitud de la línea que va desde el origen hasta el punto proyectado sobre la isocoste eficiente y la longitud de la línea que va desde el origen hasta el punto que representa a la unidad considerada (Smirlis, 2012)

$$EG = ET \times EP = \frac{OQ}{OP} \times \frac{OR}{OQ} = \frac{OR}{OP}$$

En la bibliografía consultada varios autores coinciden en que la medida de la eficiencia global de una entidad no puede aproximarse mediante la utilización de indicadores de eficiencia parcial, dado que éstos proporcionan información aislada y no consideran las interrelaciones entre las variables.

Una posible solución a este problema es la utilización de técnicas avanzadas de análisis, como el modelo de Análisis Envoltante de Datos (AED), que permiten resolver problemas de medida de eficiencia global, utilizando para ello indicadores que representen entradas (inputs) y salidas (outputs). Desde el punto de vista económico, la eficiencia es la conexión que existe entre los medios, recursos o entradas que se emplean y los resultados, productos o salidas que se obtienen.

La técnica AED se apoya en la programación matemática para construir una frontera de producción empírica. Dicha frontera queda configurada por las unidades que muestran un mejor comportamiento y a partir de ella se puede determinar y medir la eficiencia del resto.

El desarrollo de esa técnica en los últimos años es considerable y la gama de modelos disponibles es muy amplia, debido sobre todo a la enorme flexibilidad metodológica que permite modelar situaciones, atendiendo a prácticamente todos los detalles inherentes del sector y unidades a evaluar.

El modelo general, según Farrell (1957), citado por Ferrera (2006), expresa:

$$Max_{u,v} h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$$

Sujeto a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

Donde:

1. Se consideran n unidades productivas ($j = 1, 2, \dots, n$), cada una de las cuales utiliza las mismas entradas para obtener las mismas salidas.
2. x_{ij} ($x_{ij} \geq 0$) representa las cantidades de recursos o entradas i ($i = 1, 2, \dots, m$) consumidos por la j -ésima unidad.
3. x_{i0} representa la cantidad de entradas i consumidas por la unidad que es evaluada.
4. y_{rj} ($y_{rj} \geq 0$) representa las cantidades observadas de salidas r ($r = 1, 2, \dots, s$) producidos por la j -ésima unidad.
5. y_{r0} representa la cantidad de salidas obtenidas por la unidad que se evalúa.
6. u_r ($r = 1, 2, \dots, s$) y v_i ($i = 1, 2, \dots, m$) representan los pesos (o multiplicadores) de las salidas y entradas respectivamente.

Entre las ventajas de este método muchos autores refieren lo siguiente:

- Caracteriza a cada una de las unidades mediante una única puntuación de eficiencia (relativa). Al proyectar cada unidad ineficiente sobre la envolvente eficiente destaca áreas de mejora para cada una de las unidades.
- No considera la aproximación alternativa e indirecta de especificar modelos estadísticos y hacer inferencias basadas en el análisis de residuos y coeficientes de los parámetros.
- Contempla en un mismo análisis, diferentes entradas y salidas expresadas en diferentes unidades de medida y bgra optimizar la medida de eficiencia de cada unidad en relación con las otras unidades.

La principal desventaja radica en que:

- El analista del sistema puede otorgarle pesos a las variables de entradas y salidas, arrastrando la posible equivocación en el momento de asignar estos pesos.

Resumiendo, el Análisis Envolvente de Datos es una técnica de medida de la eficiencia, basada en la programación lineal. Surge con el objeto de conseguir una herramienta para medir el uso óptimo de recursos, para maximizar las salidas del sistema analizado. Por lo tanto se trata de una técnica especializada en medir eficiencia en unidades productivas o unidades de toma de decisión (Martín, 2009).

El presente procedimiento se basa en el uso de las técnicas del Análisis Envolvente de Datos (AED) y la determinación de las fronteras de eficiencia entre diferentes entidades (de similares características), que ayuden a optimizar el uso de los recursos maximizando los resultados (producción de leche). Se propone también en la metodología la incorporación de las técnicas estadísticas de análisis multivariado, utilizadas por Torres et al. (2008), que tiene sus fundamentos en los métodos de la estadística multivariada.

Para eliminar, en todo lo posible, la asignación subjetiva que el AED realiza sobre los pesos de las variables del sistema que se analiza, se incorpora a la metodología el Análisis de Componentes Principales (ACP) de la estadística multivariada.

Estos análisis permiten conocer si la entidad en estudio es eficiente o ineficiente e identificar algunos de los factores o variables que intervienen en el proceso productivo y que reflejan de cierta manera ese grado de eficiencia, para facilitar a los directivos tomar las mejores decisiones, perfeccionar las estrategias administrativas y diseñar adecuados planes y presupuestos a corto, mediano y largo plazo.

Resultados y discusión

Los párrafos se escribirán en Times New Roman a 11 puntos y con espaciado 1,5 y una línea en blanco como separador.

Requerimientos para la aplicación del procedimiento

Disponer de la información necesaria para las variables seleccionadas en la misma unidad de tiempo (ejemplo: diaria, semanal, decenal, mensual, entre otros).

Contar con software estadísticos que faciliten el procesamiento de la información. Se recomienda usar el SPSS Versión. 22.0 (puede ser otra versión anterior) para la estadística descriptiva y el trabajo con los componentes principales y el Frontier Analyst Versión 4.2 para el AED. En la figura 1 se representa la metodología.

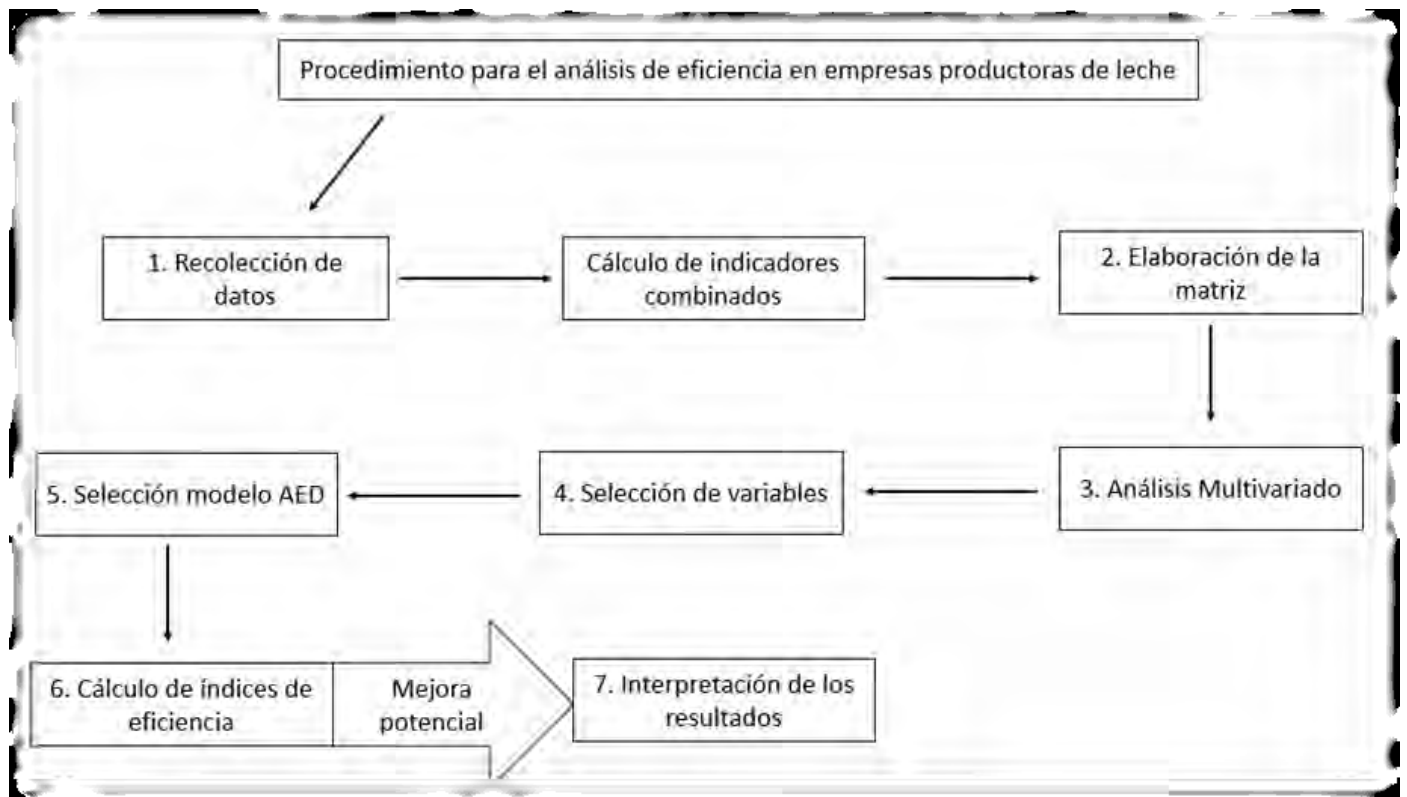


Fig. 1 Procedimiento para el análisis de la eficiencia en entidades productoras de leche

Pasos del procedimiento:

Paso 1.- Recolección de datos primarios. Estos datos deben proceder de los registros oficiales de las entidades que son resumidos en los modelos estadísticos que se reportan a la ONEI, al Minag y a otras estructuras de dirección de la actividad.

Paso 2.- Construcción de la matriz de datos. Esta matriz debe organizarse de forma que en las filas estén los individuos y en las columnas las variables. Aunque no es imprescindible, se recomienda para mayor

facilidad ubicar primero las variables que serán seleccionadas como entradas (Inputs) y después las que puedan ser seleccionadas como salidas (Outputs).

Es necesario en cada variable aclarar la unidad de medida que se está utilizando y de forma general identificar el período al que corresponde la información captada. Esta tabla es un ejemplo, pero pueden ser incorporadas otras variables, según la necesidad de los análisis. No se trata de un modelo rígido, aunque se sugiere incluir las variables seleccionadas.

En ocasiones ocurre que las variables que interesa incluir en el análisis se obtienen como una función de otras variables que se pueden capturar de los modelos estadísticos. En este caso es necesario calcularlas y ubicarlas en la base de datos que será procesada. Por ejemplo la variable costo total por kg de leche (CT/kg leche).

Paso 3.- Aplicar el análisis multivariado. Este paso permite identificar entre todas las variables a analizar y que han sido ubicadas en la matriz de datos, cuáles son las que tienen mayor peso y explican un mayor porcentaje en la variabilidad total del sistema. Esto se logra a partir del análisis de componentes principales (ACP), que es uno de los métodos multivariados. Al redimensionar la matriz original, en cada componente principal se obtienen los pesos de las variables que la conforman y estos serán los utilizados como ponderaciones de las entradas y las salidas que se seleccionen de entre las variables de las componentes.

Este método construye nuevas variables que se denominan componentes principales y que son una combinación lineal de las variables originales. Ellas poseen la característica de que la primera componente principal (CP) construida es la que mayor varianza explica, la segunda explica menos que la primera pero más que la tercera y así sucesivamente. Esto garantiza que seleccionando las primeras CP se explique la variabilidad del sistema en un alto o elevado porcentaje, de ahí este método que se clasifica como de interdependencia permita reducir la dimensión del sistema analizado.

Uno de los resultados más importantes del método es que se corresponde con la tabla de factores que da las ponderaciones, pesos o preponderancias de cada variable original en cada factor y que son los valores utilizados en esta metodología.

4.- Selección de variables. A partir de las variables que tienen mayor peso en la explicación de la variabilidad total del sistema en cada componente, se realiza la selección de cuáles serán consideradas como entradas y cuáles como salidas para realizar el Análisis Envoltante de Datos (AED).

Es posible que al incorporar muchas variables en el análisis, el número de componentes principales sea difícil de trabajar, no cumpliendo con su propósito fundamental que es el de redimensionar el sistema, identificando las variables de mayor efecto en la variabilidad del mismo.

En esta situación se puede hacer un nuevo análisis discriminando las variables de menor significación. Esto se puede realizar a partir de la selección del valor de puntuación o peso seleccionado para el análisis (para análisis como el que se propone se seleccionó los pesos a partir de 0.70). Si la selección de las variables de mayor peso es para todas las que estén por encima de cierto valor modular, se puede repetir el ACP descartando las

que están por debajo de ese valor. Con este nuevo análisis el número de componentes se puede reducir.

5.- Selección del modelo de AED. Existen diferentes variantes para la selección de estos modelos. Lo primero es definir si estará orientado a las entradas o a las salidas. La orientación hacia las entradas considera que estas son las variables primarias de decisión sobre las que se debe incidir para lograr que las entidades sean eficientes, es decir, para la obtención de un determinado nivel de las variables de salida, cuál sería la combinación óptima de las variables de entrada. La orientación hacia las salidas busca obtener el máximo posible en las variables de salida, utilizando una cantidad fija de recursos o de entradas.

Luego de esta selección es necesario definir si se trabajará a rendimientos constantes o rendimientos variables. Es perfectamente factible hacer los análisis teniendo en cuenta ambos criterios. Se consideran rendimientos constantes cuando dado un determinado tamaño o escala de la entidad, los incrementos de las salidas se ven acompañados de incrementos proporcionales de las entradas, siempre manteniendo la misma relación proporcional en dichos aumentos.

En cambio, los rendimientos variables se aplican para distinguir la variabilidad en la escala de producción de las entidades y juega un rol importante cuándo se trata de comparar entidades de diferentes dimensiones. La decisión sobre qué tipo de rendimiento se definirá para el modelo, está en el conocimiento previo de las entidades a estudiar y la observación sobre las escalas de las mismas.

6.- Calcular los índices de eficiencia. Este paso se cumple con el uso de los paquetes estadísticos que se encuentren disponibles. La información necesaria está contenida en la matriz de datos y los pesos que se asignan a las variables seleccionadas como de entrada y de salida se obtuvieron en el tercer paso de la

metodología (ACP). Se define en el modelo la decisión sobre la orientación y sobre los rendimientos y se ejecuta el modelo.

7.- Interpretar los resultados. En este paso se analiza toda la información que se reporta en las salidas de los paquetes estadísticos que se están utilizando. Se recomienda no obviar las sugerencias de mejoras potenciales que se proponen, ya que estas son de gran utilidad para tomar las mejores decisiones en la proyección futura de las entidades en estudio.

Los términos: "eficiente", "ineficiente", "alta eficiencia", son vocablos de uso común en nuestro lenguaje habitual. Se suele escuchar frases como: "hay que aumentar la eficiencia de la empresa", "la industria A es mucho más eficiente que la industria B", "hay que conseguir un nivel de producción eficiente".

Para la realización de la investigación se presentan dos momentos, el primer momento es la confección de las base de datos con toda la información suministrada por el Anuario Estadístico y un segundo instante que consiste en el procesamiento e interpretación de los datos.

Para conformar la base de datos se utilizó el modelo 0036 que agrupa un total de 27 indicadores, que abarca cuatro sectores (UBPC, CPA, CCS y Sector Estatal) en el país. La información obtenida comprende un período desde el año 2011 hasta el 2015.

Dentro de las variables seleccionadas existen indicadores que son combinación lineal de los restantes elementos que serán evaluados. Para determinar cuáles fueron los componentes más representativos se utilizó la técnica multivariada Análisis de Componentes Principales (ACP); la herramienta se aplicó en el diagnóstico de los estudios propuestos.

Para el procesamiento de la información los investigadores se auxiliaron en los paquetes estadísticos Statistical Package for the social Sciences v22 (SPSS) y el Frontier Analyst v4.0 que aceleran el proceso de cálculo y ofrecen una mayor precisión. El SPSS permitió mediante el uso de la técnica ACP determinar las variables que mejor explican la variabilidad del sistema. Por su parte el Frontier Analyst permite a los usuarios estimar los índices de eficiencia de los sectores objeto de estudio, así como delimitar su frontera. Además este procedimiento propone teóricamente un rango de mejora potencial para los evaluados de ineficientes.

Aplicado el ACP con el método de rotación bajo normalización Varimax con Kaiser se llegó a los resultados de la matriz de componentes rotados que se ofrece en la tabla 1. En todos los casos la salida del

procesamiento dividió en dos componentes principales cada una de las variables que explican el comportamiento de los sectores. Para determinar el criterio de aceptación de los indicadores de mayor peso se tuvo en cuenta un 70% de variabilidad. Con respecto al nivel de aceptación los investigadores no fijan un porcentaje universal para explicar las variaciones, esta se sustenta a partir del tipo de estudio que se realiza y del juicio de los autores.

El procesamiento de la información evidenció que las variables más significativas, que por ende, explican mejor la variabilidad del sistema en su conjunto fueron:

- Leche total
- Vacas en Ordeño total
- Rendimiento
- Ventas totales

Como se puede apreciar en la tabla 1, para el caso de las CPA, la primera componente principal destaca como las variables de mayor peso la producción de leche total y las ventas totales. Esta componente explica el 58.1% de la variabilidad total del sistema. En la segunda componente principal las variables de mayor peso son las vacas en ordeño y el rendimiento. Esta componente explica el 36.3% de la variabilidad total del sistema. Las dos componentes antes comentadas, explican el 94.4% de la variabilidad total y es un resultado muy bueno y poco frecuente en sistemas de producción tan multifactoriales como es la ganadería.

En el caso de las UBPC, las variables que más influyen son la leche total, las vacas ordeño total y ventas totales en la primera componente, explicando un 76,26% de la variabilidad total. En la segunda componente se destaca el indicador rendimiento explicando un 21,31 % de la variabilidad.

Tabla N° 1: Matriz de componentes rotados por sectores.

Variables	CPA		UBPC		Sector estatal		CCS	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Leche Total	0,991	0,012	0,951	0,284	0,977	0,182	0,972	0,113
Vacas Ordeño Total	0,390	0,871	0,975	0,004	-0,062	-0,946	0,678	-0,539
Rendimiento	0,456	-0,834	0,173	0,981	0,508	0,712	0,154	0,926
Ventas Totales	0,992	0,002	0,907	0,389	0,974	0,189	0,972	0,130
% Varianza Componente	58,1	36,3	76,26	21,31	66,83	24,04	59,31	29,47
% Varianza Total	58,1	94,4	76,26	97,57	66,83	90,87	59,31	88,77

Fuente: SPSS v 22

En el sector estatal las variables más relevantes son, en la primera componente la leche total y las ventas totales y la componente principal explica el 66,83%. En la segunda componente las variables más representativas son el rendimiento y las vacas en ordeño total. El ACP logra explicar el 90,87% de la variabilidad en el sistema. En el sector de las CCS se observa que en la primera componente se destaca la leche total y las ventas totales y en la segunda componente se destaca el rendimiento, entre los dos componentes logran explicar un 88,77%.

Como se puede observar, la primera componente de cada sector siempre involucra a variables productivas con alguna económica. Esto facilitará la determinación de las fronteras de eficiencia, cuándo se apliquen las técnicas del AED. Es importante aclarar, en este momento del análisis, que la calidad de la información es vital y que la cantidad de variables disponibles en el tiempo al ser pocas, pueden estar influyendo en los resultados, no obstante, lo que se quiere probar es que el procedimiento es apropiado.

Determinados los indicadores que mejor explican la variabilidad del sistema se procede a realizar el análisis de eficiencia apoyados en el software Frontier Analyst v4. 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). Partiendo del criterio anterior el primer paso es clasificar las variables en entradas y salidas:

- Leche Total (entrada)
- Vacas ordeño (entrada)
- Rendimiento (salida)

Lo anterior facilita determinar los porcentajes de eficiencia, es decir, ver cuáles son los sectores y en que años fueron eficientes, los evaluados de ineficientes y los que están cercano a la frontera de eficiencia. Antes de indagar en los resultados del programa Frontier Analyst v4, es necesario aclarar algunas cuestiones propias del software para el

correcto análisis de la información. En la distribución de los diferentes valores de eficiencia el programa marcará con el color verde aquellos sectores y años que sean 100% eficientes, en amarillos los cercanos a la eficiencia y en rojo los ineficientes.

Los exámenes se desarrollan bajo el supuesto de maximizar las salidas con los niveles actuales de entrada, porque el objetivo es evaluar el rendimiento como criterio de eficiencia del proceso de producción. Se seleccionó un rendimiento constante de escala, es decir, que para cada incremento porcentual de las salidas se mantenga una relación proporcional de los elementos de entrada.

Una vez procesado los datos se representan las distribuciones de los valores de eficiencia calculados por el programa (Fig. 2). Fueron evaluados de eficiente dos períodos en dos sectores diferentes (las CPA en el año 2013 y Sector Estatal en el año 2011) que representa solo el 10% del total. Por su parte seis períodos fueron evaluados con puntuaciones de eficiencia cercanas a los límites de la frontera (30%) y doce de ellos fueron evaluados de deficientes (60%).

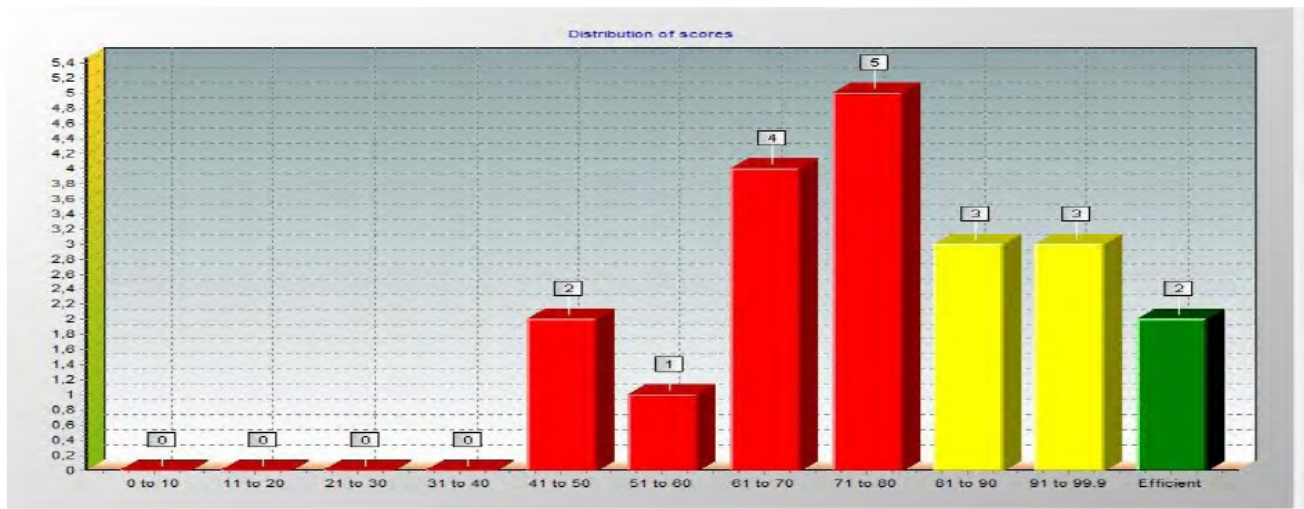


Fig. 2 Distribución de valores de eficiencia.

En la figura 3 se muestra la frontera de eficiencia de cada uno de los sectores estudiados en los años comprendidos del 2011 al 2015 en la que se define cuáles son los de mejor comportamiento. Los puntos que están sobre la isocurva son los sectores por años que lograron una mejor combinación lineal de los recursos de entrada y de salida, es decir, un mejor aprovechamiento de las vacas en ordeño total y la producción de leche. Los que se ubican fuera de la isocurva son los que no lograron una mejor combinación de los inputs y outputs. La distancia que existe entre los puntos alejados de la curva con respecto a los situados en la misma se conoce como mejora potencial.

Partiendo del hecho de que la isocurva se encuentra separada de los ejes de coordenadas se puede afirmar que existe un sesgo que está condicionado por los bajos niveles de producción de leche que se registran, lo que implica un bajo rendimiento en el aprovechamiento de la vacas en ordeño. Lo anterior pudiera deberse, en gran medida, a la raza del ganado, la condiciones climáticas, la región, la alimentación, los aspectos administrativos, entre otros; dado que como se mencionó anteriormente la producción de leche es un sistema complejo y multifactorial. En cada estudio que se realiza es importante incorporar a especialistas de diferentes áreas para la interpretación de los resultados. En el presente estudio se propone un procedimiento de trabajo, pero si se quisiera realizar una propuesta estrategia para las entidades, es imprescindible incorporar a profesionales de la ganadería.

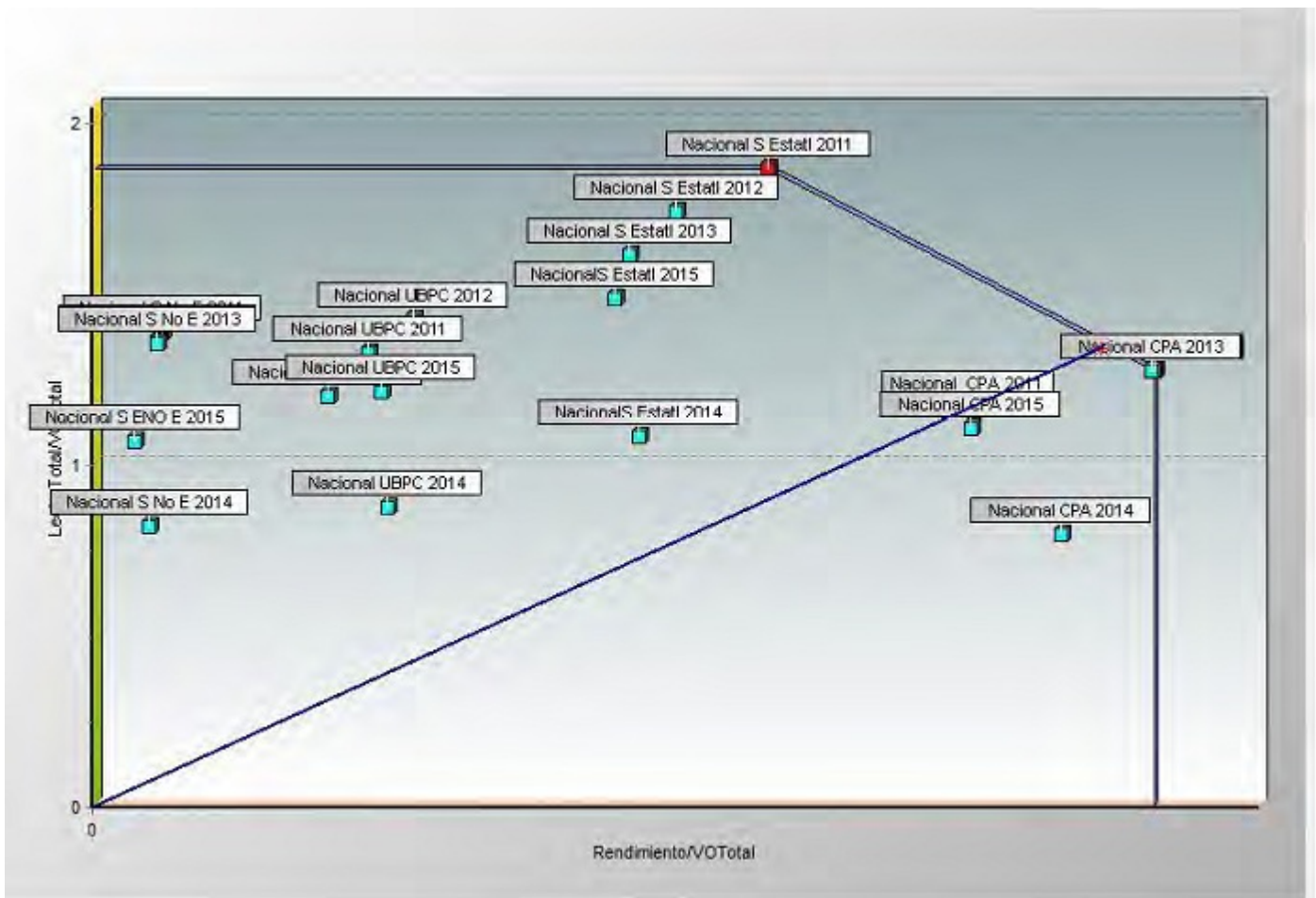


Fig. 3 Frontera de eficiencia para los sectores del Ministerio de la Agricultura.

Señalar que los sectores sobre la curva CPA en el año 2013 y Sector Estatal fueron eficientes porque lograron la mejor combinación, pero no significa que sean los óptimos. A continuación se presenta la tabla 2 con un ejemplo de los valores objetivos y mejora potencial del sector estatal en el año 2014.

Tabla N° 2: Mejora potencial por productos.

Sector estatal Año 2014

Variable	Actual	Objetivo	Mejora porcentual
Leche Total	37156.7	37156.7	0,00 %
Rendimiento	4.40	4.40	0.00 %
Vacas Ordeño Total	34487.1	22783.1	-33.94 %

Fuente: Frontier Analyst v4

ejemplo (tabla 2), se aprecia como para mantener la producción de leche total y el rendimiento en 4.4 L/vacas en ordeño, no es necesario mantener una masa de vacas en ordeño tan elevada. El software estima que una reducción del 33% de las vacas en ordeño puede garantizar ese nivel de producción y ese rendimiento. Desde el punto de vista económico, esto significa que hay un exceso de animales consumiendo elementos del gasto que no reflejan mejoras en la producción.

Por supuesto, para las condiciones de Cuba este análisis lo que significa no es disminuir la masa, sino lograr un incremento de los rendimientos y de la producción haciendo más productivo el rebaño existente.

Cuba, debido a las condiciones económicas predominantes, no cuenta con los recursos necesarios para garantizar todos los insumos necesarios a todas las entidades productoras de leche. Además, el propio sistema necesita la reposición de la masa de producción, así como garantizar el material genético que permita la continuidad del proceso. Por otro lado, existe un grupo de entidades que cuentan con un rebaño con adecuadas características desde el punto de vista racial. Se hace un esfuerzo por garantizar a estas empresas algunas condiciones en cuanto a la alimentación y otros insumos.

Conclusiones

Se realizó la caracterización de la ganadería durante el periodo 2011 - 2015, particularizando en sus indicadores económicos y productivos. Además se propuso un procedimiento basado en un sistema de indicadores que mostraron la falta de análisis de la eficiencia en la producción ganadera. Por último, quedó comprobado que las herramientas estadístico-matemático permiten evaluar con rigor científico el comportamiento de la eficiencia de los costos de

producción, de ahí la importancia de estas técnicas en los procesos de administración en las empresas contemporáneas.

Referencias

- Álvarez.L.E. (2002). Eficiencia técnica y convergencia en la industria manufacturera de la Unión Europea. *Estudios de Economía Aplicada*.
- Comerón, E., Zehnder, R., Schneider, G., Fernández, G., & Rocchiccioli, J. (2000). *Informe de situación de los Tambos de la Cuenca central de Argentina. Resúmenes de la de la XXXI Reunión anual de la Asoc.Arg de economía Agraria*. Rosario (Santa Fe).
- Farrell, M. (1957). The Measurement of Efficiency Productive. *Journal of the Royal Statistical Society* .
- Farrera, J. (2006). Evaluación de la eficiencia con factores exógenos mediante el Análisis Envoltante de Datos. Una aplicación a la educación secundaria en España.
- Larrea, A. (2011). Caracterización y eficiencia de la producción lechera en el noreste la Pampa (Argentina). *Facultad de Ciencias Veterinarias*.
- Lobos Andrade, G. (2005). Micro-negocios asociativos campesinos: análisis económico de un sistema de producción ovina, región del Maule, Chile. *SCIELO*.
- Martín, F. (2009). *Análisis de eficiencia de los departamentos universitarios. El caso de la Universidad de Sevilla*. Sevilla (España): Librería-Editorial Dykinson.
- Masera, O., astier, M., & López-Ridaura. (1999). Sustentabilidad y manejos de los recursos naturales. El marco de evaluación de MESMIS. *Mundi Prensa*.
- Tor, P., García, A., Aguilar, C., Acero, R., Perea, J., & Vera, R. (2010). Determinación de la eficiencia técnica en agroecosistema. *Producción animal y de egstión*.
- Torres, V., Ramos, N., Lizazo, D., Monteagudo, F., & Noda, A. (2008). Modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 42(2), 133-139.