

**Análisis económico de la eficiencia técnica relativa en ganaderías doble
propósito en la Costa Caribe**

José Rosario Gamarra Vergara

**Tesis para optar al título de Magíster en Economía del Medio Ambiente y Recursos
Naturales**

**Universidad de los Andes
Facultad de Economía
Programa de Economía del Medio Ambiente y Recursos Naturales
Bogotá D.C. Noviembre de 2004**

Tabla de Contenido

| | | |
|-------|---------------------------------------|----|
| I. | Introducción | 3 |
| II. | Justificación | 5 |
| III. | Marco teórico: DEA | 6 |
| | A. Problema de optimización | 10 |
| | C. Ventajas y desventajas del DEA | 15 |
| IV. | Revisión de literatura | 18 |
| V. | El doble propósito en la Costa Caribe | 21 |
| VI. | Datos y resultados | 26 |
| | A. Resultados del modelo DEA | 31 |
| | B. Modelo tobit. | 38 |
| VII. | Conclusiones | 41 |
| VII. | Bibliografía | 45 |
| VIII. | Anexos | 49 |

I. Introducción

Colombia enfrenta una situación en la cual la búsqueda de alternativas de desarrollo económico se ha convertido en una prioridad. A pesar de todas las críticas que puedan surgir alrededor de ella, la ganadería es una opción que se debe reconsiderar. Aun con sistemas rudimentarios de pastoreo extensivo, Colombia es el primer productor de carne de bovino de la Comunidad Andina, el sexto en América y tiene el décimo primer stock de cabezas más grande del mundo (FAOSTAT, 2004). Si bien la participación colombiana en el comercio internacional de carne ha sido pequeña, eso no quiere decir que no tenga ventajas competitivas. Para el período 1990-2000 diversos indicadores muestran a Colombia como un mercado competitivo en cuanto a transabilidad, balanza comercial y especialización, lo que implica una “*posición competitiva relativamente alta*”, en relación con otros países productores de carne (Observatorio de Agrocadenas, 2002).

A pesar de ser una de las formas de ganadería más tradicionales y de utilizar la mayoría de las tierras en la Costa Caribe, el doble propósito no ha recibido toda la atención ni la importancia que se merece. De manera general, se asocia a sistemas rudimentarios con bajos índices de productividad y sistemas de producción anticuados. Por su ubicación geográfica el sistema colombiano de pastoreo, y más específicamente la ganadería costeña, tiene ventajas para la producción ganadera debido a la importante producción de biomasa vegetal. Es así que gran parte de la productividad del hato estará definida por las características del suelo. De esta forma, un hato económicamente eficiente deberá ir de la mano de un uso eficiente del suelo así como de los otros recursos de los que dispone. En este trabajo se utiliza el Análisis de la Envoltura de Datos (DEA, por sus siglas en inglés) sobre una muestra de 71 fincas ganaderas doble propósito en la Costa Caribe colombiana, con el fin de medir sus índices de eficiencia técnica (ET), haciendo especial énfasis en el uso de la tierra como factor de producción. De este modo, se plantean dos objetivos: el primero referente a la escala de las fincas ganaderas y el segundo consiste en analizar los factores que inciden sobre los puntajes de eficiencia.

El primer objetivo del análisis se debe entender como un análisis sobre la eficiencia de escala (EE) de las fincas. De esta forma, se pretende examinar la relación entre el tamaño de la finca y su eficiencia técnica. Bajo el enfoque DEA, y en general bajo racionalidad económica, una finca eficiente deberá funcionar con rendimientos a escala constantes; si una finca estuviese operando bajo rendimientos crecientes o decrecientes a escala podría mejorar su desempeño aumentando o reduciendo su tamaño hasta el óptimo. El segundo objetivo planteado se refiere a las prácticas que de alguna manera determinan la eficiencia en la utilización de los recursos. Una vez encontrados los puntajes de eficiencia de escala se pretende identificar los factores que los afectan. Esta segunda parte del análisis busca profundizar en el proceso de identificación de prácticas eficientes. Dada la naturaleza acotada de los puntajes, entre cero y 100, se utilizan las regresiones censuradas (modelo tobit) en este aparte.

El uso del modelo DEA se propone por la aplicabilidad que ofrecen sus resultados. El avance de las herramientas informáticas de los últimos años ha permitido que estas aplicaciones se hayan extendido a muchas ramas de la investigación económica. El *benchmarking* es el pilar sobre el que se basa el DEA, mediante el cual se logran distinguir las firmas eficientes de las que no lo son. Además, logra identificar las prácticas eficientes e ineficientes para poder así eliminarlas o replicarlas. La evaluación de desempeño con DEA tiene como objetivos: i) revelar las fortalezas y debilidades de negocios, actividades y procesos; ii) proporcionar una mejor visión a los productores para satisfacer las necesidades de los consumidores, y iii) identificar las oportunidades para mejorar las operaciones y procesos actuales (Zhu, 2003, p. 2).

El trabajo se organiza de la siguiente forma: en la primera parte se presenta la justificación seguida de una exposición de la metodología utilizada. En esa sección se hace una comparación del DEA con otras formas de medición de eficiencia. Además, se muestran las ventajas y desventajas de esta metodología con respecto a otras. En la siguiente sección se hace un recuento sobre las investigaciones con DEA en ganadería. A continuación se hace una breve descripción de la ganadería doble propósito en la Costa Caribe. Después de esto,

se exponen los datos y resultados encontrados, tanto para el modelo DEA como para las regresiones *tobit*. Por último, se presentan las conclusiones.

II. Justificación

La mayor exposición de los productores primarios al entorno económico internacional, la firma de tratados y la negociación de nuevos acuerdos comerciales, hacen que la utilización eficiente de los recursos con los que se cuenta sea un aspecto central de la política interna. Al entender la ganadería como un *cluster* que va desde la producción primaria en las fincas hasta el procesamiento y comercialización de bienes de consumo masivo, se puede decir que el comportamiento de los indicadores de este conglomerado han sido al mismo tiempo esperanzadores y preocupantes. Mientras que los indicadores de productividad de la parte industrial de la cadena son esperanzadores debido a su dinamismo, los indicadores de productividad de la parte alta de la cadena (producción en las fincas) presentan un rezago importante (Martínez & Acevedo, 2002). Teniendo en cuenta que el valor de la producción en este segmento tiene una gran participación sobre el valor total, se puede decir que gran parte del atraso en productividad y competitividad de la cadena está sujeta a la tecnología de las fincas. De este modo, una política orientada a explotar las ventajas en la producción de carne y/o leche colombiana deberá estar orientada a mejorar las condiciones tecnológicas de la producción primaria.

Se pueden distinguir tres tipos de eficiencia: desde lo productivo, desde lo económico y desde una perspectiva asignativa. La eficiencia técnica (productiva) se refiere a la mejor forma de obtener un nivel de producción dada una combinación de insumos. La medición de eficiencia que se adelanta en este trabajo se refiere a este tipo. La eficiencia económica se entiende como la obtención de un nivel de producción con el menor costo posible. La eficiencia asignativa “ocurre cuando el producto es alcanzado con la cantidad óptima de recursos disponibles, dados sus respectivos precios y teniendo en cuenta las prioridades de la sociedad” (Kielhorn & von der Sculenburg, 2000). Los puntajes de eficiencia encontrados bajo la metodología DEA son definidos en el sentido de Farrell-Debreu. Estos

coeficientes se refieren al cambio porcentual en el uso de factores que es necesario para alcanzar la frontera óptima. Un puntaje de x % indica que es necesario aumentar (reducir) el producto (la utilización de los insumos) en un $(1-x)$ % para alcanzar un nivel óptimo de producción.

Así las cosas, la utilización del *benchmarking* en la ganadería se convierte en una herramienta de gran aplicabilidad debido al papel fundamental que juega en la identificación de gestiones exitosas, en la formulación de estrategias y políticas, así como también en el análisis de los factores que las sustentan. La orientación de estrategias dirigidas a la corrección de deficiencias en la utilización de los recursos, permitirá mejorar la situación y proyección de las fincas, incrementar la eficiencia general y optimizar el desempeño (Arzubi y Verbel, 2002).

Si bien son numerosas las investigaciones que abordan la medición de eficiencia en ganadería con DEA en el entorno internacional, para el caso colombiano no se encontraron investigaciones de este tipo. Esto no quiere decir que no se hayan realizado esfuerzos para abordar el tema productivo en explotaciones doble propósito. En Colombia el DEA ha sido utilizado en distintas ramas de la actividad económica: servicios públicos (electricidad y agua potable), banca y hospitales, entre otros. Para el sector agropecuario, y más específicamente para la ganadería, no se han elaborado este tipo de mediciones. Se han realizado investigaciones comparativas de la ganadería con otras alternativas para el uso del suelo, investigaciones comparativas de sistemas de producción ganaderas, pero no se han realizado investigaciones comparativas entre fincas de un mismo sistema productivo.

III. Marco teórico: DEA

El DEA es un modelo de optimización no paramétrico utilizado para evaluar el desempeño de agentes económicos. 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 provee un ordenamiento de los agentes otorgándoles un puntaje de eficiencia relativa. De esta forma, los agentes que obtengan el mayor nivel de producto con la menor cantidad de insumos, serán los más eficientes¹ del grupo y, por ende, obtendrán los puntajes más altos.

Contraria a las metodologías paramétricas que se centran en el comportamiento de los productores haciendo referencia al promedio, la metodología DEA evalúa la eficiencia de un agente refiriéndose al “mejor” productor. Este modelo parte del comportamiento de una unidad tomadora de decisiones (DMU por sus siglas en inglés) y lo compara con el comportamiento de un productor “virtual”, el cual es el resultado de la combinación de las mejores cualidades del resto de los DMU considerados.

DEA es una metodología de puntos extremos, la cual parte de la posibilidad teórica de combinar las mejores características de dos o más productores para lograr un productor “virtual” que sea eficiente. Si se consideran dos productores con distintos niveles de insumos y de producción, el DEA asume que el primer agente puede cambiar su forma de producción y lograr los resultados del segundo y viceversa. El modelo realiza un proceso de optimización para cada agente en consideración. Para ello construye un conjunto de referencia (*peer* o productor virtual). Si este productor virtual logra un rendimiento mayor con menos insumos, o si logra la misma producción con menos insumos, entonces el DMU considerado será ineficiente. Una vez hecho esto el modelo compara el DMU con ese conjunto de referencia y le otorga un puntaje. Un productor eficiente obtendrá un puntaje de 100%.

La medición de eficiencia empieza con el trabajo de Farrell² y se operacionaliza con los trabajos de Charnes, Cooper y Rhodes (CCR)³. Estos trabajos permanecieron mucho

¹ Dado que el problema para el productor es dual, se pueden considerar también agentes eficientes como aquellos que logran un nivel de producto con la menor cantidad de insumos.

² Farrell, M. 1957. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society* (Series A). 120, part. III, 253-290.

tiempo en la esfera teórica debido a la gran carga computacional que suponía su solución. La propuesta Charnes, Cooper y Rhodes partía de rendimientos constantes a escala. Banker, Cooper y Rhodes (BCC)⁴ extendieron el modelo original para incluir rendimientos variables a escala. Esta extensión del modelo permitió que la unidad evaluada fuese comparada con unidades de similar tamaño.

La diferencia en la estimación del modelo CCR y el modelo BCC radica en la imposición de una restricción adicional. La cual se traduce en que la sumatoria del vector de combinaciones de los DMU debe ser igual a la unidad. En el sentido estricto, ello supone una condición de convexidad sobre el conjunto de comparación del DMU que se considera. Para el modelo CCR, si un vector (x,y) es posible entonces el vector (tx,ty) también es posible, lo que se apoya en la existencia de rendimientos constantes a escala. En la realidad esto no es necesariamente cierto. Por esto el modelo BCC considera la existencia de rendimientos variables a escala. Estos se incorporan en el análisis con la inclusión de *holguras*, cantidades adicionales de un insumo (producto) que se podría ahorrar sin dejar caer la producción (lograr con los mismos insumos). Para el caso específico de una finca esto significa que, para lograr la condición de eficiencia, debe reducir de forma radial sus insumos, no considerando *holguras* distintas de cero. A diferencia del modelo CCR, el modelo BCC considera *holguras* distintas de cero, lo que posibilita la existencia de rendimientos variables a escala lo que modifica el conjunto de referencia de un DMU y, por ende, la medición de eficiencia a la que se llegue.

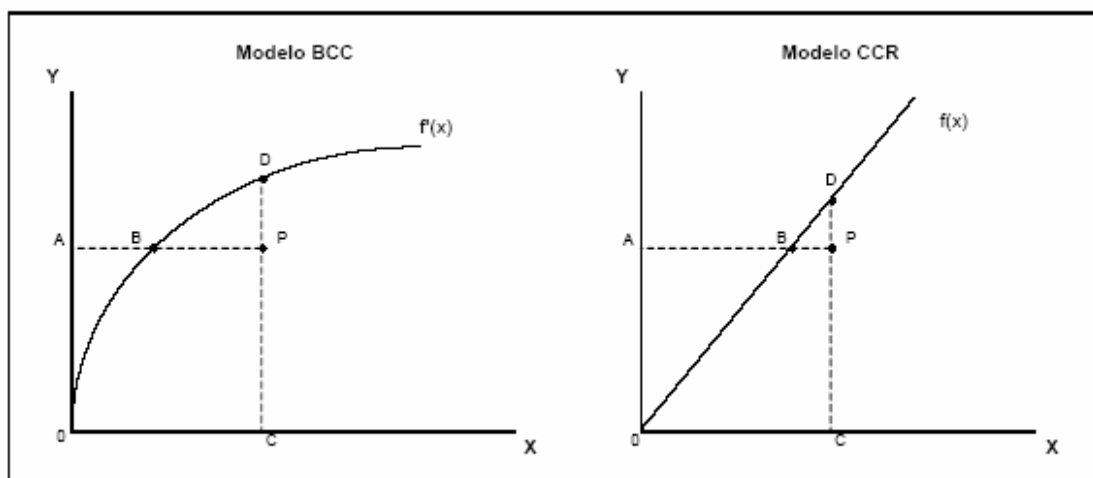
La estimación de coeficientes de eficiencia bajo el esquema de DEA se puede clasificar en dos tipos: i) el orientado a los insumos y ii) el orientado a los productos. El modelo orientado a los insumos busca la minimización de los insumos para la producción de un nivel dado de producto. Por su parte el modelo orientado a los productos busca la

³ Charnes A., Cooper, W., Rhodes E. (1978). "Measurement the efficiency of decision making units". *European Journal of Operational Research*, vol.2, 429-444.

⁴ Banker R., Charnes A., Cooper W. (1984). "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science*. 30(9), pp. 1078-1092.

maximización de la producción dadas unas cantidades de insumos. En otras palabras, el modelo orientado a los insumos provee una medida sobre qué tanto están siendo subutilizados los insumos. El modelo orientado a los productos se preocupa por medir qué tanto se podría llegar a producir con esos insumos.

Gráfico 1. Medición de la eficiencia en función de la orientación



Bajo el modelo orientado a los insumos la medida de eficiencia estará definida por la relación AB/AP (Gráfico 1). En el modelo orientado al producto el coeficiente de eficiencia estará definido por la relación CP/CD (Gráfico 1). De esta forma, si se resta uno (100%) menos el puntaje del modelo orientado a los insumos, se obtiene una medida sobre qué tanto podrían reducirse los insumos sin afectar el nivel del producto. Igualmente, si se resta uno (100%) menos el puntaje del modelo orientado a los productos, se logra una medida sobre un posible aumento del producto con los mismos insumos.

La escogencia de la orientación del problema dependerá de la naturaleza de los objetivos que se planteen. En su gran mayoría, los usos de DEA en investigaciones de ganadería han empleado el enfoque orientado a los insumos. Este enfoque permite el diagnóstico sobre la subutilización de los recursos con la tecnología y los recursos existentes. Esto no quiere

decir que no se hayan realizado investigaciones en las que la referencia de comparación son fincas con nuevas técnicas productivas (Lanski y Reinhard, 2004).

A. Problema de optimización

Para un conjunto de n productores el DEA hace un ejercicio de n procesos de optimización. Se minimiza (maximiza) la cantidad de insumos (productos) y se compara con el productor virtual. Dicho comportamiento optimizador parte del supuesto de la racionalidad de los productores. Los DMU cuentan con m insumos (x) los cuales son utilizados para producir un conjunto de s distintos productos (y). De esta forma, x_{ij} denotará la cantidad del insumo i utilizado por el DMU $_j$. Del mismo modo, y_{rj} denotará la cantidad del producto r producido por el DMU $_j$. Una restricción que se impone aquí es que los DMU utilizan por lo menos un insumo para producir por lo menos un producto, esto es: $x_{ij}, y_{rj} \geq 0$. El problema para el DMU $_0$ es el siguiente⁵:

$$\begin{array}{ll} \text{Maximizar} & h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \\ \text{Sujeto a} & \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ & \frac{u_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} < \varepsilon \quad r = 1, 2, \dots, s \\ & \frac{v_i}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} < \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m \\ & \varepsilon > 0 \end{array}$$

Donde u, v son las ponderaciones de los productos y los insumos respectivamente, y ε representa una constante no arquimidiana más pequeña que cualquier número real positivo.

Dado que la carga computacional para cada uno de los n DMU es muy grande Charnes *et al.* (1978) proponen la siguiente transformación:

⁵ La exposición del modelo teórico que se hace a continuación se basa en Bowlin, W.F. (1998).

$$\begin{array}{ll}
\text{Maximizar} & \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \\
\text{Sujeto a} & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \\
& \sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1 \\
& -u_r \leq -\varepsilon \\
& -v_i \leq -\varepsilon
\end{array}$$

Esta presentación del problema del DEA se conoce como el problema primal; pero como todo problema de optimización se puede mostrar de forma análoga como un problema de minimización, la cual es la forma más común de encontrarlo:

$$\begin{array}{ll}
\text{Minimizar} & \theta - \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right] \\
\text{Sujeto a} & 0 = \theta x_{io} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- \\
& y_{ro} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ \\
& 0 \leq \lambda_j, s_r^+, s_i^- \\
& i = 1 \dots m \\
& j = 1 \dots n \\
& r = 1 \dots s
\end{array}$$

Donde λ_j representa las ponderaciones presentes que tienen los otros DMU en la construcción del *peer* para el DMU₀, θ es un escalar que multiplica el vector de los insumos y representa la eficiencia de la unidad evaluada; S_i^- y S_r^+ representan los *slacks*⁶ (holguras) de insumos y productos respectivamente.

El modelo con rendimientos variables a escala (BCC), es formulado a partir del modelo original si se incluye la restricción: $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$. La imposición de esta restricción para el modelo BCC implica que el conjunto de referencia para el DMU considerado esté más cerca. De este modo, se asegura que un agente sea comparado con otros de tamaño similar.

⁶ Cantidades de insumos o productos que se puede optimizar. Para el caso de los insumos es la cantidad de insumos de más que están siendo utilizados en el proceso de transformación. Para el caso del producto representa la cantidad de producción que se está dejando de obtener en comparación al productor virtual.

Una característica del modelo BCC es que los puntajes encontrados son iguales o superiores a los del modelo CCR, pues el DMU₀ se está comparando con agentes eficientes, aun cuando no lo sean en términos de escala. De este modo, un agente podría ser comparado con otros que no necesariamente son eficientes a escala, pero con tamaños similares, lo que resultaría en un puntaje mayor.

Otro aspecto importante de este modelo es que permite la descomposición del índice de eficiencia en eficiencia pura y eficiencia de escala (EE). Para que un DMU pueda ser considerado eficiente en el modelo CCR debe tener eficiencia técnica y eficiencia a escala. Para que un DMU sea considerado eficiente en el modelo BCC sólo debe contar con la eficiente técnica. De este modo, la relación entre eficiencia a escala, técnica y pura se define como: $\theta_{CCR} = \theta_{BCC} \times \theta_{EE} \rightarrow \theta_{EE} = \theta_{CCR} / \theta_{BCC}$. Si un DMU es eficiente en el sentido CCR, entonces será eficiente tanto a escala como técnicamente, por lo que su θ_{EE} será igual a uno.

La estimación de los puntajes de eficiencia de escala constituye el primer paso de este trabajo. Como un segundo aspecto se utilizan regresiones de segunda etapa para controlar los posibles factores que puedan tener efecto sobre estos puntajes. Siguiendo a McCarthy y Yaisawarng (1993) se plantea la utilización de regresiones censuradas para este propósito. En este tipo de análisis los puntajes obtenidos en el DEA se toman como la variable dependiente. En este orden de ideas se define la siguiente variable:

$$\varepsilon_{EE} = \begin{cases} \varepsilon_{EE}^* = 100 - \theta_{EE} & \text{Si la finca no es eficiente } (\varepsilon_{EE}^* > 0) \\ 0 & \text{Si la finca es eficiente } (\varepsilon_{EE}^* \leq 0). \end{cases}$$

De esta forma para una finca que no es eficiente, con puntaje menor de 100%, la variable ε_{EE}^* representará un puntaje de ineficiencia. Para una finca con un puntaje de 100% el indicador de ineficiencia tendrá un valor de cero. Ya que lo se que se pretende es encontrar los efectos de otras variables sobre los puntajes de (in)eficiencia de escala se define la

siguiente relación: $\varepsilon_{EE}^* = \beta'X + \mu$. Donde β es un vector de coeficientes que acompaña a las variables explicativas de ε_{EE}^* y μ es un vector de error aleatorio i.i.d.

La utilización del modelo tobit se sustenta en la posibilidad de que la variable dependiente pueda tener valores más allá de los observados. McCarthy y Yaisawarng (1993) argumentan esta posibilidad para el DEA, ya que DMU hipotéticos podrían entrar en la muestra y tener un mejor desempeño. La inclusión de este tipo de agentes haría que las fincas consideradas como eficientes inicialmente fuesen menos eficientes (con puntajes menores de 100%) después de la nueva inclusión. En otras palabras, la inclusión de estos DMU hipotéticos implicaría valores para la variable ε_{EE}^* negativos (Souza *et al.*, 2003).

De esta forma, la probabilidad condicional de un puntaje de ineficiencia dado que la finca no es eficiente estará dada por⁷:

$$h(\varepsilon_{EE} / \varepsilon_{EE}^* > 0, X_j, \beta, \sigma) = \frac{dH(\varepsilon_{EE} / \varepsilon_{EE}^* > 0, X_j, \beta, \sigma)}{d\varepsilon_{EE}^*} = \frac{f\left(\frac{\varepsilon_{EE}^* - \beta'X_j}{\sigma}\right)}{\sigma F\left(\frac{\beta'X_j}{\sigma}\right)}$$

Donde f es la función de densidad de la variable y F es la función de densidad acumulativa. Así las cosas, el valor esperado condicional del puntaje de ineficiencia será:

$$E(\varepsilon_{EE}^* / \text{Finca no eficiente}) = \beta'X + \sigma \frac{f(\beta'X_j / \sigma)}{F(\beta'X_j / \sigma)}$$

De esta última ecuación se puede ver que, una regresión por mínimos cuadrados ordinarios tendrá resultados sesgados, pues no incluirá el segundo término a la izquierda de la ecuación. Del mismo modo, una regresión que no considere los valores censurados proveerá unos parámetros sesgados e inconsistentes. Es de resaltar que bajo este

⁷ Para una explicación detallada de esta ecuación vea: Bierens. H (2004).

planteamiento las probabilidades condicionales de los puntajes entre 0 y 100 dependen de X y son continuas, por lo que la estimación se hace válida.

B. DEA vs. enfoques paramétricos

El cálculo de la eficiencia productiva de fincas no es un problema abordado exclusivamente por la metodología DEA. La utilización de métodos paramétricos también ha sido una herramienta bastante utilizada en el análisis de eficiencia. Las metodologías que acometen este objetivo pueden ser clasificadas en dos: Paramétricas (Frontera Estocástica, Distribution Free y Enfoque Thick) y No-Paramétricas (DEA y Free Disposal Hull)⁸.

Si bien muchas veces estas metodologías se complementan, otras veces, los resultados de los dos enfoques son difícilmente comparables. La utilización de la misma base de datos puede llevar a conclusiones/recomendaciones distintas, dependiendo del enfoque escogido. La medición de la eficiencia relativa en fincas lecheras en Nueva Zelanda arrojó resultados diferentes según la metodología empleada, aun con el uso de una misma base de datos (Jaforullah y Whiteman, 1999). En esta investigación los autores utilizaron la misma base de datos que utilizaron otros autores (Jaforullah y Deblin, 1996), los cuales habían utilizado regresiones paramétricas. Este cambio de metodología se sustentó en la debilidad de las regresiones estocásticas para capturar la naturaleza multiproducto de las fincas.

Existen varias investigaciones cuyo propósito, más que encontrar indicadores de eficiencia, es la comparación de resultados entre metodologías paramétricas y no paramétricas (Gocht y Balcombe, s.f). En esa investigación los autores se preocupan por evaluar la confiabilidad y aplicabilidad de los resultados encontrados por DEA, por lo que utilizan pruebas paramétricas para ello. La investigación hace uso del coeficiente de separación (CoS) para evaluar la diferencia estadística. Los autores concluyen que existe una alta dependencia entre la metodología, el grado de agregación de los datos y supuestos con respecto a los resultados a los que lleva el DEA.

⁸ Pinzón , (2003), pp. 14.

Para la evaluación de la eficiencia de fincas lecheras en Australia se utilizaron tres metodologías: Frontera Estocástica, DEA y Frontera Bayesiana (Fraser, Balcombe y Kim, 2000). Bajo el último enfoque los autores no encontraron ineficiencia alguna. Bajo las dos primeras encontraron evidencia de ineficiencia. Esta comparación de metodologías lleva a los autores a concluir que la escogencia de metodología puede ser determinante dependiendo de la finalidad y los supuestos del modelo. Si bien los estadísticos son difícilmente comparables, el ordenamiento de los puntajes no resultó tan sensible a la escogencia de la metodología.

La comparación de modelos y especificaciones también fue abordada partiendo de estimaciones en fincas lecheras de Québec (Mbage, *et al.*, 2000). En esa investigación se estimaron los puntajes de eficiencia, así como también la robustez estadística de los resultados. Para ello, se escogió la forma funcional dominante bajo enfoques paramétricos para determinar los puntajes, además de la distribución más probable. Posteriormente, se compararon esos resultados con los hallados por DEA. El estudio concluye que no existen muchas diferencias de los resultados con respecto a la forma funcional escogida, y existe una correlación muy pequeña con respecto a los resultados hallados por DEA.

C. Ventajas y desventajas del DEA

La escogencia de la metodología para la medición del desempeño de las unidades, depende de las especificidades de los objetivos que se pretendan analizar, además de la lógica económica de los agentes. De esta forma, las fortalezas y debilidades de cada metodología para cada caso definirán su implementación o no. Como lo que se pretende en esta investigación es el análisis de la eficiencia de escala en unidades multiproducto, las ventajas del DEA sobrepasan sus limitaciones. La implementación de metodologías paramétricas supondría varias limitaciones las cuales no permitirían capturar las características de las firmas consideradas.

Una de las ventajas de utilizar el DEA es que no se necesita una forma funcional para el esquema de producción, como si se necesitaría en una estimación de una función de producción a través de regresiones econométricas. Del mismo modo, este tipo de modelos puede analizar esquemas de producción con más de un insumo y más de un producto. Además, no es necesario que todos los insumos estén expresados en la misma unidad de medida. Una ventaja adicional de esta metodología es la medición agregada del desempeño; la medición de eficiencia partiendo de indicadores parciales muy difícilmente reflejará la complejidad del proceso de transformación de insumos en productos. Una sola proporción entre un factor y un producto raramente capturaré las características agregadas del proceso productivo.

Así como se deben tener en cuenta las ventajas, también es necesario considerar las limitaciones de este tipo de modelo. Cabe anotar que estas limitaciones surgen de la naturaleza de esas mismas ventajas. En primer lugar, debe tenerse en cuenta que las comparaciones que se pueden hacer con esta técnica se limitan a la eficiencia práctica más no al máximo de eficiencia teórica. Las fincas se comparan con un productor virtual formado de los datos considerados, más no con una referencia teórica.

La naturaleza no paramétrica del modelo hace que la formulación de hipótesis estadísticas sea muy difícil (Anderson, s.f.). Otra limitación del DEA es que se ocupa de la medición de la eficiencia basándose en la utilización de los insumos. De este modo escapan factores externos (por ejemplo, factores ambientales no controlables) que pueden afectar el desempeño de las unidades consideradas. Esta dificultad puede ser superada si se consideran unidades con cierto grado de homogeneidad ambiental (régimen de lluvias, altura sobre el nivel del mar, calidad de suelo). Dado que los departamentos de la Costa incluidos en esta investigación no presentan diferencias enormes, esta limitación no debería presentar mayores complicaciones. Otra limitación del DEA es que no considera componentes estocásticos, a diferencia de las metodologías paramétricas que consideran componentes de error aleatorio en el producto logrado. Por eso los puntajes suelen ser más altos con las metodologías no paramétricas que con las paramétricas.

Una última limitación que cabe mencionar es la alta sensibilidad temporal de los puntajes. Si se tienen dos conjuntos ordenados de datos en distintos períodos de tiempo los puntajes y ordenamiento que se logre pueden ser muy distintos. Muchas investigaciones recientes resuelven esta limitación haciendo uso de pruebas no paramétricas para pares ordenados. Para el caso de fincas doble propósito esto es un aspecto importante si se pretenden hacer recomendaciones⁹. Aún cuando todas las fincas se mantengan en el mismo esquema de producción, el ordenamiento en distintos períodos de tiempo puede ser distinto. Una finca doble propósito eficiente de hoy puede no serlo mañana. Es por esto que hay que tener en cuentas que las recomendaciones que se pueden lograr están sujetas a un criterio temporal de la producción. Ante cambios significativos de precios, estructura de mercado y/o esquema productivo algunas de las conclusiones pueden perder su validez.

La implementación de DEA debe hacerse considerando aspectos como la agregación de los datos, el tamaño de la muestra y los retornos a escala (Gocht y Balcombe, s.f.). Una desagregación excesiva de las variables conducirá a una sobreestimación de los puntajes de eficiencia. Al incluir muchos criterios de comparación cada firma resultaría como *única* en su clase. Una agregación muy generalizada puede hacer que escapen factores determinantes, arrojando resultados sesgados. Una agregación generalizada con DEA se puede entender, de forma análoga, a regresiones paramétricas con variables omitidas. En cuanto al tamaño de la muestra no existe unanimidad. Mientras varios autores señalan que el número de observaciones debe ser por lo menos cuatro veces el número de las variables consideradas, otros investigadores consideran que esta condición debe ser tan solo tres veces.

En síntesis, las aplicaciones del DEA en la ganadería presenta limitaciones y virtudes. Para el análisis propuesto aquí las ventajas de la aplicación de esta metodología parecen superar las limitaciones. Dentro de las limitaciones se tiene: la dificultad para realizar pruebas

⁹ Máxime cuando una finca puede moverse bajos esquemas productivos (lechería, carne, cría, levante) con relativa facilidad, dependiendo del punto del ciclo ganadero en se encuentre.

estadísticas, variables no controlables y la inestabilidad de los puntajes en el tiempo. A pesar de estas limitaciones, la naturaleza multiproducto de las fincas (carne y leche) hace que la aplicación del DEA ofrezca mejores resultados que la aplicación de metodologías paramétricas (Jaforullah y Whiteman, 1999).

IV. Revisión de literatura

El DEA se ha convertido en una herramienta de un amplio espectro de aplicación en los últimos años, debido a la flexibilidad con que aborda el problema de medición de desempeño (*performance*). En la esfera agropecuaria han sido numerosas las aplicaciones que se han realizado bajo este enfoque, respondiendo cada una de ellas a una necesidad específica y un enfoque distinto. Desde principios de la década pasada con la aparición de los primeros trabajos (Cloutier y Rowley, 1993) se abrió todo un abanico de oportunidades para este tipo de investigaciones. En esas primeras investigaciones, se proponían muy tímidamente los resultados No-Paramétricos del DEA como verdaderas alternativas ante el enfoque tradicional de regresiones de Fronteras de Posibilidades de Producción. En esa primera investigación, los autores lograron encontrar los puntajes de eficiencia para una muestra de 187 fincas correspondientes a los años 1988 y 1989. Sin bien los resultados hallados resultaban muy promisorios, debido a la identificación de unidades que no habían mejorado su desempeño, los autores señalan que éstos se debían ver con precaución debido a la inestabilidad temporal de los puntajes.

Este mismo enfoque se utilizó para las ganaderías de la parte norte de Victoria, Australia (Fraser y Cordina, 1999). En esa investigación, se encontraron los indicadores de Eficiencia Técnica para los períodos 1994-95 y 1995-96, para una muestra de 50 fincas. Para el primer período se encontró un promedio de los puntajes de 85,5% (CCR) y 90,5% (BCC), para el segundo período considerado los puntajes fueron 86,4% (CCR) y 90,8% (BCC). Una vez encontrado el ordenamiento de las fincas se analizó su distribución para poder así efectuar pruebas paramétricas y evaluar la hipótesis de igualdad estadística entre los dos años. Se utilizaron tres pruebas para la evaluación de esta hipótesis, la prueba *t* para pares ordenados con varianza igual, con varianza distinta y la prueba Wilcoxon. En ninguna de las tres

pruebas se pudo rechazar la hipótesis de igualdad estadística. Es importante resaltar este segundo paso de la investigación, pues empezó a corregir las deficiencias de estas aplicaciones, las mismas que fueron señaladas años antes por Cloutier y Rowley (1993).

El estudio de la eficiencia de escala es otro aspecto que se puede abordar por medio del DEA y el cual ha sido igualmente aprovechado por investigadores económicos. El marcado aumento del tamaño promedio de las fincas lecheras en Nueva Zelanda en la década del 90 incentivó la medición del desempeño de estas unidades productivas (Jaforullah y Whiteman, 1999). En esa investigación, además de la medición de la eficiencia técnica, se indagó sobre la eficiencia de escala de las fincas consideradas. El estudio concluyó que para la muestra de 264 fincas consideradas sólo el 19% operaban en su escala óptima, 28% por encima y el restante 53% por debajo. La investigación encuentra un promedio de eficiencia global del 83%, un promedio de la eficiencia de escala igual a 94% y un promedio de eficiencia técnica pura de 89%.

La mayor exposición al entorno internacional del sector primario neozelandés también impulsó la medición de la eficiencia en fincas multiproducto (Cloutier y Thomassin, 2000). Esa investigación toma una muestra de 41 fincas del distrito de Tararua en los años 1991 y 1992. El esquema predominante en estas fincas es la producción conjunta de lana y de carne, pero no descartaron otros ingresos. Los autores hicieron uso de la prueba de Wilcoxon¹⁰ para pares ordenados y concluyeron que en efecto existía una desmejora en el desempeño de las fincas consideradas. Bajo otros enfoques, como el paramétrico clásico de regresiones de Fronteras de Posibilidades de Producción, la estimación de puntajes en unidades multiproducto se hace un tópico más complicado. En otra investigación, esta vez para Alemania, se utilizó el DEA para analizar el uso del nitrógeno en fincas productoras de carne y leche (Reinhard y Thijssen, 2000). Esa investigación encontró un índice de eficiencia del 56% para los años considerados.

¹⁰ Ésta es una prueba no paramétrica análoga a la prueba t para evaluar diferencias de medias, es utilizada cuando el supuesto de normalidad no es asumible.

El análisis de la eficiencia de escala por medio de la utilización de DEA arroja valiosos elementos de análisis para el diseño de estrategias de políticas. La implementación de la *Common Agricultural Agenda* en la Unión Europea supuso una reorganización de la estructura productiva del sector primario, siendo el cambio de la escala un aspecto central. La aplicación de DEA permitió concluir que, si bien la tendencia era hacia el aumento del tamaño de las fincas lecheras escocesas, éstas operaban en su mayoría bajo rendimientos decrecientes a escala, por lo cual se recomendaba incentivar la disminución del tamaño de estas fincas (Barnes y Oglethorpe, 2000).

Los objetivos perseguidos con la utilización del DEA corresponden a las particularidades de cada investigación y su entorno, lo cual es resultado de la flexibilidad de esta metodología. Bajo este esquema se pueden abordar temas como la concentración de la tierra y la eficiencia en el uso de ésta. Para la región de Galicia, por ejemplo, se encontró que la estructura de la tenencia de la tierra no supone una diferencia en los indicadores de desempeño (Ribas, *et al.* s.f.). Estos autores utilizaron datos sobre parcelas con distintas características de tenencia de la tierra. Para esto dividieron su base de datos en parcelas con concentración parcelaria y en no concentradas. Se utilizaron tres pruebas para analizar la hipótesis de diferencia de medias de los puntajes de los dos grupos: Prueba t, Kruskal-Wallis y la U de Mann-Whitney. El estudio no encontró evidencia para rechazar la diferencia estadística de las medias de los puntajes de los dos grupos.

Con este mismo enfoque, pero en las Islas Azores se estimaron promedios de los puntajes del 66,4%, los cuales están muy por debajo de los promedios de estudios muy parecidos en otras regiones (Soares da Silva *et al.*, 1996). En esa misma investigación los autores concluyeron que la eficiencia no es una característica única de un solo tipo o escala de explotación, pues se encontraron fincas lecheras eficientes en los distintos segmentos que consideraron.

Dentro de las aplicaciones de DEA en la ganadería latinoamericana se pueden citar mediciones sobre los indicadores de eficiencia técnica hechos en la cuenca sur del abasto de

Buenos Aires (Arzubi y Berbel, 2001). En estas investigaciones los autores encontraron un promedio de 83%, muy parecido a estudios similares hechos en otras partes del mundo. Como se puede ver, las aplicaciones de DEA en la ganadería cubren diversos aspectos propios de esta actividad productiva, abarcando del mismo modo diversos paisajes geográficos y socioeconómicos.

A partir de la revisión bibliografía presentada hasta aquí se puede concluir que desde la aparición de las primeras investigaciones, a principios de la década pasada, la aplicación de DEA ha probado ser una herramienta eficaz y flexible para la medición de desempeño de fincas ganaderas. Todas estas investigaciones tienen como común denominador la estimación de los indicadores de los índices de eficiencia (pura, global y de escala), pero cada una de ellas parte de esta estimación y aborda problemas específicos al entorno, lo que prueba la flexibilidad de la metodología para abordar temas similares, pero a la vez altamente diferenciados.

V. El doble propósito en la Costa Caribe

El doble propósito hace referencia a una actividad propia del trópico bajo que reúne, en un mismo esquema, la producción de carne y de leche. Esta forma productiva se basa en el vigor híbrido propio del cruce de vacas cebú criollas con razas europeas (*Bos taurus* x *Bos indicus*). El doble propósito merece atención debido a la participación que tiene, tanto en el ható como en el uso de las tierras, especialmente en los departamentos de la Costa Caribe.

El doble propósito, o doble utilidad, es una forma de producción muy antigua derivada de la costumbre de ordeñar en forma estacional por lo menos una parte de la vacada para extraerles leche para autoconsumo, producción de queso o para la venta. De esta forma, la vaca y el ternero son considerados como una misma unidad biológica y económica durante el período de lactancia (ASODOBLE, 2004).

En la actualidad el doble propósito se caracteriza por el ordeño diario de las vacas y la conservación por cierto período de tiempo del ternero para su posterior venta. Según datos

de la Encuesta Nacional Agropecuaria del 2000, el 35% del hato nacional está destinado a este esquema de producción. Para los departamentos de la Costa el 58% de su hato es destinado al doble propósito, siendo los departamentos del Magdalena, La Guajira y Cesar, los de mayor porcentaje de participación de este tipo de ganado sobre el inventario departamental.

Tabla 1. Distribución porcentual del hato departamental según esquema productivo.

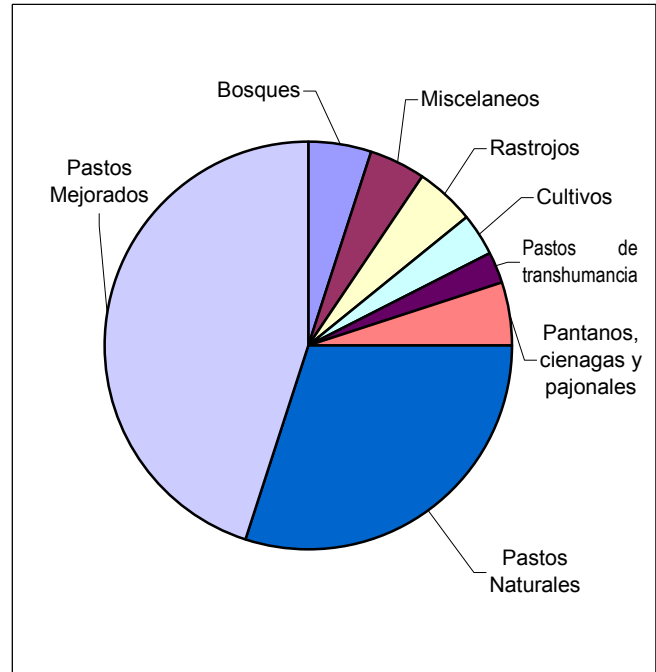
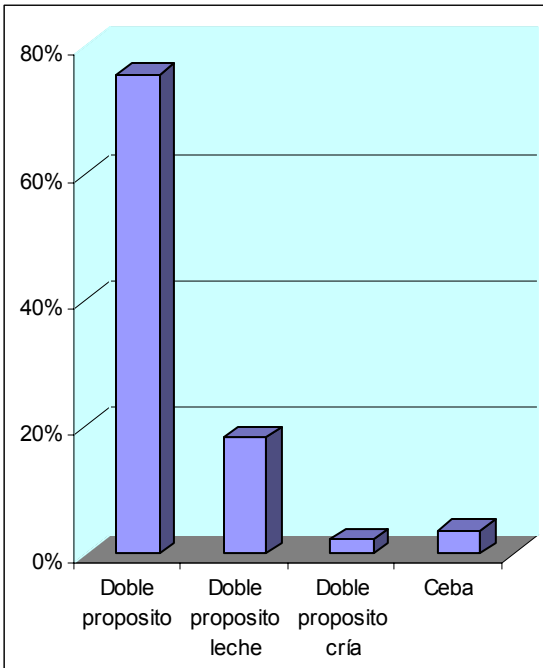
| Departamento | Leche | Carne | Doble propósito | % Hato Nacional |
|---------------------|--------------|--------------|------------------------|------------------------|
| Bolívar | 0,55 | 68,81 | 30,65 | 3,25 |
| Cesar | 0,16 | 34,55 | 65,29 | 5,95 |
| Córdoba | 0,43 | 80,55 | 19,02 | 11,49 |
| Guajira | 8,87 | 2,34 | 88,79 | 1,77 |
| Magdalena | 0,05 | 10,63 | 89,32 | 3,62 |
| Sucre | 0,47 | 77,01 | 22,52 | 3,54 |
| Total | 4,52 | 60,20 | 35,28 | 29,62 |

Fuente: SISAC-DANE (2000).

La gran participación de la ganadería de ceba en Sucre y Córdoba se debe a que estos departamentos son los más elásticos al ciclo ganadero. Para el año 2002, con el estancamiento en las expectativas del precio de ganado en pie, la proporción de ganado para ceba y doble propósito se intercambiaron. De esta forma, el doble propósito dejó de ser la forma predominante y pasó a ser la ceba.

En cuanto al uso del suelo, la participación de este esquema de producción es más significativa. La Costa Caribe cuenta con más de 13,2 millones de hectáreas, de éstas el 75% están cubiertas por pastos, bien sea naturales o sembrados. En esta extensión de tierra la participación del doble propósito es casi absoluta (las tierras dedicadas a la ceba no llegan al 5%). Las tierras dedicadas al doble propósito representan más del 80% de la Costa Caribe (Ver Cuadro 2).

Gráfico 2. Uso del suelo según finalidad en la Región Caribe (izquierda). Uso y Cobertura del suelo en la Región Caribe (derecha).



Fuente: Amador *et al.* (2001).

En los bovinos que se destinan al doble propósito se buscan las mejores cualidades de las razas lecheras y de carne. De este modo, los animales tienen una caracterización fenotípica intermedia entre las razas especializadas en carne y las de leche. Bajo este tipo de producción la principal preocupación del ganadero es la búsqueda de un equilibrio de las virtudes de las dos razas.

Un hato con una caracterización muy europea tendrá muy poca adaptabilidad a las inclementes condiciones ambientales de la región. Aparte de esto, el mercado de terneros castiga una caracterización racial pronunciada de este tipo. La adaptabilidad y ganancia de peso del ganado cebú costeño, hace que esta raza sea idónea para el proceso de levante y ceba. Por otro lado, una caracterización muy cebuina (o mestiza) implicará una disminución relativa de la producción de leche, aparte de no lograr el vigor híbrido propio del cruce de

estas razas. En el siguiente cuadro se muestra la participación de las razas en el hato nacional doble propósito.

Tabla 2. Caracterización racial del ganado doble propósito en Colombia

| Raza | Inventario | Participación |
|--|-------------------|----------------------|
| Razas criollas | 43,812 | 0.66% |
| Razas colombianas y sus cruces | 77,218 | 1.16% |
| Normando | 380,537 | 5.71% |
| Razas europeas | 5,782 | 0.09% |
| Gyr y Gyrholando | 36,317 | 0.54% |
| Razas cebuínas X razas europeas | 4,316,026 | 64.73% |
| Razas criollas X razas europeas | 9,179 | 0.14% |
| Razas europeas X mestizo | 1,592,986 | 23.89% |
| Razas europeas X razas europeas | 206,367 | 3.09% |
| Total doble propósito | 6,668,224 | 100% |

Fuente: SISAC y cálculos del autor.

Esta forma de producción ganadera tiene sus ventajas y sus debilidades. Como primera medida, el doble propósito le permite al ganadero manejar una mayor liquidez financiera en comparación con la ceba. En el proceso de engorde de animales los ingresos sólo son recibidos al final del período, mientras que los ingresos por ordeño y venta de animales son obtenidos con mayor periodicidad (semanal o mensual).

Del mismo modo, el doble propósito permite una mayor resistencia ante cambios estacionales en comparación con la lechería especializada. Las diferencias de la producción por vaca en la lechería costeña son un factor que le imprime volatilidad y dependencia a los ingresos del ganadero. Otro aspecto que es necesario resaltar es la relativa elasticidad de la producción doble propósito con respecto al ciclo ganadero. La distribución del hato según su finalidad es muy sensible a la situación y expectativas del precio. La retención de vientres, propia de expectativas favorables, va acompañada de un aumento de las cabezas destinadas al doble propósito. Cuando las expectativas no son tan buenas, la participación del doble propósito en el hato disminuye y se incrementa la del ganado destinado a la ceba.

Este comportamiento responde a una lógica en la cual el animal es concebido como un bien de capital capaz de producir rendimientos financieros por medio de la producción de terneros y de leche. De esta forma, el buen comportamiento de los precios de ganado en pie representa un alza de los posibles rendimientos y, por ende, aumenta la inversión del bien.

La debilidad de este esquema productivo radica en la pérdida de ventajas propias de la especialización de razas. Esto hace que muchos de los indicadores considerados por aparte y comparados con otros esquemas sean inferiores. Comparar por separado la producción de leche en el doble propósito con la de lechería especializada sería erróneo en la medida que desconocerían los recursos que se utilizan para la producción del ternero. Del mismo modo, comparar los pesos al destete¹¹ de los animales en fincas que realizan el ciclo completo de ceba con las de doble propósito es erróneo, pues no se tendrían en cuenta los ingresos por venta de leche.

El doble propósito en las llanuras de la Costa Caribe es muchas veces criticado por no hacer un uso intensivo de la tierra, recurso abundante en esta zona de país. Máxime cuando se le asocia a fenómenos como la violencia y la concentración de la tierra. En la práctica la realidad es otra. El doble propósito es una opción económicamente eficiente para el uso de la tierra. Para la microrregión del Valle del Cesar, el doble propósito es la opción con mayores rendimientos en comparación con los cultivos de arroz y algodón (Herrera *et.al.*, 1999). Los rendimientos por hectárea en ganadería fueron mayores que en los cultivos con los que se comparó, estos mayores rendimientos se sustentaron en unos menores costos unitarios, menor demanda de mano de obra y una mayor elasticidad para producir tanto leche como carne.

Los indicadores productivos del doble propósito pueden ser muy inferiores a los de sistemas especializados. De hecho, la producción por vaca en lecherías especializadas puede llegar a ser de 3 a 7 veces más que en el doble propósito. Pero esto no quiere decir

¹¹ Período en el que la unidad vaca-ternero se rompe, pues el ternero es apartado de la vaca.

que los sistemas doble propósito no sean competitivos. Los sistemas especializados suponen un uso más intensivo del capital (inversiones y gastos operacionales), mientras que en el doble propósito no es así. La relación para los gastos de inversión e infraestructura entre los dos tipos de ganaderías puede llegar a ser de 4:1¹² entre los sistemas especializados y el doble propósito. Esta composición de los factores hace que las aparentes ventajas de sistemas especializados se desvanezcan y el doble propósito aparezca como altamente competitivo, derivando en mejores ingresos netos por vaca/año, mayor rentabilidad del capital invertido y menor demanda de recursos financieros¹³.

En comparación con la lechería especializada las diferencias de costos de producción con el doble propósito son significativas. Los costos por kilo en lechería especializada pueden estar un 20% por encima de los costos en sistemas doble propósito. Del mismo modo, se pueden ver diferencias significativas en los ingresos por vaca así como la rentabilidad del capital invertido. La rentabilidad anual en el doble propósito supera ampliamente la rentabilidad del capital en la lechería especializada, 1.63 vs. 0.32 (Hollmann *et al.* 2003. Cuadro 6).

En este orden de ideas, se puede decir que el doble propósito no sólo es una alternativa viable para la utilización del suelo, es también una alternativa eficiente en comparación con sistemas especializados de ganadería. Se puede decir que la eficiencia del doble propósito se sustenta en la incorporación de factores abundantes de la región, lo que deriva en unos costos unitarios muy competitivos.

VI. Datos y resultados

Los datos utilizados se tomaron de la Encuesta de Costos Ganaderos. Dicha encuesta la realiza FEDEGAN a fincas seleccionadas aleatoriamente a nivel nacional. La recolección

¹² Holmann, F., Rivas, L. (2002). "Sistema de doble propósito y su viabilidad en el contexto de los pequeños y medianos productores en América Latina Tropical". Curso de actualización en el manejo de ganado bovino de doble propósito, Veracruz, México.

¹³ *Ibid.*, p. 15.

de los datos se hace junto a los ciclos de vacunación contra aftosa. Para el segundo ciclo de vacunación de 2003 se efectuaron 353 encuestas¹⁴. Para que una finca sea considerada como doble propósito en esta encuesta es necesario que *más de la mitad de los ingresos* provengan de la venta de leche y tales ingresos deben ser mayores a los percibidos por la venta de animales. Sobre esta clasificación de las fincas hay que tener en cuenta que se refiere al período en que se realizó la encuesta. Es decir, una finca de un período a otro puede pasar de un esquema productivo a otro. Pero la composición de costos de cada forma de producción variarían muy poco. De esta forma, se asegura una variación mínima de la composición de costos de cada esquema productivo, lo que validaría las recomendaciones que para un esquema productivo, en este caso el doble propósito, se puedan hacer.

De la base de datos original se tomaron las fincas pertenecientes a los departamentos de la Costa. Hecho esto se seleccionaron las fincas doble propósito, lo que redujo la muestra a las 71 fincas incluídas en el análisis. Se tomaron dos productos finales: i.- Valor de la producción anual de leche y ii.- Ingresos totales por venta de terneros. Por el lado de los insumos se tomaron: i.- Hato (Número de cabezas de ganado), ii.- Hectáreas dedicadas a pastos y iii.- Costos de maquinaria, mantenimiento, adecuación de tierras y cercas (MMABC).

Una revisión preliminar de las variables permite apreciar que son fincas muy productivas y con tamaños variados, lo cual las hace representativas del total. Hay que hacer la distinción entre el área de pastos reportada y el área total de la finca. Mientras la primera hace referencia al área destinada específicamente a la ganadería la segunda no distingue esto. La ganadería doble propósito no es excluyente de formas alternativas de uso del suelo en una misma finca. En promedio se tiene una capacidad de carga de 1,5 cabezas por hectárea. Esta relación es casi el doble del promedio nacional.

¹⁴ Actualmente esta encuesta se utiliza para la elaboración de la canasta de insumos ganaderos, canasta que puede entenderse como un Índice de Precios al Productor para el sub-sector.

Debido al poco grado de tecnificación presente en la mayor parte de las fincas, es de esperarse que el área de pastos sea el factor más influyente en la producción. Del mismo modo, la producción total será una función casi directa del inventario de cabezas. Aún con índices muy bajos de productividad por vaca, entre más vacas se tengan se producirá más leche y más terneros. Si bien el grado de tecnificación es bajo, no se puede desconocer el gasto del ganadero en maquinarias e instalaciones (MMABC). Por esta razón cabe esperar algún grado de correlación del nivel de producto con estos costos. Aunque no tan fuerte como el de los otros dos factores considerados.

Las fincas contenidas en la muestra están distribuidas en la mayoría de las zonas productoras doble propósito de la Costa Caribe. Desde el sur de la región (sur de Córdoba) hasta las zonas ganaderas de La Guajira. Y desde San Bernardo del Viento al extremo occidental, hasta Codazzi en la parte oriental de la región, ver Mapa 1 en los anexos.

Para revisar la relación de los insumos con los productos se realizaron regresiones simples para cada producto, como variables independientes se tomaron los insumos considerados. De estas regresiones se puede concluir que: i) las relaciones del hato y del área en pastos son considerablemente altas, y ii) la relación de los productos con los gastos de maquinaria es alta, pero no tan significativa (Anexo 7). La baja participación de los gastos de este rubro en la canasta de costos totales parece explicar esta relación. En la canasta de insumos ganaderos que construye FEDEGAN, este rubro representa el 16,4% en ganaderías doble propósito, siendo el segundo rubro de mayor participación después de la mano de obra.

Aunque la encuesta cuenta con una muestra representativa de cada región se limitó el estudio a los departamentos de la Costa Caribe con el fin de minimizar el efecto de variables no controlables que puedan afectar los indicadores de eficiencia. Un ejemplo de éstas son las variables ambientales como la calidad del suelo y el régimen de lluvias. Otro aspecto que debe considerarse son los diferenciales de precios de un mismo producto. Estas diferencias tienen un efecto directo sobre los ingresos percibidos y, por ende, sobre las mediciones a las que llega el DEA. Se hacen aquí dos supuestos sobre la homogeneidad de

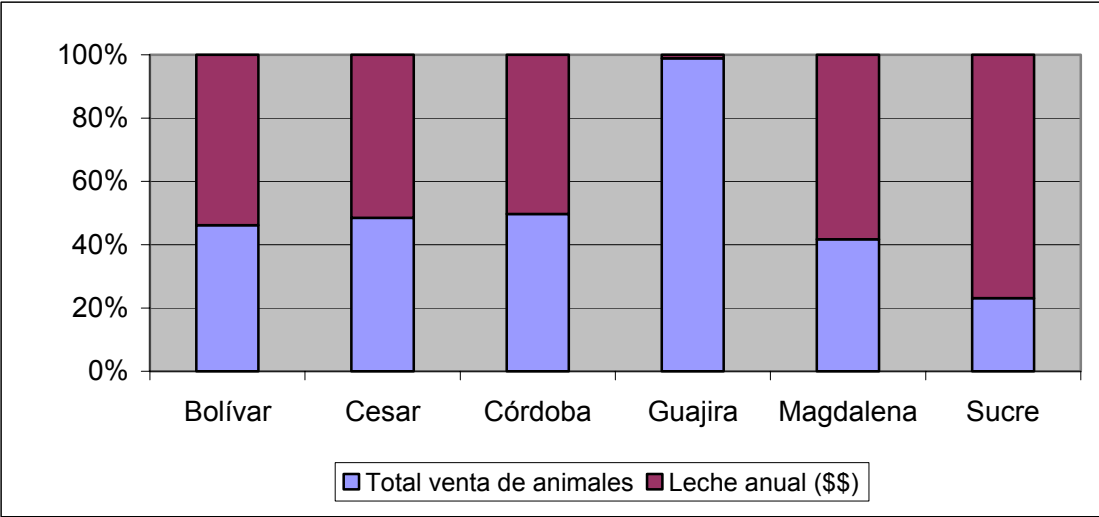
variables no controlables y sobre la formación de precios del ganado en pie en la región. Por este tipo de razones la aplicación de esta metodología debe hacerse en extensiones no muy grandes y relativamente homogéneas.

Los departamentos considerados son: Bolívar, Cesar, Magdalena, Sucre, Córdoba y La Guajira. El departamento del Atlántico no se incluyó por falta de datos y por no ser un departamento con participación significativa en la ganadería regional. A continuación se presenta la distribución de los ingresos en función de estas divisiones políticas. Resulta importante resaltar la relación de algunas variables como la participación que tiene cada departamento en el hato nacional. Córdoba, Cesar y Magdalena, los departamentos con mayor cantidad de ganado, son los que registran un mayor tamaño promedio de área de pastos, de inventario por finca y de ingresos tanto por leche como por carne (venta de terneros en pie).

Si bien se encuentra cierto grado de homogeneidad en la distribución de los ingresos, existen diferencias entre algunos departamentos. En general, como se aprecia en el Gráfico 3, todos los departamentos conservan una composición similar de sus ingresos. Se destacan la alta participación de venta de leche en las fincas de los departamentos de Magdalena y Sucre. La distribución de los ingresos para las fincas de La Guajira merecen especial atención. No obstante, las tres fincas de este Departamento son clasificadas como doble propósito por FEDEGAN, una de ellas no cumple con el criterio de más de 50% de ingresos por venta de leche. Es por esto que la distribución promedio de los ingresos resulta tan anormal para La Guajira¹⁵.

¹⁵ Ya que esta finca es clasificada por FEDEGAN como doble propósito no se eliminó de la muestra.

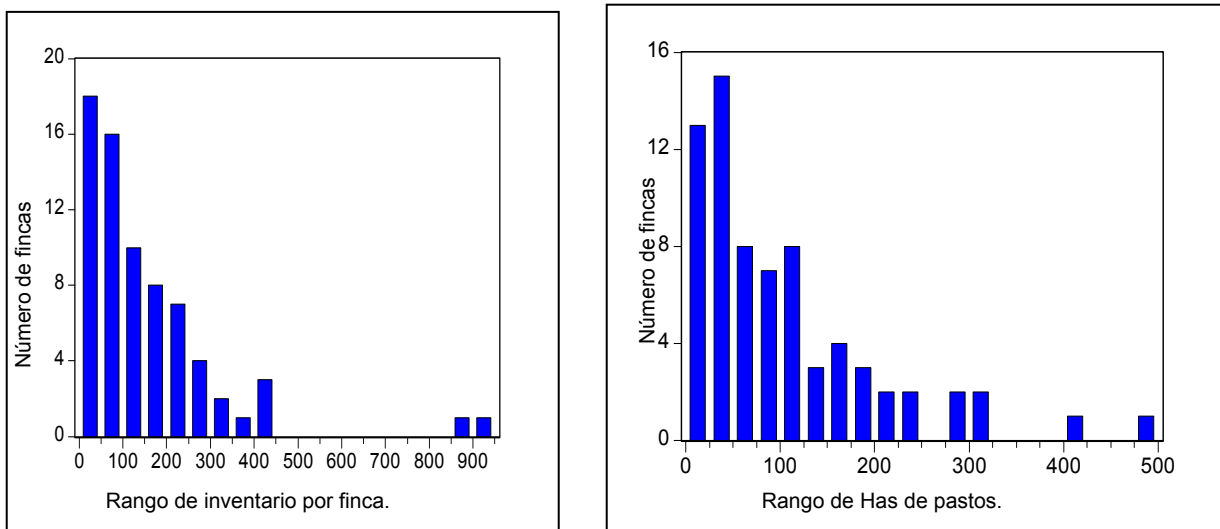
Gráfico 3. Participación de ingresos por venta de leche y animales.



Fuente: Encuesta de costos ganaderos y cálculos del autor

De manera más general se ve que la gran mayoría de las fincas tienen tamaños medianos y pequeños (Gráfico 4). La mayoría de ellas está en el orden de 0-100 hectáreas. De manera particular se anotan dos con extensiones mayores a las 400 hectáreas. Una situación similar se presenta con el número de animales de las fincas incluidas en la muestra. La gran mayoría de las fincas tienen menos de 200 animales. Al igual que con el área de pastos, sólo dos fincas presentan inventarios de más de 400 animales.

Gráfico 4. Histograma del inventario por finca (izquierda). Histograma del área dedicada a pastos (derecha).



Fuente: Encuesta de costos ganaderos (FEDEGAN) y cálculos del autor

A. Resultados del modelo DEA

Se corrieron dos modelos, uno orientado a los insumos y el otro orientado a los productos. De la misma manera, se corrieron para cada orientación dos variaciones, con rendimientos constantes a escala (CCR) y con rendimientos variables a escala (BCC). En total se obtuvieron cuatro ordenamientos de las fincas consideradas. A partir de estos cuatro grupos de puntajes se obtuvieron los respectivos indicadores de eficiencia de escala. Al final se lograron seis puntajes para cada finca.

Los resultados indican que sólo el 12% de las fincas consideradas operan con rendimientos constantes a escala. Como era de esperarse, el número de fincas eficientes bajo rendimientos variables a escala aumentó considerablemente. De hecho, el número de fincas eficientes de un modelo a otro resultó más del doble, ocho y 18 respectivamente (Tabla 3). El promedio de los puntajes fue 59.7% y 60.03% en los modelos con rendimientos constantes a escala orientado a los insumos y a los productos, respectivamente. Para el caso de rendimientos variables a escala los promedios obtenidos fueron de 71.3% y 72.2% para el modelo orientado a los insumos y a los productos, respectivamente. Hay que destacar la

concentración de los puntajes en el intervalo 40-70%, en el que se concentraron más de la mitad de las fincas (Gráfico 5).

Tabla 3. Presentación de los puntajes

| | Orientado a los insumos ¹⁶ | | | Orientado al producto | | |
|-------------------|---------------------------------------|------------------|-----------------|-----------------------|----------------|---------------|
| | θ_{CCR}^1 | θ_{BCC}^2 | θ_{EE}^3 | θ_{CCR} | θ_{BCC} | θ_{EE} |
| Media | 59.76% | 71.33% | 84.4% | 60.03% | 72.23% | 83.2% |
| Desv. estándar | 23.25 | 24.49 | 15,9 | 23.61 | 23.90 | 15,4 |
| Mínimo | 15.25% | 20.76% | 38.5% | 15.25% | 16.76% | 46.6% |
| Fincas eficientes | 8 | 18 | 9 | 8 | 18 | 9 |

Fuente: Encuesta de Costos Ganaderos y cálculos del autor

Notas: ¹ Puntajes considerando rendimientos constantes a escala

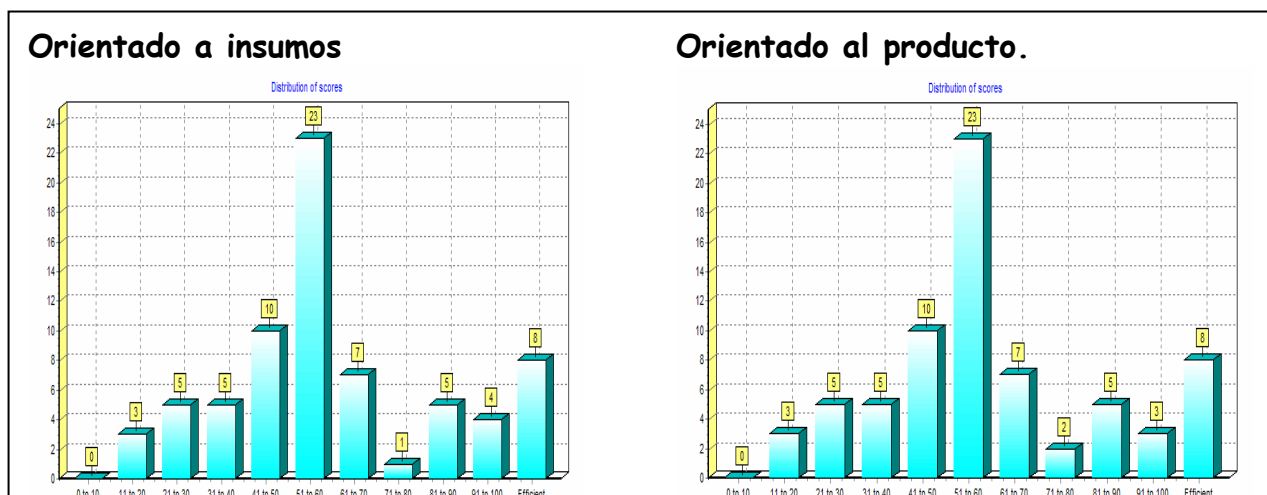
² Puntajes considerando rendimientos variables a escala

³ Puntaje de eficiencia de escala, $\theta_{EE} = \theta_{CCR} / \theta_{BCC}$.

Vale hacer una aclaración sobre las fincas consideradas como eficientes. Como se mencionó anteriormente, el DEA hace comparaciones referidas a la eficiencia práctica, no teórica. Por tanto, la eficiencia de las fincas es relativa a la muestra. Una finca eficiente en esta muestra puede resultar ineficiente si se incluyen nuevas fincas. Por esta razón, las comparaciones de resultados entre muestras no es metodológicamente correcto.

¹⁶ Para solucionar el problema de programación lineal se utilizó el programa Frontier Analyst 2.0.

Gráfico 5. Distribución de los puntajes



Al agrupar los resultados encontrados por el departamento de origen, se puede apreciar que el Magdalena y Sucre son los departamentos que tienen un mayor promedio de eficiencia en comparación con el resto. Del mismo modo, Bolívar tiene el promedio de puntajes de eficiencia más bajo.

Resulta interesante el caso del departamento del Magdalena, pues no sólo es uno de los departamentos con mayor participación en el hato regional, sino que en promedio tiene mayores ingresos por hatos, lo cual se refleja en el promedio de los puntajes de sus fincas. Además, como se muestra en la Tabla 4, cuenta con la mayor participación en el número de fincas que operan a escala eficiente. Hay que resaltar el alto grado de eficiencia relativa de las fincas de La Guajira, las cuales obtuvieron el promedio más alto (superior al 70%). Una posible explicación de esto es que en su gran mayoría las fincas de este Departamento están en la parte sur, cercanas al Cesar, zona que se caracteriza por la calidad de sus suelos.

Tabla 4. Estadísticas de puntajes por departamentos.

| | | Bolívar | Cesar | Córdoba | Guajira | Magdalena | Sucre |
|---------------------------|------------------------------|---------|--------|---------|---------|-----------|--------|
| Orientado a los insumos | Promedio de θ_{CCR}^1 | 49,94% | 60,34% | 56,11% | 73,33% | 61,52% | 63,26% |
| | Promedio de θ_{BCC}^2 | 71,81% | 67,66% | 69,99% | 75,35% | 74,34% | 73,29% |
| | Promedio de θ_{EE}^3 | 73,21% | 90,79% | 81,92% | 96,91% | 84,02% | 82,15% |
| | Eficientes a escala | 0 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 |
| Orientado a los productos | Promedio de θ_{CCR} | 53,83% | 60,34% | 56,11% | 73,33% | 61,52% | 63,26% |
| | Promedio de θ_{BCC} | 61,03% | 71,04% | 74,18% | 74,54% | 77,11% | 69,45% |
| | Promedio de θ_{EE} | 90,04% | 82,81% | 76,90% | 98,11% | 80,21% | 89,38% |
| | Eficientes a escala | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 |

Fuente: Encuesta de costos ganaderos y cálculos del autor

Notas: ¹ Puntajes considerando rendimientos constantes a escala

² Puntajes considerando rendimientos variables a escala

³ Puntaje de eficiencia de escala. $\theta_{EE} = \theta_{CCR} / \theta_{BCC}$

Una de las características importantes que vale la pena destacar de este tipo de análisis es que permite descomponer la (in)eficiencia acorde con los insumos utilizados, lo que permitiría encontrar mejoras potenciales. Para el modelo orientado a los insumos se encontró que en promedio el recurso pastos esta sub-utilizado en un 43.65% (Ver Tabla 5), lo que es una cifra relativamente alta por la importancia que tiene este factor en la producción tanto de leche como de carne. De la misma manera, se encontró un posible ahorro del inventario de 40,24%. El ahorro en gastos de maquinaria, mantenimiento, adecuación de tierras y cercas aparece como el posible ahorro más pequeño: 34.99%.

Contrario a lo que se puede pensar, aumentar la productividad de la tierra en ganadería no quiere decir aumentar su capacidad de carga. El problema no es aumentar el número de cabezas por hectárea, sino mejorar la calidad existente de los animales. En otras palabras, se podría disminuir la capacidad de carga sin afectar el nivel de producto si se mejorasen las características productivas de los animales utilizados en el doble propósito. Vale la pena aclarar que es la calidad de los animales más no de las razas.

En teoría una mayor capacidad de carga daría mayor productividad a la tierra en el corto plazo, pero del mismo modo amenaza su sostenibilidad en el largo plazo. Las amenazas que

sobre el suelo puede tener la ganadería son un tema de gran complejidad, el cual escapa a los objetivos planteados en este trabajo.

Tabla 5. Resumen de mejoras potenciales.

| Variables | | Bolívar | Cesar | Córdoba | La Guajira | Magdalena | Sucre | Total |
|--------------------|------------------|---------|---------|---------|------------|-----------|---------|---------|
| Área (Has, Pastos) | Actual | 28,00 | 77,23 | 163,07 | 68,00 | 127,22 | 42,67 | 101,86 |
| | Objetivo | 7,93 | 38,05 | 81,28 | 54,25 | 69,01 | 25,46 | 53,65 |
| | Mejora potencial | -67,62 | -43,21 | -45,29 | -26,67 | -41,22 | -40,99 | -43,65 |
| MMABC* | Actual | 687,40 | 3076,15 | 2806,00 | 696,67 | 3909,78 | 1097,50 | 2685,94 |
| | Objetivo | 177,57 | 1053,79 | 1546,03 | 452,52 | 2323,94 | 791,03 | 1437,72 |
| | Mejora potencial | -15,22 | -35,83 | -43,89 | -26,67 | -32,02 | -38,97 | -34,99 |
| Total bovinos | Actual | 64,60 | 130,92 | 276,13 | 65,67 | 167,87 | 65,42 | 155,07 |
| | Objetivo | 33,89 | 70,01 | 143,44 | 47,22 | 104,49 | 35,43 | 87,34 |
| | Mejora potencial | -50,06 | -39,66 | -43,89 | -26,67 | -38,48 | -38,97 | -40,24 |

Fuente: Encuesta de costos ganaderos y cálculos del autor

* Corresponde a costos de maquinaria, mantenimiento, adecuación y cercas.

Como se mencionó en la parte introductoria del modelo, una de las aplicaciones más interesantes del DEA es la facultad de identificar cuáles son las prácticas más eficientes para replicarlas o las más ineficientes para suprimirlas. Teniendo esto en mente se identificaron las cinco fincas más eficientes¹⁷ y las cinco menos eficientes para compararlas variable por variable y ver cuáles son las diferencias más significativas entre ellas. Por medio de esta comparación se distinguen ciertos aspectos comunes en las fincas más eficientes. Del mismo modo, se aprecian variables diferenciadores de este grupo con las fincas con los puntajes más bajos. En la Tabla 6 se muestran las variables con mayor porcentaje de diferencia en los dos grupos de fincas.

En promedio las fincas con puntajes más altos venden un 12% más caro que las fincas menos eficientes, además de hacerlo en extensiones de tierras más pequeñas. Este resultado, unido a la diferencia de capacidad de carga de los dos grupos (Ver Tabla 6),

¹⁷ Fincas eficientes con el mayor número de participaciones en el conjunto de comparaciones para las 71 fincas.

corroboran los resultados encontrados en términos de mejoras potenciales: una de las principales carencias de las ganaderías doble propósito radica en la calidad de su inventario.

Los dos grupos de fincas tienen una cantidad de ventas de terneros muy similares. Por el lado de la leche la diferencia es más pronunciada, en promedio ésta resultó de 462 litros mensuales. La verdadera diferencia radica en que las cinco mejores fincas lo hacen con una cantidad mucho menor de animales, obtienen un mejor precio por los terneros y lo hacen en una extensión más pequeña de tierra. Esta diferencia deja ver que la calidad (re)productiva de los animales juega un papel fundamental a la hora de mejorar la rentabilidad de las fincas. En otras palabras, si se pretende aumentar la competitividad de las fincas costeñas, son necesarios unos estándares de selección del pie de cría más estrictos y orientados a las nuevas exigencias del mercado.

La búsqueda de animales más productivos, con una menor cantidad de días entre partos, y que den un producto (ternero) de mayor calidad, es prioritario para mejorar la productividad ganadera. Es una conclusión muy simple, pero muy poderosa en la medida que tiene una directa relación sobre la presión que se ejerce sobre los recursos. Una mejor calidad productiva del hato no sólo mejorará los ingresos para el ganadero, disminuirá la presión sobre el suelo.

Las diferencias entre la calidad de los terneros (reflejada en el precio por el que se venden) y la cantidad de litros mensuales de los dos grupos de fincas es otro aspecto importante. Como ya se mencionó, una caracterización muy europea del hato será castigada en el mercado de terneros (ganado flaco), pero tendrá ventajas en la producción de leche. Por otro lado, una caracterización muy cebuína está asociada a una baja producción de leche por vaca, pero con una producción de terneros preferida en el mercado. Las diferencias entre los dos grupos de fincas hacen pensar que esto no es necesariamente cierto. Una buena relación litros por vaca, no es excluyente de un ternero con buena salida en el mercado. Las fincas más eficientes no sólo tienen una producción de leche más alta, sino que producen un ternero de mayor precio.

Un tópico importante en estas comparaciones es el gasto destinado al sostenimiento de potreros. Para esto se define la variable *mejoras*, correspondiente a las tierras sobre las cuales se efectuaron trabajos con herbicidas, renovación o siembra de forrajes, insecticidas, enmiendas y riego. De esta forma, esta variable se puede considerar como una *proxy* del gasto del ganadero en la conservación del suelo y los pastos que lo cubren. En promedio, se encontró que las fincas menos eficientes hacen un uso más agresivo de los recursos, realizan mayores intervenciones sobre el entorno por medio de la utilización de insecticidas, enmiendas y herbicidas.

Una de las variables más importantes y que merece tratarse por aparte es el riego de las fincas. Dentro de las cinco mejores fincas, tres de ellas tienen algún porcentaje de sus tierras bajo riego, en las fincas menos eficientes este tipo de práctica es nula (Tabla 6). A partir de esta relación se puede establecer una relación directa del uso del agua y la productividad de la finca. Al parecer gran parte de la productividad del hato y de los pastos está sujeta al régimen del agua. Los marcados picos en producción de pastos, muy pobre en verano y pronunciados en invierno, dejan ver la alta dependencia de la producción del hato con el régimen de lluvias. En este orden de ideas, el riego sobre las tierras minimiza este efecto y de ahí la posible diferencia en la eficiencia del uso del suelo.

Por último, se considera el gasto en maquinaria, mantenimiento, adecuación y cercas. De antemano se podría pensar que las fincas de mayor producción son las que destinan un mayor gasto en este rubro debido a un uso más intensivo del suelo. El modelo muestra que las ganaderías más eficientes no son las que más gastan. Las cinco fincas con menores puntajes registraron un gasto promedio de esta variable de 2.8 millones de pesos. De las cinco fincas con mayores puntajes, sólo tres registraron este tipo de gastos y con un promedio mucho menor (Tabla 6).

Tabla 6. Comparaciones entre las fincas con puntajes más altos y más bajos.

| Referencia | Leche anual (\$) | Venta de Animales (\$) | Valor Pdio ternero | Área (Has) | Capacidad de Carga | Área (Has, mejoras) | MMABC* (\$) | Riego (Has) |
|-----------------|------------------|------------------------|--------------------|------------|--------------------|---------------------|-------------|-------------|
| 190 | 15,000 | 4,640 | 464 | 7 | 1.43 | 18 | 2,460 | 2 |
| 326 | 7,200 | 3,690 | 615 | 32 | 1.16 | 15 | 0 | 0 |
| 349 | 31,800 | 37,180 | 547 | 92 | 0.87 | 45 | 1,000 | 25 |
| 103 | 5,760 | 2,350 | 470 | 20 | 1.25 | 15 | 0 | 15 |
| 217 | 8,100 | 17,080 | 712 | 150 | 0.39 | 600 | 240 | 0 |
| Promedio | 13,572 | 12,988 | 561 | 60 | 1.02 | 139 | 740 | 8 |

| | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|--------------|------------|-----------|-------------|-----------|--------------|----------|
| 186 | 3,600 | 940 | 470 | 21 | 4.52 | 32 | 500 | 0 |
| 252 | 2,700 | 2,350 | 470 | 35 | 1.43 | 2 | 450 | 0 |
| 274 | 21,600 | 17,000 | 567 | 220 | 0.82 | 180 | 13,740 | 0 |
| 194 | 7,800 | 7,050 | 470 | 50 | 2.04 | 22 | 3,270 | 0 |
| 254 | 5,400 | 2,350 | 470 | 70 | 1.47 | 0 | 100 | 0 |
| Promedio | 8,220 | 5,938 | 489 | 79 | 2.06 | 47 | 3,612 | 0 |

| | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|----------|------|
| Diferencias | 5352 | 7050 | 72 | -19 | -1.04 | 91 | -2872 | 8 |
| % | 39.43% | 54.28% | 12.85% | -31.5% | -101.96% | 65.95% | -388.11% | 100% |

Fuente: Encuesta de costos ganaderos y cálculos del autor

* Corresponde a costos de maquinaria, mantenimiento, adecuación y cercas

B. Modelo tobit

La utilización de regresiones auxiliares para analizar los factores determinantes de los puntajes provee herramientas adicionales para un análisis más detallado de los puntajes de eficiencia de escala. Por medio de este procedimiento es posible identificar el efecto de variables manejadas a nivel finca que están ligadas a su eficiencia de escala. Dada la naturaleza de los puntajes obtenidos por el DEA, acotados entre cero y 100, hace que el análisis tobit tenga ventajas en comparación con otros enfoques.

Para llevar a cabo el análisis tobit se definió una constante además de las siguientes variables independientes: i) Hectáreas dedicadas a pastos –PASTOS-, ii) Valor promedio de los animales vendidos –VPROM-, iii) Capacidad de carga de la finca, definida como la cantidad de animales por hectárea –CARGA-, iv) Número de hectáreas bajo algún sistema

de riego –RIEGO-, v) Número de hectáreas sobre las que se utilizaron fertilizantes orgánicos -FERTI2-, vi) Número de hectáreas sobre las que se utilizaron insecticidas -INSEC-, vi) Gastos en mantenimiento de maquinaria -MMANT-, mantenimiento de instalaciones –MINST-, en maquinaria –MAQ-, en adecuaciones de tierras –ADECU- y, por último, el gasto en cercas –CERCAS-. Como se mencionó en el marco teórico, como variable dependiente se tomaron los complementos de los puntajes obtenidos bajo el modelo orientado a los productos y orientado a los insumos. Es decir, los puntajes de ineficiencia de escala. Los resultados de este modelo se presentan en la Tabla 7, una presentación más detallada de la salida del paquete estadístico se presenta en el Anexo 4. Las regresiones fueron estimadas por máxima verosimilitud e incluyeron matriz de covarianzas robustas Huber/White.

Los resultados del modelo DEA son muy sensibles a la de agregación de las variables, de ahí que se sumarán varios rubros para la creación de la variable MMABC. Con esta agregación no se puede distinguir el efecto individual de cada variable sobre el puntaje de eficiencia. Por medio del análisis de regresiones censuradas es posible desagregar esta variable para examinar los efectos individuales de cada variable sobre el puntaje.

Tabla 7. Análisis tobit.

| Variable | Modelo orientado a los insumos | | | Modelo orientado a los productos | | |
|-------------------------------|--------------------------------|-----------|------------|----------------------------------|-----------|------------|
| | Coefficiente | Std Error | P-Valor | Coefficiente | Std Error | P-Valor |
| C | -73,75164 | 1,001488 | 0.0000 | -81,14111 | 6,540208 | 0.0000 |
| PASTOS | 0,073276 | 0.017755 | 0.0000 | 0,085499 | 0.014953 | 0.0000 |
| VPROM | -0,044634 | 0.017390 | 0.0103 | -0,028536 | 0.011533 | 0.0134 |
| CARGA | 3,54341 | 1,316679 | 0.0071 | 1,501626 | 1,461316 | 0.3041 |
| RIEGO | -1,066862 | 0.311863 | 0.0006 | -0,662274 | 0.106584 | 0.0000 |
| FERTI2 | -15,79803 | 2,218645 | 0.0000 | -1,398849 | 0.434890 | 0.0013 |
| INSEC | 0,559817 | 0.155012 | 0.0003 | 0,387172 | 0.227886 | 0.0893 |
| MMANT | -0,0044 | 0.001918 | 0.0218 | 0,00196 | 0.000498 | 0.0001 |
| MINST | 0,012516 | 0.002410 | 0.0000 | 0,005244 | 0.001682 | 0.0018 |
| MAQ | -0,000831 | 0.000738 | 0.2606 | -0,003477 | 0.001425 | 0.0147 |
| ADECU | 0,000596 | 0.001094 | 0.5855 | -0,000148 | 0.001243 | 0.9054 |
| CERCAS | -0,003806 | 0.001447 | 0.0085 | 0,000806 | 0.001097 | 0.4624 |
| R ² | | | 0.455918 | | | 0.635918 |
| R ² Ajustado | | | 0.343349 | | | 0.560591 |
| S.E. de regresión | | | 1.285.765 | | | 1.017.674 |
| Suma de residuos ² | | | 9.588.511 | | | 6.006.830 |
| Log likelihood | | | -2.499.009 | | | -2.585.125 |
| Prom. log likelihood | | | -3.519.730 | | | -3.641.021 |
| Obs. censuradas izq. | | | 0 | | | 0 |
| Obs. Sin censurar | | | 62 | | | 62 |
| Obs. censuradas der. | | | 9 | | | 9 |
| # de Observaciones | | | 71 | | | 71 |

En general, las dos regresiones coinciden en las variables que aparecen como significativas, así como en los signos obtenidos. Las variables dependientes son los puntajes de ineficiencia, un signo negativo debe interpretarse como un efecto positivo sobre la eficiencia de escala de la finca considerada. En este orden de ideas, el valor promedio de los animales vendidos, las hectáreas con riego y con fertilizantes orgánicos tienen un efecto positivo y significativo sobre los puntajes de eficiencia. Del mismo modo, aumentos en el gasto en mantenimiento de instalaciones y de maquinaria estarán asociados a un mejor desempeño de las fincas. El gasto en mantenimiento de cercas sólo parece significativo en el modelo orientado a los insumos, mientras que el gasto en maquinaria aparece como

significativo en el modelo orientado a los productos, pero no en el modelo orientado a los insumos.

Los coeficientes de la capacidad de carga y número de hectáreas de pastos son de especial interés en tanto tienen directas aplicaciones para el diseño de políticas. El hecho de que la capacidad de carga tenga un efecto negativo sobre los puntajes de eficiencia deja ver que para mejorar la competitividad del sector ganadero son necesarios aumentos en la calidad del inventario actual, no en su cantidad. Del mismo modo, unos tamaños de fincas más grandes está asociada con una disminución de los puntajes de eficiencia de escala.

Los coeficientes de las variables de gastos son interesantes, pues las variables entraron al modelo como miles de pesos y, además, son variables sensibles a políticas estatales. Por ejemplo, incentivos gubernamentales dirigidos hacia el gasto y mantenimiento de maquinarias ayudarían a mejorar el desempeño de las fincas afectadas.

VII. Conclusiones

Partiendo de la Encuesta de costos ganaderos se corrieron cuatro distintos modelos para encontrar los índices de eficiencia técnica relativa (CCR, BCC) para una muestra de 71 fincas doble propósito en la Costa Caribe. Mediante la utilización del Análisis de la Envolvente de Datos, se encontró un promedio de 59.7% y 60.03% de los puntajes con rendimientos constantes a escala para los modelos orientados a los insumos y a los productos, respectivamente. De igual manera, se encontró un promedio 71.3% y 72.2% para los puntajes con rendimientos variables a escala para los modelos orientados a los insumos y a los productos, respectivamente. De la muestra de 71 fincas se halló que tan solo ocho, un 11% del total, operan en una escala eficiente.

Al desagregar a nivel departamental los puntajes de las mediciones se aprecia una relación entre la eficiencia y el grado de especialización del departamento en el doble propósito. Los departamentos con mayor participación del ganado doble propósito en su inventario,

exceptuado Sucre, fueron los de mayores promedios. Estos departamentos tuvieron la mayor participación en el grupo de fincas eficientes a escala.

Como tercer paso del análisis se revisaron las mejoras potenciales, es decir, el ahorro en la utilización de los recursos que puede lograrse de hacerse un uso eficiente de éstos. La subutilización del inventario y del área de pastos aparece como el posible ahorro más significativo. Este ahorro, unido con la relación negativa que tiene la capacidad de carga, proporciona argumentos para pensar que el problema no radica en la poca utilización de los predios ni en las razas: el problema está en la calidad de los animales del inventario y de los pastos de los que se alimentan. Al comparar las fincas más eficientes con las de puntajes más bajos, se aprecia que estas últimas tienen una mayor capacidad de carga, pero aun así, producen una cantidad de terneros y litros de leche inferior a las más eficientes. Además, tomando los precios promedios de los animales vendidos se puede decir que estas fincas tienen una producción de mayor calidad.

Con estas diferencias se pueden identificar varios aspectos clave para el mejor aprovechamiento de los recursos por parte de las fincas. Como primera medida, la necesidad de unos mejores criterios de selección y mejoramiento del pie de cría del inventario ganadero. La búsqueda de una mayor y mejor producción no implica un sobrepoblamiento bovino en términos de cantidad. Esto quiere decir que, programas como los de repoblamiento bovino deberían estar orientados hacia la mejora de la calidad del ganado en lugar de un aumento de su cantidad.

Contrario a la creencia generalizada de la existencia de un relación inversa entre producción de leche y calidad del ternero, se encontró que un uso eficiente de los recursos puede llevar a buenos promedios de litros por vaca y terneros con una buena salida en el mercado. Este manejo eficiente debe entenderse como un uso de los recursos basado en un buen manejo de la información, y criterios estrictos en el sostenimiento y ampliación del inventario.

Como se mencionó, el doble propósito tiene limitaciones, como las pérdidas por la falta de especialización, pero no deja de ser una alternativa productiva y competitiva. Los menores costos unitarios, la flexibilidad para producir tanto leche como carne y la menor demanda de factores escasos en la región como el capital financiero, hacen que este tipo de ganadería sea eficiente en comparación con otras formas de utilización de la tierra, además de tener ventajas con sistemas especializados de producción. Esto no quiere decir que el doble propósito no admita cambios para su mejoramiento. Por el contrario, los resultados de ahorros potenciales encontrados aquí muestran que estas ventajas se pueden reforzar: el potencial del ható y de los pastos son los mayores ahorros posibles.

A menudo la percepción sobre la ineficiencia de la ganadería en la Costa Caribe se sustenta en el uso extensivo de la tierra y en una menor producción por animal en comparación con los sistemas especializados de leche y carne, como se practica en otras regiones del país. Las diferencias regionales de precios relativos de los insumos, en las condiciones climatológicas y ambientales (régimen de lluvias, calidad de suelos y producción de biomasa vegetal), en las razas utilizadas, en la rentabilidad por hectárea (en comparación con cultivos y sistemas especializados) y en la composición de insumos utilizados, hacen que estas comparaciones sean inadecuadas y que estos viejos argumentos se deban reconsiderar. La baja capacidad de carga característica de la ganadería costeña, asociada a ganaderías extensivas, no implica necesariamente un uso ineficiente de los recursos. Por el contrario, esta forma de producción es un sistema adaptado a las aptitudes productivas de la región.

Como último aspecto del análisis se corrió un modelo tobit para determinar cuáles eran las variables que afectaban la eficiencia a escala de las fincas consideradas. Este análisis de regresiones censuradas confirmaron las tendencias encontradas por medio de las comparaciones entre las fincas más eficientes y las de menores puntajes. El efecto del área de pastos apareció con signo negativo y altamente significativo sobre la eficiencia de escala de las fincas. El número de hectáreas bajo riego y la utilización de insecticidas orgánicos también aparecen como significativos y con un efecto positivo sobre el desempeño de la

finca. La capacidad de carga de la finca, contrario a lo que se podría pensar *a priori*, aparece con signo negativo y significativo sólo para el modelo orientado hacia los insumos.

La medición de los índices de eficiencia arrojó ciertas luces sobre la situación de la ganadería doble propósito en la Costa Caribe, pero de igual manera, quedan al descubierto interrogantes que merecen especial atención en el futuro. En los datos del SISAC se aprecia cierta homogeneidad racial en el inventario bovino. Este hecho, unido a los diferenciales de calidad y producción de las fincas más eficientes, evidencia la necesidad de investigaciones agronómicas sobre la calidad y el manejo de los animales. Por último, las amenazas que sobre el suelo pueda tener la ganadería son otro aspecto para futuras investigaciones. El efecto negativo de la capacidad de carga y utilización de herbicidas sobre la eficiencia de las fincas son prueba de esto. Un análisis más detallado sobre la relación del riego también debe ser un aspecto de consideración futura.

VII. Bibliografía

Amador, I., Gómez, O., Otálora J. (2001). “Diagnóstico de la cadena y estrategias para la elaboración del Acuerdo de Competitividad del sector de la carne Bovina”. Informe Final Contrato N° 020-2001 IICA – ICTA. Bogotá D.C.

Anderson. T. A. (s.f.) Data Envelopment Analysis Home Page. Tomado de www.emp.pdx.edu/dea/homedea Recuperado el 10 de abril de 2004.

Arzubi. J., Berbel. (2002). “Determinación de índices de eficiencia mediante DEA en Explotaciones lecheras de Buenos Aires”, en *Producción y Sanidad Animal*. 17(1-2).

ASODOBLE (s.f). Asociación Colombiana de Ganaderos doble propósito. Tomado de www.personales.com/colombia/cartagena/asodoble/ Recuperado el 15 de octubre de 2004.

Banker R., Charnes, A, & Cooper W.W. (1984). “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis”. *Management Science*. 30(9), pp 1078-1092.

Banker, R. D. (1993). “Maximum likelihood consistency and DEA: a statistical foundation”. *Management Science*, 39(10) pp 1265-1273

Barnes, A., Oglethorpe, D. (s.f). Scale Efficiencies and the Mid-Term Review: An Analysis of Scottish Dairy Farming. Tomado de www.aes.ac.uk/downloads/conf_papers_04/Barnes.doc Recuperado el 15 de junio de 2004.

Bierens. H. (2004). The tobit model. Tomado de http://econ.la.psu.edu/~hbierens/EasyRegTours/TOBIT_Tourfiles/TOBIT.PDF Recuperado el 22 de noviembre de 2004.

Bowlin, W. (1998).”Measuring Performance: An Introduction to Data Envelopment Analysis (DEA)”. *Journal of Cost Analysis*, (Fall,1998). pp 3-27.

Cloutier L., Rowley R. (1993). “Relative technical efficiency: Data Envelopment Analysis and Quebec’s dairy farms”. *Canadian Journal of Agricultural Economics*. 41, Julio, pp 169-176.

Cloutier, M., Thomassin, P. (2000). "Data Envelopment Analysis (DEA) and Agricultural Policy Reform in New Zealand". Centre de Recherche en Gestion. *Working Paper 18-2000*.

Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. (1978). "Measurement the efficiency of decision making units". *European Journal of Operational Research*. 2, pp. 429-444.

Cooper, W.W, Seiford L.M, Tone, K. (1999). "*Data Envelopment Analysis A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*". Boston, Kluwer Nijhoff Publishing.

Farrell, M. (1957). "The measurement of productive efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society (Series A)*. 120, part. III, 253-290.

Fraser, I., Cordina D. (1999). "An application of data envelopment analysis to irrigated dairy farms in Northern Victoria, Australia". *Agricultural Systems*. 59, pp 267-282.

Fraser. I., Balcombe. K., Kim. J. (2003). "Estimating technical efficiency: Does the estimation methodology matter?". Tomado de http://www.latrobe.edu.au/business/research/seminars/downloads/Fraser_TechnicalEfficiency.pdf recuperado el 15 de junio de 2004.

FAOSTAT (2004). "Food and the Agriculture Organization of the United Nations" Tomado de www.fao.org . Recuperado el 15 de junio de 2004.

Gocht, A., Balcombe, K. (s.f). "On the quality of DEA estimates". Tomado de www.bw.fal.de/download/dea.pdf/ Recuperado el 15 de junio de 2004.

Herrera, J. P., F. Holmann, O. D. Torres y J. S. Zalzuk. (1999). "Análisis de alternativas tecnológicas de los sistemas de producción agropecuarios en el valle del Cesar, Colombia". *Pasturas Tropicales*, 23(3).

Holmann, F., Rivas, L. (2002). "Sistema de doble propósito y su viabilidad en el contexto de los pequeños y medianos productores en América Latina Tropical", Curso de actualización en el manejo de ganado bovino de doble propósito, Veracruz, México.

Holmann, F., L. Rivas, J. Carulla, L. Giraldo, S. Guzmán, M. Martínez, B. Rivera, A. Medina, A. Farrow. (2003). “Evolución de los sistemas de producción de leche en el trópico latinoamericano y su interrelación con los mercados: Un análisis del caso colombiano”. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), International Livestock Research Institute (ILRI) and Systemwide Livestock Program (SLP). *Documento de Trabajo # 193*, Cali.

Jaforullah, M., Whiteman, J. (1999). “Scale efficiency in the New Zealand dairy industry: a non-parametric approach”. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 43(4), pp. 523-541.

Jaforullah, M., Devlin, N.J. (1996). “Technical efficiency in the New Zealand dairy industry: a frontier production function approach”. *New Zealand Economic Papers*, 30, pp. 1-17.

Kielhorn A., Graf von der Sculenburg, J.M. (2000). *The Health Economics Handbook*. Glaxo Wellcome Group of Companies. Adis International Limited. England, 2nd Edition.

Lanski, A., & Reinhard, S (2004). “Investigating technical efficiency and potential technological change in Dutch pig farming”. *Agricultural Systems*, 79 (3), pp. 353-382.

Martínez, H., Acevedo, X (2002). “Productividad y Competitividad de la Cadena de Bovinos en Colombia”. *Documentos de trabajo No 20*. Bogotá, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Observatorio de Agrociudades.

McCarthy, T. A, Yaisawarng, S. (1993). “Technical efficiency in New Jersey schooldistricts in The Measurement of Productive Efficiency”. New York, Oxford University Press.

Mbaga.M., Romani. R., Larue. B (2000). “Assesing technical efficiency in Québec dairy farms”. *Research series SR.00.10*. Centre for Research in the economics of Agrifood, Université Laval.

Observatorio de Agrociudades. (2002). Análisis por producto – Ganado Bovino. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Tomado de <http://www.agrociudades.gov.co/home.htm> Recuperado el 11 de septiembre de 2004.

Peñaloza, M^a. (2003). “Evaluación de la eficiencia en instituciones hospitalarias públicas y privadas con Data Envelopment Analysis (DEA)”. *Archivos de Economía*, N° 244. Departamento Nacional de Planeación.

Reinhard S., Thijssen G. (2000). “Nitrogen Efficiency of Dutch Dairy Farms: a Shadow Cost System Approach”. *European Review of Agricultural Economics*, 27(2), pp. 167-186.

Ribas, A., Flores, G., López C. (s.f). “Concentración parcelaria y eficiencia técnica de las explotaciones lecheras en Galicia”. Tomado de www.usc.es/~idega/aribas.doc Recuperado el 15 de junio de 2004.

Soares. E., Berbel. J., Arzubi., A. (2001). “Análisis no paramétrico de eficiencia en las explotaciones lecheras de las Azores a partir de los datos RICA-A”. IV Congreso Nacional de Economía Agraria. Economía agraria y recursos naturales: nuevos enfoques y perspectivas. Pamplona, España.

Souza, G., Blass, R., Miranda, B. (2003). Assessing the significance of Factors in Output oriented DEA measures of efficiency: An application to Brazilian banks. Tomado de www.bcb.gov.br/ingles/estabilidade/2003_nov/ref200310c6item2ingles.pdf Recuperado el 20 de noviembre de 2004.

SISAC (2000). Caracterización de la ganadería bovina en Colombia, Encuesta Nacional Agropecuaria. DANE, 1^{ra} Edición.

Zhu. J. (2003). *Quantitative models for performance evaluation and benchmarking: data envelopment analysis with spreadsheets and DEA Excel Solver*. Boston, Kluwer Academic.

VIII. Anexos

Puntajes de eficiencia técnica relativa

| | Orientado a los insumos | | | Orientado al producto | | |
|-----|-------------------------|-------|--------|-----------------------|-------|--------|
| | CCR | BCC | Escala | CCR | BCC | Escala |
| 91 | 80,56 | 100 | 80,56 | 100 | 100 | 100 |
| 92 | 50,23 | 62,82 | 79,96 | 50,23 | 51,52 | 97,50 |
| 93 | 51,18 | 98,96 | 51,72 | 51,18 | 83,2 | 61,51 |
| 94 | 43,02 | 70,64 | 60,90 | 43,02 | 43,84 | 98,13 |
| 194 | 24,73 | 26,62 | 92,90 | 24,73 | 26,58 | 93,04 |
| 97 | 70,81 | 72,23 | 98,03 | 70,81 | 72,42 | 97,78 |
| 101 | 48,85 | 50,51 | 96,71 | 48,85 | 56,77 | 86,05 |
| 102 | 86,16 | 87,05 | 98,98 | 86,16 | 87,99 | 97,92 |
| 103 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 104 | 66,67 | 70,15 | 95,04 | 66,67 | 73,1 | 91,20 |
| 277 | 29,91 | 31,07 | 96,27 | 29,91 | 39,8 | 75,15 |
| 279 | 89,98 | 97,79 | 92,01 | 89,98 | 98,65 | 91,21 |
| 276 | 50,36 | 59,54 | 84,58 | 50,36 | 62,52 | 80,55 |
| 274 | 20,31 | 20,76 | 97,83 | 20,31 | 36,53 | 55,60 |
| 278 | 47,97 | 63,57 | 75,46 | 47,97 | 57,04 | 84,10 |
| 301 | 45,76 | 97,88 | 46,75 | 45,76 | 98,16 | 46,62 |
| 267 | 98,61 | 100 | 98,61 | 98,61 | 100 | 98,61 |
| 270 | 29,08 | 29,08 | 100 | 29,08 | 40,55 | 71,71 |
| 320 | 65,47 | 65,88 | 99,38 | 65,47 | 66,46 | 98,51 |
| 282 | 33,4 | 37,5 | 89,07 | 33,4 | 49,01 | 68,15 |
| 291 | 55,97 | 62,77 | 89,17 | 55,97 | 56,92 | 98,33 |
| 258 | 31,91 | 39,35 | 81,09 | 31,91 | 43,57 | 73,24 |
| 286 | 62,86 | 96,86 | 64,90 | 62,86 | 97,72 | 64,33 |
| 292 | 49,29 | 49,56 | 99,46 | 49,29 | 51,4 | 95,89 |
| 293 | 47,11 | 53,09 | 88,74 | 47,11 | 73,85 | 63,79 |
| 344 | 69,06 | 79,24 | 87,15 | 69,06 | 81,91 | 84,31 |
| 35 | 60,29 | 100 | 60,29 | 60,29 | 100 | 60,29 |
| 139 | 37,23 | 62,44 | 59,63 | 37,23 | 70 | 53,19 |
| 31 | 56,5 | 64,69 | 87,34 | 56,5 | 56,67 | 99,70 |
| 33 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 140 | 56,36 | 85,82 | 65,67 | 56,36 | 90,12 | 62,54 |
| 36 | 70,73 | 100 | 70,73 | 70,73 | 100 | 70,73 |
| 28 | 45,42 | 52,65 | 86,27 | 45,42 | 75 | 60,56 |
| 219 | 59,38 | 65,29 | 90,95 | 59,38 | 59,6 | 99,63 |
| 217 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

| | | | | | | |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 216 | 60,61 | 60,75 | 99,77 | 60,61 | 64,01 | 94,69 |
| 70 | 51,12 | 100 | 51,12 | 51,12 | 100 | 51,12 |
| 71 | 51,26 | 75,48 | 67,91 | 51,26 | 81,11 | 63,20 |
| 72 | 58,66 | 77,05 | 76,13 | 58,66 | 80,7 | 72,69 |
| 73 | 52,46 | 59,2 | 88,61 | 52,46 | 64,41 | 81,45 |
| 161 | 51,12 | 100 | 51,12 | 51,12 | 100 | 51,12 |
| 162 | 51,26 | 75,48 | 67,91 | 51,26 | 81,11 | 63,20 |
| 163 | 58,66 | 77,05 | 76,13 | 58,66 | 80,7 | 72,69 |
| 164 | 52,46 | 59,2 | 88,61 | 52,46 | 64,41 | 81,45 |
| 75 | 51,66 | 52,13 | 99,10 | 51,66 | 60,43 | 85,49 |
| 166 | 51,66 | 52,13 | 99,10 | 51,66 | 60,43 | 85,49 |
| 350 | 92,9 | 100 | 92,90 | 92,9 | 100 | 92,90 |
| 326 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 328 | 73,34 | 100 | 73,34 | 73,34 | 100 | 73,34 |
| 330 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 348 | 58,29 | 74,22 | 78,54 | 58,29 | 63,8 | 91,36 |
| 349 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 351 | 57,54 | 59,4 | 96,87 | 57,54 | 65,31 | 88,10 |
| 352 | 55,95 | 60,21 | 92,92 | 55,95 | 66,76 | 83,81 |
| 353 | 82,23 | 100 | 82,23 | 82,23 | 100 | 82,23 |
| 74 | 52,42 | 60,46 | 86,70 | 52,42 | 64,82 | 80,87 |
| 165 | 52,42 | 60,46 | 86,70 | 52,42 | 64,82 | 80,87 |
| 208 | 33,44 | 34,32 | 97,44 | 33,44 | 45,81 | 73 |
| 211 | 26,12 | 33,01 | 79,13 | 26,12 | 28,88 | 90,44 |
| 190 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 252 | 16,64 | 43,22 | 38,50 | 16,64 | 16,76 | 99,28 |
| 253 | 39,68 | 42,03 | 94,41 | 39,68 | 43,46 | 91,30 |
| 186 | 15,25 | 29,7 | 51,35 | 15,25 | 22,56 | 67,60 |
| 250 | 54,19 | 76,32 | 71 | 54,19 | 56,79 | 95,42 |
| 254 | 22,55 | 25,98 | 86,80 | 22,55 | 29,49 | 76,47 |
| 256 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 331 | 83,200 | 89,44 | 93,02 | 83,2 | 87,84 | 94,72 |
| 332 | 90,36 | 91,76 | 98,47 | 90,36 | 91 | 99,30 |
| 333 | 95,18 | 100 | 95,18 | 95,18 | 100 | 95,18 |
| 334 | 66,87 | 91,1 | 73,40 | 66,87 | 93,33 | 71,65 |
| 335 | 75,200 | 89,94 | 83,61 | 75,2 | 92,13 | 81,62 |

La identificación de la finca así como su ubicación son reserva de FEDEGAN.

Anexo 2. Variables utilizadas en el modelo.

| Número | Leche anual (\$\$) | Total venta de animales (\$\$) | Total venta de animales | Valor promedio | Total bovinos | Área (Has) | Capacidad de carga | Área (Has, pastos) | Área (Has, Mejoras) | MMABC | Forrajes (Has) |
|--------|--------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------|---------------|------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------|----------------|
| 28 | 18000 | 14100 | 30 | 470.00 | 217 | 160 | 1.35625 | 120 | 145 | 200 | 0 |
| 31 | 5400 | 5860 | 10 | 586.00 | 50 | 20 | 2.50000 | 14 | 25 | 500 | 0 |
| 33 | 9000 | 8690 | 14 | 620.71 | 32 | 15 | 2.13333 | 12 | 43 | 850 | 0 |
| 35 | 36000 | 58600 | 100 | 586.00 | 209 | 300 | 0.69667 | 298 | 190 | 5350 | 0 |
| 36 | 144000 | 154800 | 280 | 552.86 | 869 | 400 | 2.17250 | 400 | 8 | 5430 | 0 |
| 70 | 81000 | 59068 | 99 | 596.65 | 277 | 310 | 0.89355 | 300 | 500 | 13700 | 0 |
| 71 | 42000 | 27852 | 58 | 480.20 | 150 | 180 | 0.83333 | 180 | 82 | 6600 | 0 |
| 72 | 54600 | 36953 | 78 | 473.75 | 210 | 240 | 0.87500 | 230 | 50 | 4700 | 0 |
| 73 | 39000 | 22470 | 39 | 576.15 | 210 | 150 | 1.40000 | 140 | 20 | 3200 | 0 |
| 74 | 33000 | 18600 | 32 | 581.25 | 190 | 120 | 1.58333 | 120 | 0 | 2200 | 0 |
| 75 | 12600 | 7050 | 15 | 470.00 | 33 | 60 | 0.55000 | 58 | 20 | 2800 | 0 |
| 91 | 9000 | 9400 | 20 | 470.00 | 117 | 50 | 2.34000 | 35 | 0 | 0 | 0 |
| 92 | 5100 | 2350 | 5 | 470.00 | 43 | 23 | 1.86957 | 23 | 0 | 62 | 0 |
| 93 | 1560 | 2170 | 4 | 542.50 | 26 | 18 | 1.44444 | 17 | 0 | 35 | 0 |
| 94 | 3720 | 2350 | 5 | 470.00 | 35 | 25 | 1.40000 | 25 | 0 | 70 | 0 |
| 97 | 14400 | 7380 | 15 | 492.00 | 39 | 36 | 1.08333 | 30 | 16 | 1800 | 0 |
| 101 | 21600 | 18101 | 34 | 532.38 | 114 | 80 | 1.42500 | 70 | 120 | 3300 | 40 |
| 102 | 14400 | 13600 | 24 | 566.67 | 65 | 45 | 1.44444 | 40 | 0 | 300 | 0 |
| 103 | 5760 | 2350 | 5 | 470.00 | 25 | 20 | 1.25000 | 20 | 15 | 0 | 0 |
| 104 | 20700 | 13600 | 24 | 566.67 | 87 | 60 | 1.45000 | 53 | 30 | 1500 | 0 |
| 139 | 100800 | 92000 | 120 | 766.67 | 926 | 500 | 1.85200 | 497 | 240 | 5700 | 40 |
| 140 | 62280 | 59920 | 80 | 749.00 | 416 | 300 | 1.38667 | 296 | 160 | 2100 | 0 |
| 161 | 81000 | 59068 | 99 | 596.65 | 277 | 310 | 0.89355 | 300 | 500 | 13700 | 0 |
| 162 | 42000 | 27852 | 58 | 480.20 | 150 | 180 | 0.83333 | 180 | 82 | 6600 | 0 |
| 163 | 54600 | 36953 | 78 | 473.75 | 210 | 240 | 0.87500 | 230 | 50 | 4700 | 0 |
| 164 | 39000 | 22470 | 39 | 576.15 | 210 | 150 | 1.40000 | 140 | 20 | 3200 | 0 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|----|--------|-----|-----|----------|-----|-----|-------|----|
| 165 | 33000 | 18600 | 32 | 581.25 | 190 | 120 | 1.58333 | 120 | 0 | 2200 | 0 |
| 166 | 12600 | 7050 | 15 | 470.00 | 33 | 60 | 0.55000 | 58 | 20 | 2800 | 0 |
| 186 | 3600 | 940 | 2 | 470.00 | 95 | 21 | 4.52381 | 21 | 32 | 500 | 3 |
| 190 | 15000 | 4640 | 10 | 464.02 | 10 | 7 | 1.42857 | 6 | 18 | 2460 | 0 |
| 194 | 7800 | 7050 | 15 | 470.00 | 102 | 50 | 2.04000 | 40 | 22 | 3270 | 0 |
| 208 | 25200 | 26400 | 50 | 528.00 | 224 | 182 | 1.23077 | 168 | 13 | 2900 | 0 |
| 211 | 8100 | 10200 | 18 | 566.67 | 115 | 90 | 1.27778 | 85 | 4 | 945 | 0 |
| 216 | 21600 | 13570 | 18 | 753.89 | 92 | 90 | 1.02222 | 80 | 150 | 1550 | 30 |
| 217 | 8100 | 17080 | 24 | 711.67 | 58 | 150 | 0.38667 | 100 | 600 | 240 | 0 |
| 219 | 8100 | 4340 | 8 | 542.50 | 47 | 30 | 1.56667 | 24 | 6 | 300 | 0 |
| 250 | 5400 | 1880 | 4 | 470.00 | 39 | 3 | 13.00000 | 3 | 6 | 400 | 0 |
| 252 | 2700 | 2350 | 5 | 470.00 | 50 | 35 | 1.42857 | 34 | 2 | 450 | 0 |
| 253 | 9360 | 3760 | 8 | 470.00 | 75 | 40 | 1.87500 | 38 | 4 | 850 | 0 |
| 254 | 5400 | 2350 | 5 | 470.00 | 103 | 70 | 1.47143 | 60 | 0 | 100 | 0 |
| 256 | 4500 | 1410 | 3 | 470.00 | 3 | 13 | 0.23077 | 12 | 5 | 790 | 1 |
| 258 | 36000 | 27200 | 51 | 533.33 | 346 | 160 | 2.16250 | 160 | 200 | 5100 | 0 |
| 267 | 28800 | 33200 | 42 | 790.48 | 196 | 125 | 1.56800 | 125 | 95 | 300 | 0 |
| 270 | 14400 | 12300 | 20 | 615.00 | 91 | 140 | 0.65000 | 104 | 32 | 10500 | 0 |
| 274 | 21600 | 17000 | 30 | 566.67 | 180 | 220 | 0.81818 | 220 | 180 | 13740 | 0 |
| 276 | 28800 | 42110 | 68 | 619.26 | 319 | 250 | 1.27600 | 150 | 200 | 2950 | 0 |
| 277 | 13500 | 6110 | 13 | 470.00 | 81 | 125 | 0.64800 | 75 | 50 | 4000 | 0 |
| 278 | 4500 | 1410 | 3 | 470.00 | 42 | 37 | 1.13514 | 27 | 0 | 0 | 0 |
| 279 | 6660 | 2820 | 6 | 470.00 | 33 | 65 | 0.50769 | 45 | 20 | 0 | 0 |
| 282 | 28800 | 27701 | 52 | 532.72 | 257 | 280 | 0.91786 | 200 | 130 | 2250 | 20 |
| 286 | 43200 | 26901 | 58 | 463.82 | 176 | 150 | 1.17333 | 40 | 156 | 10500 | 20 |
| 291 | 8100 | 4688 | 9 | 520.88 | 45 | 40 | 1.12500 | 35 | 23 | 340 | 0 |
| 292 | 10800 | 5640 | 12 | 470.00 | 75 | 70 | 1.07143 | 68 | 30 | 350 | 0 |
| 293 | 21600 | 18730 | 38 | 492.89 | 250 | 180 | 1.38889 | 170 | 40 | 320 | 0 |
| 301 | 14400 | 27536 | 50 | 550.72 | 430 | 50 | 8.60000 | 45 | 43 | 1600 | 0 |
| 320 | 10800 | 23209 | 35 | 663.13 | 90 | 150 | 0.60000 | 80 | 50 | 1100 | 0 |
| 326 | 7200 | 3690 | 6 | 1 | 37 | 32 | 1.15625 | 0 | 15 | 0 | 0 |
| 328 | 14400 | 5570 | 10 | 557.00 | 94 | 30 | 3.13333 | 30 | 20 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|-------|-----|--------|-----|-----|---------|-----|-----|------|----|
| 330 | 59760 | 63252 | 105 | 0.60 | 423 | 504 | 0.83929 | 0 | 380 | 8600 | 0 |
| 331 | 12960 | 2820 | 6 | 470.00 | 40 | 45 | 0.88889 | 40 | 48 | 560 | 0 |
| 332 | 17820 | 1880 | 4 | 470.00 | 50 | 45 | 1.11111 | 44 | 10 | 900 | 0 |
| 333 | 31500 | 15002 | 20 | 750.10 | 120 | 102 | 1.17647 | 95 | 2 | 450 | 0 |
| 334 | 46080 | 8570 | 17 | 504.12 | 139 | 113 | 1.23009 | 109 | 5 | 5650 | 0 |
| 335 | 11160 | 4318 | 8 | 539.75 | 61 | 55 | 1.10909 | 50 | 0 | 60 | 0 |
| 344 | 27000 | 27552 | 54 | 510.22 | 184 | 75 | 2.45333 | 56 | 82 | 2000 | 0 |
| 349 | 31800 | 37180 | 68 | 546.76 | 80 | 92 | 0.86957 | 90 | 45 | 1000 | 0 |
| 350 | 21000 | 15750 | 30 | 525.00 | 100 | 120 | 0.83333 | 100 | 10 | 200 | 0 |
| 351 | 24000 | 20430 | 41 | 498.29 | 120 | 98 | 1.22449 | 95 | 20 | 1300 | 0 |
| 352 | 21600 | 15190 | 28 | 542.50 | 139 | 110 | 1.26364 | 100 | 8 | 580 | 0 |
| 353 | 108000 | 64052 | 125 | 512.42 | 359 | 200 | 1.79500 | 180 | 60 | 7800 | 10 |

| Número | Forrajes (Has, siembra) | Fertilizante (Has) | Fertilizante (Has, orgánico) | Herbicidas (Has) | Insecticidas (Has) | Riego (Has) | Cercas (Has) | Maquinaria (\$\$, mant) | Maquinaria (\$\$, Combustible) | Mant / Instalaciones (\$\$) | Adecuación de tierras (\$\$) | Bebederos y saladeros (\$\$) | Cercas (\$\$) |
|--------|-------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|-----------------|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------|
| 28 | 0 | 0 | 0 | 120 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 |
| 31 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 500 |
| 33 | 0 | 15 | 0 | 13 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 300 | 0 | 50 | 500 |
| 35 | 40 | 40 | 0 | 0 | 40 | 0 | 70 | 3000 | 200 | 1000 | 0 | 700 | 450 |
| 36 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 500 | 3000 | 400 | 1530 |
| 70 | 0 | 0 | 0 | 250 | 0 | 0 | 250 | 1200 | 2500 | 2500 | 4000 | 500 | 3000 |
| 71 | 0 | 0 | 0 | 40 | 2 | 0 | 40 | 800 | 2000 | 1500 | 1000 | 500 | 800 |
| 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 500 | 1200 | 0 | 500 | 500 | 2000 |
| 73 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 500 | 1000 | 200 | 1500 |
| 74 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 | 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 1500 | 500 | 800 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|----|---|-----|----|----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 91 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62 | 0 | 0 | 0 |
| 93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 |
| 94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 | 0 | 0 | 0 |
| 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 500 | 0 | 0 | 1300 |
| 101 | 20 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 600 | 0 | 400 | 2300 |
| 102 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 300 | 0 | 0 | 0 |
| 103 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 300 | 1200 |
| 139 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 100 | 2000 | 2000 | 1000 | 0 | 0 | 0 | 700 |
| 140 | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | 900 | 0 | 0 | 1200 |
| 161 | 0 | 0 | 0 | 250 | 0 | 0 | 250 | 1200 | 2500 | 2500 | 4000 | 500 | 500 | 3000 |
| 162 | 0 | 0 | 0 | 40 | 2 | 0 | 40 | 800 | 2000 | 1500 | 1000 | 500 | 500 | 800 |
| 163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 500 | 1200 | 0 | 500 | 500 | 500 | 2000 |
| 164 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 500 | 1000 | 200 | 1500 |
| 165 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 | 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 166 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1500 | 500 | 800 |
| 186 | 3 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 500 |
| 190 | 0 | 0 | 7 | 0 | 7 | 2 | 2 | 80 | 200 | 0 | 1500 | 500 | 500 | 180 |
| 194 | 5 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 7 | 600 | 700 | 450 | 800 | 160 | 160 | 560 |
| 208 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 3 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2000 | 800 |
| 211 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 205 | 420 | 0 | 0 | 0 | 0 | 320 |
| 216 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 350 | 0 | 0 | 1200 |
| 217 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 240 |
| 219 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 300 |
| 250 | 1 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 400 |
| 252 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 | 300 | 0 | 0 |
| 253 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 400 | 450 | 0 | 0 |
| 254 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 256 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 250 | 540 | 0 | 0 |
| 258 | 20 | 0 | 0 | 80 | 0 | 0 | 100 | 500 | 400 | 1200 | 0 | 0 | 0 | 3000 |
| 267 | 15 | 20 | 0 | 30 | 10 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 300 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|----|---|-----|----|----|-----|------|-------|------|------|------|------|
| 270 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 2 | 5000 | 1000 | 2000 | 500 | 0 | 2000 |
| 274 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 80 | 600 | 12000 | 500 | 0 | 0 | 640 |
| 276 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 150 | 1500 | 100 | 850 | 500 | 0 | 0 |
| 277 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4000 |
| 278 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 279 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 282 | 0 | 20 | 0 | 40 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 150 | 0 | 100 | 2000 |
| 286 | 0 | 5 | 0 | 100 | 1 | 0 | 30 | 1000 | 1500 | 3000 | 0 | 1000 | 4000 |
| 291 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 300 | 0 | 40 | 0 |
| 292 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 50 | 0 | 50 | 250 |
| 293 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 40 | 0 | 100 | 0 | 60 | 120 |
| 301 | 3 | 10 | 0 | 20 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1200 | 0 | 0 | 400 | 0 |
| 320 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 500 | 300 | 300 | 0 | 0 | 0 |
| 326 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 328 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 330 | 0 | 0 | 0 | 350 | 0 | 0 | 30 | 3000 | 3000 | 0 | 0 | 800 | 1800 |
| 331 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 | 360 |
| 332 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 350 | 0 | 0 | 550 |
| 333 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 450 | 0 | 0 |
| 334 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 650 | 5000 | 0 | 0 |
| 335 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 |
| 344 | 0 | 0 | 0 | 25 | 1 | 0 | 56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2000 |
| 349 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 25 | 10 | 0 | 0 | 500 | 0 | 0 | 500 |
| 350 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 |
| 351 | 4 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 500 | 0 | 100 | 700 |
| 352 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 300 | 0 | 80 | 200 |
| 353 | 10 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 20 | 4000 | 700 | 1000 | 1200 | 400 | 500 |

Anexo 3. Estadísticas descriptivas de las variables.

| | Productos | | Insumos | | |
|---------------------|----------------------------|-------------------------|---------------|-------------|------------|
| | Total venta de leche anual | Total venta de animales | Total bovinos | Área pastos | MMABC |
| Media | 26,093 | 20,695 | 154.89 | 101.86 | 2,685.94 |
| Unidad de medida | \$\$ Miles | \$\$ Miles | # Cabezas | Has | \$\$ Miles |
| Error típico | 3,158.10 | 2,958.04 | 19.56 | 11.68 | 408.12 |
| Mediana | 17,820.00 | 13,600.00 | 102.00 | 70.00 | 1,300 |
| Desviación estándar | 26,610.62 | 24,924.87 | 164.84 | 98.42 | 3,438.84 |
| Curtosis | 6.07 | 11.70 | 10.34 | 3.57 | 3.06 |
| Coef de asimetría | 2.25 | 2.89 | 2.83 | 1.75 | 1.84 |
| Mínimo | 1,560 | 940 | 3.00 | 0.00 | 0.00 |
| Máximo | 144,000 | 154,800 | 926 | 497 | 13,740 |
| Cuenta | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 |

Anexo 4. Análisis tobit.

| Variable dependiente: Puntaje de eficiencia de escala. Modelo orientado a los insumos. | | | | |
|---|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| Método: ML - Censored Normal (TOBIT) (Quadratic hill climbing) | | | | |
| Sample: 1 71 | | | | |
| Included observations: 71 | | | | |
| Left censoring (value) series: 0 | | | | |
| Right censoring (value) series: 100 | | | | |
| Convergence achieved after 22 iterations | | | | |
| QML (Huber/White) standard errors & covariance | | | | |
| | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob. |
| C | 73.75164 | 10.01488 | 7.364208 | 0.0000 |
| PASTOS | -0.073276 | 0.017755 | -4.126998 | 0.0000 |
| VPROM | 0.044634 | 0.017390 | 2.566678 | 0.0103 |
| CARGA | -3.543410 | 1.316679 | -2.691171 | 0.0071 |
| RIEGO | 1.066862 | 0.311863 | 3.420934 | 0.0006 |
| FERTI2 | 15.79803 | 2.218645 | 7.120576 | 0.0000 |
| INSEC | -0.559817 | 0.155012 | -3.611441 | 0.0003 |
| MMANT | 0.004400 | 0.001918 | 2.293875 | 0.0218 |
| MINST | -0.012516 | 0.002410 | -5.193558 | 0.0000 |
| MAQ | 0.000831 | 0.000738 | 1.124871 | 0.2606 |
| ADECU | -0.000596 | 0.001094 | -0.545422 | 0.5855 |
| CERCAS | 0.003806 | 0.001447 | 2.630879 | 0.0085 |
| Error Distribution | | | | |
| SCALE:C(13) | 12.52004 | 1.763878 | 7.098018 | 0.0000 |
| R-squared | 0.455918 | Mean dependent var | | 84.28419 |
| Adjusted R-squared | 0.343349 | S.D. dependent var | | 15.86699 |
| S.E. of regression | 12.85765 | Akaike info criterion | | 7.405658 |
| Sum squared resid | 9588.511 | Schwarz criterion | | 7.819952 |
| Log likelihood | -249.9009 | Hannan-Quinn criter. | | 7.570409 |
| Avg. log likelihood | -3.519730 | | | |
| Left censored obs | 0 | Right censored obs | | 9 |
| Uncensored obs | 62 | Total obs | | 71 |

Variable dependiente: Puntaje de eficiencia de escala. Modelo orientado a los productos
Method: ML - Censored Normal (TOBIT) (Quadratic hill climbing)

Sample: 1 71

Included observations: 71

Left censoring (value) at zero

Failure to improve Likelihood after 6 iterations

QML (Huber/White) standard errors & covariance

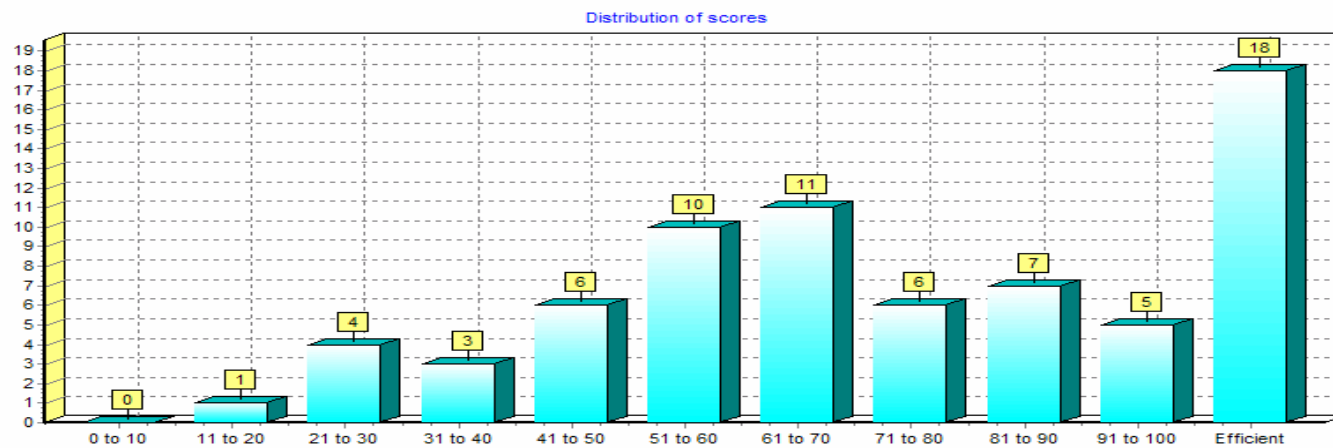
| | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob. |
|--------|-------------|------------|-------------|--------|
| C | 81.14111 | 6.540208 | 12.40650 | 0.0000 |
| PASTOS | -0.085499 | 0.014953 | -5.717783 | 0.0000 |
| VPROM | 0.028536 | 0.011533 | 2.474241 | 0.0134 |
| CARGA | -1.501626 | 1.461316 | -1.027585 | 0.3041 |
| RIEGO | 0.662274 | 0.106584 | 6.213656 | 0.0000 |
| FERTI2 | 1.398849 | 0.434890 | 3.216562 | 0.0013 |
| INSEC | -0.387172 | 0.227886 | -1.698969 | 0.0893 |
| MAQ | -0.001960 | 0.000498 | -3.939192 | 0.0001 |
| MINST | -0.005244 | 0.001682 | -3.116752 | 0.0018 |
| MMANT | 0.003477 | 0.001425 | 2.440698 | 0.0147 |
| ADECU | 0.000148 | 0.001243 | 0.118868 | 0.9054 |
| CERCAS | -0.000806 | 0.001097 | -0.734847 | 0.4624 |

Error Distribution

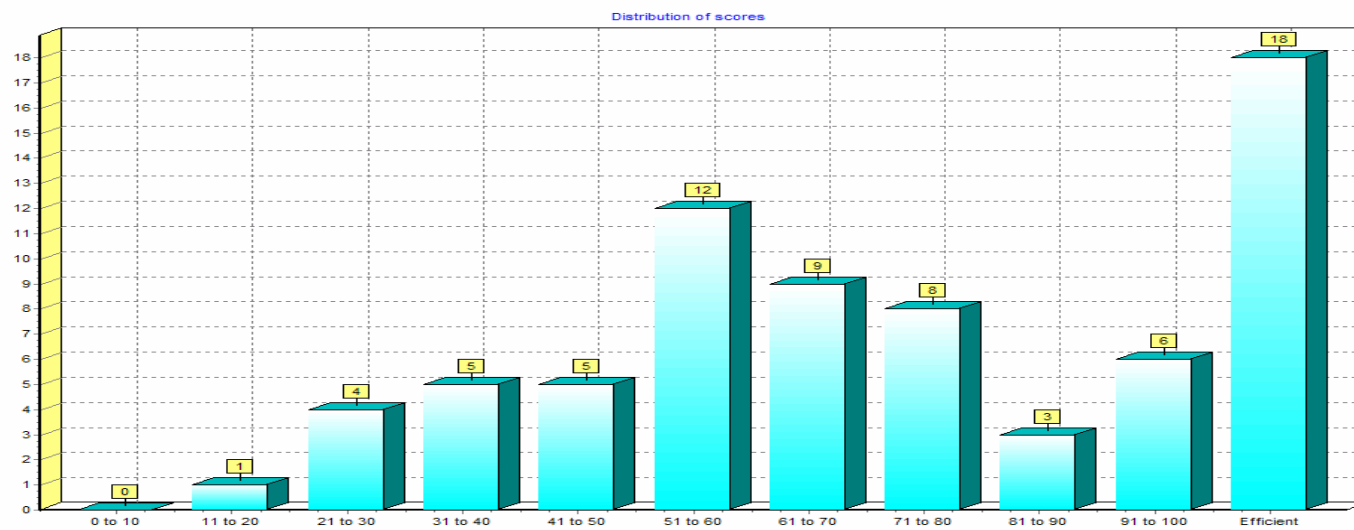
| | | | | |
|---------------------|-----------|-----------------------|----------|----------|
| SCALE:C(13) | 9.734555 | 1.247748 | 7.801699 | 0.0000 |
| R-squared | 0.635918 | Mean dependent var | | 82.98459 |
| Adjusted R-squared | 0.560591 | S.D. dependent var | | 15.35232 |
| S.E. of regression | 10.17674 | Akaike info criterion | | 7.648239 |
| Sum squared resid | 6006.830 | Schwarz criterion | | 8.062533 |
| Log likelihood | -258.5125 | Hannan-Quinn criter. | | 7.812991 |
| Avg. log likelihood | -3.641021 | | | |
| Left censored obs | 0 | Right censored obs | | 0 |
| Uncensored obs | 71 | Total obs | | 71 |

Anexo 5. Distribución de los puntajes del modelo con rendimientos variables a escala.

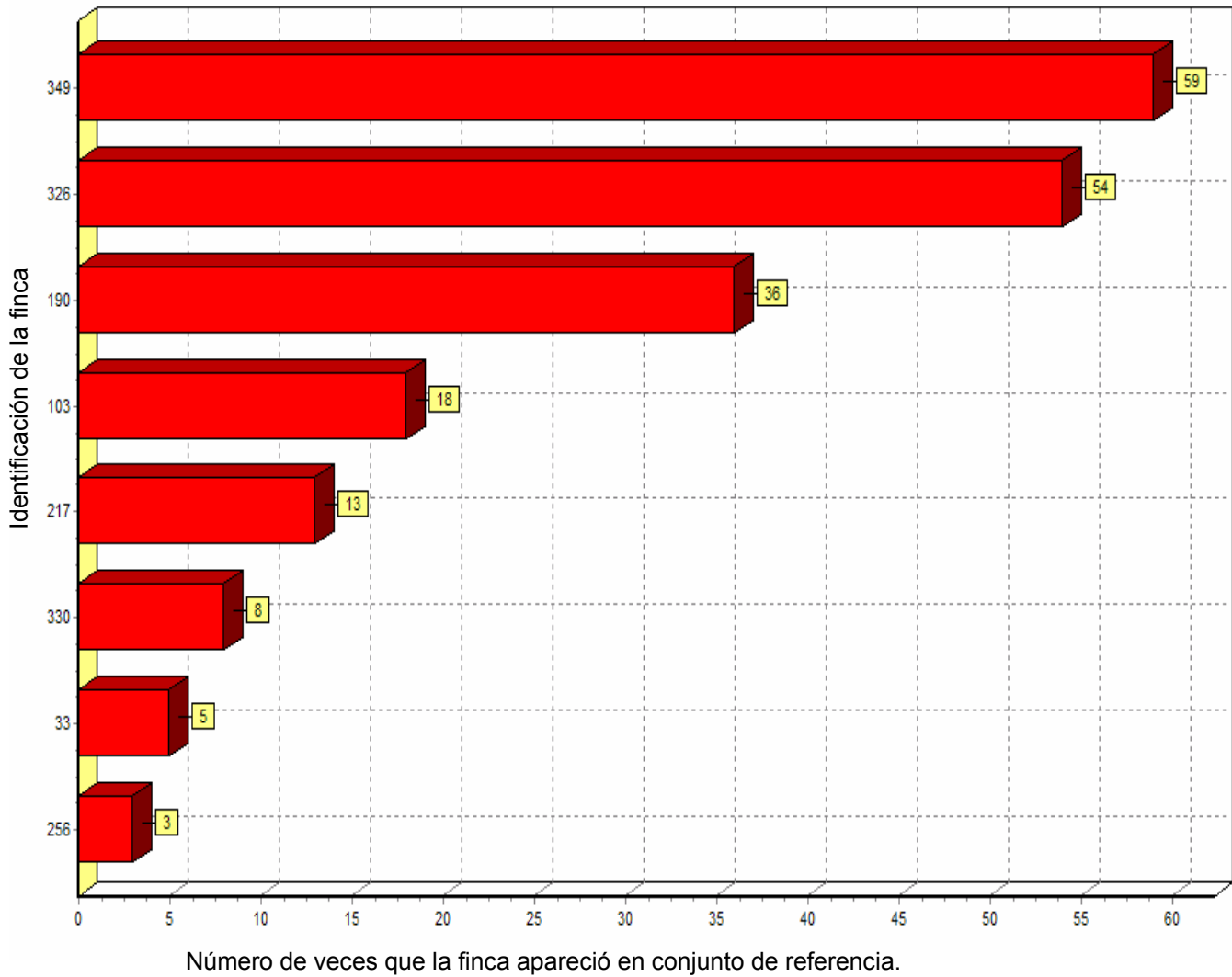
Orientado a los insumos



Orientados a los productos



Anexo 6. Frecuencia de apariciones de una finca en la construcción del conjunto de referencia de unidades no eficientes.



Anexo 7. Regresión entre insumos y productos.

| <i>Estadísticas de la regresión. Variable dependiente: Valor venta de leche</i> | |
|---|-------------|
| Coefficiente de correlación múltiple | 0,910417228 |
| Coefficiente de determinación R ² | 0,828859529 |
| R ² ajustado | 0,809120103 |
| Error típico | 10461,73916 |
| Observaciones | 71 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>P. de los cuadrados</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Regresión | 3 | 3,6045E+10 | 1,2015E+10 |
| Residuos | 68 | 7442463067 | 109447986 |
| Total | 71 | 4,3487E+10 | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Probabilidad</i> |
|--------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Total bovinos | 99,43320451 | 12,3538839 | 8,04874041 | 1,7872E-11 |
| Area (Has, pastos) | 47,41289722 | 22,1994437 | 2,13576961 | 0,03630195 |
| MMABC | 0,654458109 | 0,42887291 | 1,52599544 | 0,13164903 |

Estadísticas de la regresión. Variable dependiente: Valor por venta de terneros

| | |
|--|-------------|
| Coefficiente de correlación múltiple | 0,894682591 |
| Coefficiente de determinación R ² | 0,800456939 |
| R ² ajustado | 0,779882143 |
| Error típico | 12060,57018 |
| Observaciones | 71 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Regresión | 3 | 3,9678E+10 | 1,3226E+10 |
| Residuos | 68 | 9891100014 | 145457353 |
| Total | 71 | 4,9569E+10 | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Probabilidad</i> |
|--------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Total bovinos | 85,39931581 | 14,2418848 | 5,9963493 | 8,6291E-08 |
| Área (Has, pastos) | 69,97264843 | 25,5921071 | 2,73414957 | 0,0079665 |
| MMABC | 2,027947609 | 0,49441606 | 4,10170253 | 0,00011189 |