

EFICIENCIA TÉCNICA EN FINCAS GANADERAS DE DOBLE PROPÓSITO EN LA CUENCA DEL LAGO DE MARACAIBO, VENEZUELA

Technical Efficiency in Dual Purpose Cattle Systems in the Basin of Maracaibo's Lake, Venezuela

Fátima Urdaneta^{1*}, *María Elena Peña*², *Brenda González*², *Ángel Casanova*³, *Juan Antonio Cañas*⁴
y *Rafaela Dios-Palomares*⁵

¹*Departamento de Ciencias Sociales y Económicas, Facultad de Agronomía. *E-mail: fatimaurdanet@gmail.com*

²*Departamento socioeconómico, Facultad de Ciencias Veterinarias. ³Departamento de Estadística, Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela*

⁴*Cátedra de Economía Financiera y Contabilidad. ⁵Cátedra de Estadística e Investigación Operativa Universidad de Córdoba, España.*

RESUMEN

El sistema ganadero de doble propósito es una modalidad de producción muy adaptada a los trópicos, el cual ha contribuido de manera importante con el abastecimiento de leche y carne en estas zonas. Sin embargo, sus cuestionables niveles de eficiencia requieren del estudio de los factores que inciden en ellos. En este sentido, se realizó la presente investigación con el objetivo de analizar la eficiencia técnica de sistemas ganaderos de doble propósito en la cuenca del Lago de Maracaibo y de estudiar posibles asociaciones que expliquen su comportamiento. Para ello, se plantearon modelos que se resolvieron con Análisis Envolvente de Datos (DEA). Luego se aplicó la técnica "bootstrap" para corregir el sesgo en los indicadores de eficiencia, se identificaron los tipos de rendimientos a escala en que se encuentran los sistemas, así como los factores relacionados con la eficiencia. El análisis DEA mostró que menos del 7% de las unidades de producción operaban con eficiencia técnica, 34,7% con eficiencia de escala y 13,8% con eficiencia técnica pura; en consecuencia, existe un potencial de mejora importante en esta ganadería. Dado que el 40% de las unidades de producción se sitúa en rendimientos a escala decreciente, se hace necesario corregir el sobredimensionamiento de los insumos o intensificar el uso de aquellos insumos difíciles de cambiar en el corto plazo. Por otra parte, se requiere una mejora importante de la producción de carne. Los resulta-

dos evidencian que las diferencias entre los indicadores de eficiencia corregidos del sesgo pueden ser mejor explicadas por la zona de ubicación, la superficie y la producción de carne, pero no tanto por la modalidad de producción, aún cuando el aumento en la producción de carne dependería fundamentalmente del cambio de modalidad.

Palabras clave: Eficiencia técnica, ganadería de doble propósito, análisis envolvente de datos.

ABSTRACT

Dual purpose cattle system is a well adapted modality to tropical conditions and have contributed in an greatly way to supply milk and meat in these regions. Nevertheless, their questionable efficiency levels require a study that allows identify factors that affect their efficiency. This research was carried out in order to analyse the technical efficiency of dual purpose cattle system in the basin of Maracaibo's Lake and to study possible associations that explain their performance. Models that were solved with Data Envelopment Analysis (DEA) were used, and applied a bootstrap technique to correct bias on the efficiency indexes, also were identified types of scale return where each system operates, as well as the factors related to the efficiency. DEA analysis showed that less than 7% of the production units operate with technical efficiency, 34.7% with scale efficiency and only 13.8% with pure technical efficiency; consequently there is an important improvement potential in these cattle systems. Since 40% of the production units are placed in

decreasing scale return, it becomes necessary to correct the over-sized inputs or intensify the use of those inputs that are difficult to change in the short term. On the other hand, an important improvement of the meat production is required. Results demonstrated that differences between bias corrected efficiency indexes can be better explained by the zone of location, the farm size and by the amount of meat production, but not by the production modality, even though, the increase of meat production would depend essentially on the change of the production modality.

Key words: Technical efficiency, dual purpose cattle system, DEA.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas ganaderos de doble propósito (DP) constituyen empresas cuyas finalidades son producir y vender, leche o queso artesanal y animales para matadero, además del descarte de sus hembras lecheras, sementales o de los becerros (*Bos taurus-indicus*) al nacer [13]. Siguiendo con esta definición, los ingresos derivados de la venta de leche en relación con la venta de animales para carne varían considerablemente en proporciones que van desde el 12 al 80%, dependiendo principalmente de los objetivos del productor, de la fase del crecimiento en que los machos son vendidos y de los tipos raciales utilizados.

Otros autores señalan al sistema DP como aquel cuyas proporciones de venta de leche se encuentran entre el 20 y 80%, a la vez que indican que una proporción de venta de carne menor al 30% se refiere a un sistema vaca-maute y cuando es mayor del 30%, ya se refiere a un tipo de sistema vaca-novillo [16]. Estos sistemas ganaderos son modalidades de producción muy adaptadas a los trópicos, los cuales han contribuido de manera importante con el abastecimiento de leche y carne en estas zonas, sin embargo, sus niveles de eficiencia son cuestionables, evidenciado en sus bajos valores de indicadores de productividad parcial [19], requieren del estudio de los factores que inciden en la eficiencia.

Para el análisis de los niveles y factores de eficiencia, se utilizan técnicas de estimación de la eficiencia técnica mediante funciones frontera, las cuales se clasifican en dos grandes grupos metodológicos denominados métodos paramétricos y no paramétricos. Los métodos paramétricos aplican técnicas econométricas e incluyen a los modelos de frontera y los modelos de función de distancia. El segundo grupo se refiere fundamentalmente al Análisis Envolvente de Datos (DEA), que implica la resolución de modelos de programación matemática que da como solución, a la estimación de la frontera de producción, una línea envolvente en cuyos vértices se encuentran las unidades eficientes, de manera que la eficiencia relativa de cada unidad bajo estudio se mide como el porcentaje de la distancia existente entre el valor observado de cada unidad y su

óptimo obtenido a partir de las unidades más eficientes del grupo [9].

Algunos estudios se han realizado para evaluar la eficiencia de fincas ganaderas de DP, entre ellos Ortega y col. [14], quienes utilizaron un modelo de frontera de producción estocástica [1] para medir la eficiencia de estos sistemas considerados de bajos insumos en el estado Zulia, Venezuela, y que son ineficientes por sus niveles de productividad parcial comparados con los de países desarrollados. Por otro lado, Gamarra [9] utilizando el DEA realizó una medición de la eficiencia técnica relativa en fincas DP en la costa Caribe Colombiana. De acuerdo con este autor, las aplicaciones del DEA en la ganadería presentan limitaciones y ventajas, pero las ventajas de aplicación superan las limitaciones del método.

Jaforullah y Whiteman [12] estudiando eficiencias de escala evaluaron el incremento del tamaño promedio de fincas lecheras y afirman que la naturaleza multiproducto de las Unidades Tomadoras de Decisiones (DMU), expresados en kilogramos de carne y litros de leche, es lo que hace que la aplicación de este método ofrezca mejores resultados que la aplicación de metodologías paramétricas.

Esta investigación se realizó, en el marco de la situación antes mencionada, con el objetivo de analizar la eficiencia técnica de sistemas ganaderos de DP en la cuenca del Lago de Maracaibo y de estudiar posibles asociaciones que expliquen el desempeño de la eficiencia, lo cual permitirá orientar las estrategias de mejora para estos sistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

El estado Zulia está ubicado en el extremo noroccidental del territorio venezolano (FIG. 1), la superficie que ocupa este estado es de 63.100 km², de los cuales 50.230 km² corresponden al área continental y unos 12.780 km² al área ocupada por el Lago de Maracaibo y por el Golfo de Venezuela. La región zuliana coincide aproximadamente con la cuenca hidrográfica del Lago de Maracaibo, cuyos accidentes principales son la cordillera de Perijá al oeste y las estribaciones andinas de Lara y Falcón al este. Entre estas dos formaciones se encuentran los terrenos planos y ondulados de la depresión del Lago de Maracaibo [17].

Esta es una de las regiones del país con mayor potencialidad agrícola vegetal y animal, por la gran extensión de suelos de buena calidad y por la existencia de condiciones climáticas propicias para los cultivos anuales y permanentes, incluidos los pastizales. Existe en la región un marcado contraste entre la parte norte con un clima seco y caliente y la parte sur con un clima húmedo y tropical. El elemento más variable lo constituye la precipitación, pues la temperatura se mantiene regularmente alta, fluctuando entre los 26 y 29°C de temperatura media anual, asimismo, los tipos climáticos son el resulta-



Fuente: Strauss y col. [17]

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO / ZONES LOCATION.

do de varios elementos meteorológicos modificados por la latitud, las masas de aire y la altitud, fundamentalmente [17]. Las características agroecológicas de la cuenca del lago de Maracaibo cambian de norte a sur. En ese sentido se realizó una clasificación de las unidades de producción por la ubicación de su Municipio, separándolas también por su ubicación en la margen derecha o izquierda del lago de Maracaibo.

Datos y variables del modelo

Para cumplir con los objetivos de este estudio se analizó información proveniente de la aplicación de una encuesta socio-técnica-económica en unidades de producción (UP) con ganado DP (leche y carne), las cuales fueron seleccionadas por un muestreo aleatorio estratificado con afijación proporcional, donde los estratos se estructuraron, tomando como criterio el tamaño del rebaño expresado en unidades animales (UA). Después, se aplicaron los siguientes criterios de selección: UP dedicadas a ganadería de DP (composición de ingresos entre el 20 y 80% por venta de leche), UP mayores a 20 UA y menores de 2.000 UA, ganancia positiva en el periodo de análisis y consistencia de datos, ya que, algunas UP presentaban datos perdidos, entonces se seleccionaron aquellas UP que tuvieran sus datos completos.

De la aplicación de los criterios de selección quedó finalmente una muestra de 144 UP. Para el análisis de eficiencia

se aplicó la metodología DEA, orientada al producto (*output*) dado que la situación productiva que presentan las UP en el país requiere de afinar las estrategias dirigidas a la mejora de la producción y la productividad.

Se tomó como producto (*output*) del modelo, tanto la producción anual de carne, como la producción anual de leche, y como insumos (*inputs*): la tierra expresada como medida de la superficie utilizada (ha), el rebaño expresado en UA, el capital fijo representado por una variable de aproximación (Proxy) que recoge las depreciaciones del capital invertido en construcciones, instalaciones, equipos y maquinaria (\$), el capital circulante calculado como la sumatoria de los costos de mantenimiento de potreros, medicina veterinaria, suplementación alimenticia del rebaño y gastos varios (\$) y los equivalentes-hombre que se corresponde con la medida que permite estandarizar el trabajo que realiza el personal en una jornada de trabajo que dura 8 h diarias y es ejecutada durante 300 días al año (EH)

Modelo matemático

El desarrollo genérico del modelo matemático comienza con la definición de DMU objeto de estudio, que emplean “j” insumos (F) para producir “m” productos (P), tal que la i-ésima unidad de decisión (DMUi) quedaría representada por los vectores F_i y P_i . Para cada DMU se plantea obtener una medida de eficiencia como la relación de todos sus productos entre todos sus insumos $\frac{\alpha'P_i}{\beta'F_i}$, siendo α y β , respectivamente, los vectores de ponderación de productos y factores de dimensión $(m \times 1)$ y $(j \times 1)$. Estos vectores deben ser determinados de forma tal que, maximicen la medida de la eficiencia que se acaba de definir para cada unidad, pero de forma tal que dicho sistema no dé lugar a que alguna unidad productiva quede por encima de la frontera.

Si se adopta una óptica de orientación al producto (*output*), se plantea para cada DMU un programa matemático que surge de considerar el problema dual de más fácil resolución asociado al programa lineal genérico de maximización de la eficiencia [4], tal y como se expresa a continuación:

$$\begin{aligned}
 & \text{Maximizar } \theta e_n(\theta, \lambda) \\
 & -\theta P_i + A\lambda \geq 0, \forall m \\
 & F_i - B\lambda \geq 0, \forall j \\
 & I \lambda = 1 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned}$$

donde se cumple que:

1. El conjunto de observaciones disponibles de factores para las DMU queda recogido en la matriz A, de dimensión $j \times n$. De igual modo, en la matriz B, de dimensión $m \times n$, se recogen las observaciones de productos para cada DMU.

2. θ es un escalar que mide la eficiencia de la i -ésima DMU, y que se encontrará siempre en el intervalo (0,1), tomando el valor de 1 en aquellas unidades de decisión que estén situadas sobre la frontera ideal de producción, y por tanto, sean totalmente eficientes.
3. λ es un vector de constantes (nx1) que pondera cada una de las DMU presentes en la muestra.
4. La restricción $\sum \lambda = 1$, siendo λ un vector de unos, fue introducida por Banker y col. [2] en el modelo inicial con rendimientos constantes a escala (CRS) planteado por Charnes y col. [3] y que carece de esta restricción; esa extensión permite asegurar la condición de convexidad de la frontera y por consiguiente, la asunción de rendimientos a escala variables (VRS).

Luego de identificar la eficiencia técnica, se puede descomponer la misma en dos partes: la eficiencia técnica pura y la eficiencia de escala (SE). Para ello se resuelve la formulación propuesta, primero asumiendo rendimientos constantes a escala (θ_{CRS}), y después, rendimientos variables (θ_{VRS}); a partir de la relación de eficiencia técnica calculada bajo ambos supuestos, se podrá obtener una medida de la eficiencia de escala (θ_{SE}) de cada unidad que vendrá dada por la siguiente relación:

$$\theta_{SE} = \frac{\theta_{CRS}}{\theta_{VRS}}$$

Para analizar qué tipo de rendimientos son los que originan la ineficiencia se impone la restricción de rendimientos a escala no crecientes (NIRS), que viene dada por $N^T \lambda \leq 1$, obteniendo el indicador de eficiencia θ_{NIRS} para cada DMU con ineficiencia de escala. En el caso de que el $\theta_{NIRS} = \theta_{VRS}$, la DMU estará operando en la zona de rendimientos decrecientes a escala, mientras que el incumplimiento de esta igualdad pondrá de manifiesto la existencia de rendimientos crecientes. [15].

Técnica bootstrap

Se utilizó esta técnica, cuya idea básica es la de aproximar la distribución muestral de los estimadores por medio de la distribución empírica de los estimadores obtenidos en un remuestreo realizado por métodos de simulación Montecarlo. El procedimiento consiste en extraer un gran número de muestras que se generan en base a una primera estimación y posteriormente utilizar las estimaciones obtenidas para los parámetros que son objetivo de la investigación [7].

Análisis de segunda etapa

En el análisis de segunda etapa, se intentan relacionar los índices de eficiencia corregidos del sesgo con otras variables que recogen características de las UP con el objeto de encontrar patrones de comportamiento de las más eficientes [7]. Se han considerado factores de eficiencia a todas aquellas características de las DMU que puedan tener relación con la utilización de los recursos en forma eficiente [5], tales como:

1. **Indicadores de manejo de pastizales:** uso de fertilizante, riego, control químico de malezas, control de plagas, control manual mecánico de malezas.
2. **Indicadores de alimentación animal:** suministro de alimento concentrado, de sales, de minerales y de heno.

De estos indicadores se realizó una descriptiva de frecuencias para variables dicotómicas. Por otro lado, se realizó una descripción para variables continuas de los indicadores de productividad parcial. Para las variables categóricas, tales como la zona en donde están ubicadas las UP, la superficie (previamente categorizada) y la modalidad de producción, se utilizaron pruebas de Kruskal-Wallis [20] con el objeto de determinar la diferencia entre las medias por rangos.

También se realizaron las correlaciones bivariantes de Spearman [20] para estudiar las posibles relaciones de la eficiencia corregida del sesgo con los indicadores de productividad parcial: leche por hectárea, leche por vaca en ordeño por año, carne por hectárea, leche por vaca ordeño por día y carga animal, ganancia por UP, ganancia por hectárea y costo unitario del producto (Eq-Leche)¹. Para el análisis de todos los datos se utilizaron los programas informáticos Frontier Análisis v.3, SPSS y FEAR para el bootstrap con 2000 repeticiones [21].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables del modelo

En la TABLA I se observa la gran dispersión que presentan, tanto las variables consideradas como entradas, como los productos que obtienen estas UP. Se trata de UP que presentan una superficie promedio de 303,46 ha y 272,72 UA. El indicador de mano de obra expresado en equivalente-hombre, muestra un valor medio de 10,30; la producción de leche alcanza un valor que es más de cuatro veces la producción media de carne. Estas características concuerdan en su mayoría con las características típicas de los sistemas de producción de DP de la cuenca del Lago de Maracaibo [18].

1 Se refiere al costo total por Equivalente-Leche: el ingreso por carne se divide entre el precio del litro de leche y se suma a la producción de leche, obteniéndose un solo producto, ya que no es posible calcular los costos unitarios por cada producto.

TABLA I
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE INSUMOS Y PRODUCTOS / INPUTS AND OUTPUTS DESCRIPTIVE STATISTICS

| | Unidad | Mínimo | Máximo | Media | Desv. típica |
|---------------------------|--------|-----------|--------------|------------|--------------|
| Superficie | ha | 50,00 | 1870,00 | 303,46 | 284,12 |
| Unidad animal | UA | 28,63 | 1.816,63 | 272,72 | 247,59 |
| Equivalente Hombre | EH | 1,22 | 46,20 | 10,30 | 7,82 |
| Capital fijo | \$ | 22,00 | 47.772,00 | 5.508,04 | 6.081,25 |
| Capital circulante | \$ | 1.943,00 | 143.340,00 | 23.708,33 | 20.522,72 |
| Producción anual de carne | Kg | 2.120,00 | 464.400,00 | 42.068,07 | 59.736,52 |
| Producción anual de leche | Kg | 15.755,00 | 1.021.170,00 | 203.147,72 | 183.332,70 |

Variables de manejo (dicotómicas)

El manejo de pastizales es uno de los factores importantes a considerar en los sistemas de ganadería DP, debido a que los pastos son la principal fuente de alimento y a mayor disponibilidad de éste, se tendrá una mejor proporción de kilogramos de leche y de carne. Se observa en la TABLA II que sólo el 31,2% de las UP del estado Zulia fertilizan sus suelos para obtener un mejor rendimiento de las distintas especies forrajeras, el 91% no aplica controles de plagas y el 72,2% no utiliza ninguna técnica de riego y el 79,9% sólo aplica control químico. Estos valores indican que la producción de pastos en la mayoría de las unidades está caracterizada por el control de malezas como una de las prácticas más generalizadas y que depende fundamentalmente de la fertilidad natural de los suelos y las precipitaciones.

El suplemento alimenticio es otra práctica de manejo importante en las UP con sistemas a pastoreo, dado que las precipitaciones se distribuyen irregularmente y en consecuencia la producción de pastos. Es por ello que el productor recurre a estrategias de suplementación alimentaria para cubrir el déficit, tanto en materia seca como en proteína, energía y minerales. En la TABLA III se observa que en el 94,4 y 81,9% de los sistemas de producción, se suplementa a los animales con sales y minerales, respectivamente. Una práctica común entre los productores de ganadería DP es suministrar melaza como suplemento energético (79,9%) y alimento concentrado, éste en menor proporción (47,9%) debido a sus altos costos.

Modalidad de producción de doble propósito

Existe otra característica que puede influenciar los resultados de eficiencia y es la tendencia o modalidad de producción, ya que los productores pueden decidir vender los machos cuando lleguen a novillos dependiendo fundamentalmente de las condiciones agroclimáticas, de los precios relativos de ambos productos (leche y carne) y de la tecnología utilizada. Es en definitiva la disponibilidad de pastos lo que va a facilitar la decisión y es allí donde la tecnología del manejo de pastizales y la suplementación alimenticia juegan un papel importante. Aun cuando los precios favorezcan la decisión de una mayor producción de carne, existen factores limitantes

TABLA II
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LOS INDICADORES DE MANEJO DE PASTIZALES / PASTURE MANAGEMENT INDEX DESCRIPTIVE STATISTICS

| | Frecuencia % | |
|------------------------------------|--------------|-------|
| | No | Sí |
| Fertilización | 68,80 | 31,20 |
| Control Químico de malezas | 20,10 | 79,90 |
| Control manual mecánico de malezas | 54,20 | 45,80 |
| Control de Plagas | 91,00 | 9,00 |
| Riego | 72,20 | 27,80 |

TABLA III
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS PARA LOS INDICADORES DE SUPLEMENTACIÓN ANIMAL / ANIMAL FEEDING INDEX DESCRIPTIVE STATISTICS

| Suministro de | Frecuencia % | |
|----------------------|--------------|-------|
| | No | Sí |
| Alimento concentrado | 52,10 | 47,90 |
| Sales | 5,60 | 94,40 |
| Minerales | 18,10 | 81,90 |
| Melaza | 20,10 | 79,90 |
| Heno | 95,10 | 4,90 |

que pueden impedirla. La composición del ingreso es reflejo del análisis de todos estos condicionantes y en las UP analizadas se observó que el 52% se dedica al sistema vaca-maute y el 47,9% se dedican al sistema vaca-novillo.

La zona donde están ubicadas las unidades de producción

La FIG. 1, muestra la distribución de las UP por zona, donde la zona 1 se corresponde con los municipios Mara y Páez situados en bosque seco y bosque muy seco tropical según la clasificación de Holdrige [10]. En esta zona sólo hay un 9% de las UP bajo estudio y junto con la zona 2 (zona norte de

la costa oriental del lago) se corresponden con la menor participación de UP en este estudio, dado que del total entrevistado, sólo éstas cumplieron con los criterios de selección.

El mayor número de UP se presenta en la zona 6 o sur del lago de Maracaibo (37,5%), caracterizada por los mejores suelos y abundantes precipitaciones bien distribuidas, seguidas de la zona 3, constituida por Municipios situados en bosque seco tropical en la parte central de la cuenca con 22,22% de las unidades. La zona 4 está constituida por un sólo Municipio (Machiques de Perijá) que por sus características agroecológicas, ubicación particular y número de UP se agrupó en una zona que participa en este estudio con 15,28%. La zona 5 está situada a la misma altura de la zona 4 pero en la costa oriental del lago y representa 11,81% de las UP.

La zona donde están ubicadas las UP, por su condición estructural, es difícil de cambiar en el corto plazo, asimismo los resultados de eficiencia podrían estar condicionados por una característica que no es controlada por el productor.

Indicadores de productividad parcial

Los indicadores de productividad parcial de los sistemas de ganadería de DP pueden ser bajos al ser comparados con los de sistemas especializados. La producción por vaca en las UP estudiadas es de 2.295,96 kilogramos de leche por año lo que equivale a 6,29 litros por vaca en ordeño al día, mientras que en las unidades especializadas puede llegar a ser de 3 a 7 veces más que en el doble propósito [19], pero no por ello es-

tos sistemas dejan de ser competitivos ya que, los sistemas especializados suponen un uso más intensivo del capital (inversiones y gastos operacionales) mientras que en el DP no es así [8,11]. Los valores de productividad parcial pueden observarse en la TABLA IV, donde se hace necesario resaltar la gran variabilidad que existe en los valores de la muestra estudiada. Estos indicadores de productividad están dentro de los rangos reportados para los sistemas DP [18].

Resultados del modelo DEA

Los resultados indican que sólo el 6,9% de las UP consideradas, son eficientes técnicamente en el modelo de rendimientos constantes. Como era de esperar, el número de UP eficientes bajo rendimientos variables aumentó considerablemente (13,8%). De hecho, el número de las que resultaron eficientes para el modelo BCC² duplicaron a las eficientes en el modelo CCR³ (TABLA V).

Como se puede apreciar existe una gran diferencia entre la eficiencia técnica y la pura, esto puede estar relacionado con el alto nivel de ineficiencia de escala que hay presente en las UP. También puede observarse que el 34,7% de las UP opera con rendimientos de escala óptimo.

Estudio de los rendimientos a escala

Se observó que 40,3% de las UP opera en rendimientos decrecientes, 34,7% opera en escala constante y 25% a escala creciente, situación preocupante ya que un gran número de

TABLA IV
DESCRIPTIVA DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD PARCIAL / PARTIAL PRODUCTIVITY INDEX DESCRIPTION

| Indicador | Unidad | Media | Mínimo | Máximo | Desviación estándar |
|--------------------------|---------------|-----------|----------|------------|---------------------|
| Leche por vaca en ordeño | (Kg/vo/año) | 2.295,96 | 1.473,14 | 4.656,00 | 641,02 |
| Leche por hectárea | (Kg/ha/año) | 826,86 | 102,75 | 3058,66 | 562,83 |
| Carne por hectárea | (Kg/ha/año) | 163,06 | 12,53 | 3045,25 | 270,85 |
| Ganancia por UP | (\$/finca) | 48.425,75 | 2,79 | 332.965,37 | 59.584,89 |
| Ganancia por hectárea | (\$/ha) | 174,57 | 0,01 | 1.569,90 | 181,56 |
| Costo unitario | (\$/Eq-leche) | 0,09 | 0,01 | 0,25 | 0,04 |

TABLA V
DESCRIPTIVA DE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA TÉCNICA / TECHNICAL EFFICIENCY INDEX DESCRIPTION

| | Media | Mínimo | Máximo | Desviación estándar | Unidades de producción eficientes |
|--------------------|-------|--------|--------|---------------------|-----------------------------------|
| Eficiencia técnica | 0,54 | 0,20 | 1,00 | 0,20 | 10 (6.9%) |
| Eficiencia pura | 0,61 | 0,24 | 1,00 | 0,22 | 20 (13.8%) |
| Eficiencia escala | 0,89 | 0,33 | 1,00 | 0,12 | 50 (34,7%) |

2 DEA-BCC: extensión del modelo CCR donde permite que la tecnología muestre rendimientos variables a escala [2].

3 DEA-CCR: Modelo de rendimientos constantes a escala [3].

UP utiliza proporcionalmente más insumos para menos productos, lo cual las hace muy ineficientes en términos de escala; es necesario corregir urgentemente este sobredimensionamiento de los insumos.

Análisis de las holguras (Slacks)

Al tratarse de un modelo orientado al producto cuya interpretación se basa en cuánto podría obtenerse de producto con el mismo nivel de insumos si no se produjeran ineficiencias, los resultados señalan efectivamente una disminución de los niveles que deben ser utilizados en factores que intervienen en el proceso productivo. Los resultados del DEA permiten calcular las mejoras potenciales para cada UP (holguras) y en promedio estimar las mejoras totales potenciales (TABLA VI), tanto para el modelo CRS como para el modelo VRS. Se observa en todos los casos una reducción de entradas con un mayor énfasis en el capital fijo (-64,04%), la mano de obra (-39,75%) y en el capital circulante (-21,49%) como los insumos más sobredimensionados y en menor grado la superficie (-5,89%) y el número de UA (-6,85%), con la posibilidad de logro de una mayor producción de leche (+93,03%) y mucho más de carne (+244,05%). La eficiencia técnica pura es el origen del sobredimensionamiento en los factores de producción.

De acuerdo con Gamarra [9], si bien el DP presenta limitaciones, no deja de ser una alternativa productiva y competitiva. Los menores costos unitarios y la flexibilidad de producir ambos productos, hace que esta ganadería sea eficiente en comparación con otras formas de utilización de la tierra. Los resultados de ahorros potenciales arrojados por el modelo, muestran que estas ventajas se pueden reforzar dado que la superficie de pastos y el potencial de hato son los ahorros mayores posibles.

Análisis "Bootstrap"

En la TABLA VII se muestran los valores descriptivos de los índices de eficiencia corregidos por sesgo obtenidos para las unidades estudiadas, con los modelos CRS y VRS. Se encontró un valor promedio del índice de eficiencia del 47% para el modelo de retornos constantes, en tanto que para el modelo de retornos variables existe una diferencia ligeramente mayor del valor medio alcanzado en el otro modelo, pero igualmente cercano al 50%. Se observan valores medios de eficiencia un poco menores para los indicadores ajustados por bootstrap en comparación con los primeros calculados por el DEA.

Análisis de segunda etapa

La asociación del tamaño de la UP con la eficiencia corregida del sesgo (bootstrap) en el modelo VRS ($P < 0,05$) es interesante de analizar, ya que la superficie es un factor de preocupación importante al momento de estudiar los indicadores de productividad parcial. La prueba de Kruskal-Wallis [20] para rangos de superficie (UP menores a 300 ha y superiores a ese valor) muestran que para el modelo de rendimientos variables (VRS) el tamaño de la UP expresado en rangos de superficie resultó con diferencias significativas ($P < 0,01$) situación que puede observarse en la TABLA VIII. Sin embargo, cuando se analizaron las correlaciones de la eficiencia con los indicadores de manejo de pastizales y de suplementación animal, sólo se detectó correlación significativa con la utilización de sales en la suplementación alimenticia, dado que este insumo resulta más económico dentro de los suplementos alimenticios considerados.

Si la fertilización, el riego o el control químico de malezas y plagas no son determinantes en la mejora de la eficiencia técnica, cabe una reflexión acerca de la necesidad de fortalecer el carácter ecológico de la producción de leche y carne

TABLA VI
MEDIAS DE LAS MEJORAS TOTALES POTENCIALES EN LOS MODELOS VRS Y CRS PARA LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN CON INEFICIENCIA PURA / TOTAL POTENTIAL IMPROVEMENTS FROM VRS AND CRS MODELS OF PURE INEFFICIENCY PRODUCTIONS UNITS

| Modelo | Ha | UA | EQ-H | CF | CC | Carne | Leche |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| CRS | -15,89 | -6,85 | -39,75 | -64,04 | -21,49 | 244,05 | 93,03 |
| VRS | -19,03 | -14,31 | -34,57 | -63,61 | -23,39 | 168,82 | 69,21 |

CRS: Rendimientos constantes a escala. VRS: Rendimientos a escala variable.

TABLA VII
DESCRIPTIVA DE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA CORREGIDOS DEL SESGO / BIAS CORRECTED EFFICIENCY INDEX DESCRIPTION

| Modelo | Rango | Mínimo | Máximo | Media |
|------------------------------|-------|--------|--------|-------|
| Índice de Eficiencia VRSboot | 0,77 | 0,16 | 0,93 | 0,47 |
| Índice de Eficiencia CRSboot | 0,68 | 0,20 | 0,88 | 0,51 |

sobre la base del pastoreo, y favorecer el uso más frecuente de prácticas agronómicas de mayor respeto por el ambiente.

En cuanto a la correlación de los indicadores de productividad parcial con las eficiencias corregidas del sesgo de los modelos CRS y VRS se observó diferencia significativa ($P \leq 0,05$) con la ganancia media por finca y con el costo unitario de producto; esto último sugiere que, a mayor costo unitario menor eficiencia, puesto que el valor de la Rho de Spearman fue negativo (TABLA IX). La productividad parcial de carne por hectárea resultó correlacionada positivamente con la eficiencia corregida del modelo CRS ($P \leq 0,01$).

La prueba de Kruskal-Wallis para la modalidad de producción resulta difícil de explicar ya que no se evidenciaron diferencias entre los indicadores de eficiencia para las distintas modalidades de producción. Sin embargo, el aumento en la producción de carne dependería fundamentalmente del cambio de modalidad de producción a un tipo de sistema vaca-novillo, en consecuencia la recomendación de aumento de la producción de carne junto con la reducción de insumos arroja por el análisis de las holguras debe realizarse en estas condiciones aparentemente determinantes.

El análisis de la variable zona (TABLA X) indicó una diferencia significativa de las eficiencias detectadas por la prueba Kruskal-Wallis para el modelo CRS, es decir, con rendimientos constantes ($P \leq 0,01$). Se hace necesario orientar el estudio hacia una posterior etapa que permita calcular los índices de eficiencia por zona utilizando la metodología DEA y corrigiendo los valores de eficiencia de los efectos de la zona considerada como variable de entorno [6]. Las recomendaciones posteriores y el diseño de estrategias deben tomar en cuenta la ubicación de la finca dado que resulta evidente que las respuestas en eficiencia están relacionadas con esas características agroecológicas.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Con el análisis DEA se determinó que menos del 7% de las UP operan con eficiencia técnica, un 34,7% con eficiencia de escala y sólo un 13,8% con eficiencia técnica pura; en consecuencia, existe un potencial de mejora importante en esta ganadería. Asimismo, dado que el 40% se sitúa en rendimientos a escala decrecientes, se hace necesario corregir el sobre-dimensionamiento de los insumos o intensificar el uso de

TABLA VIII

PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS PARA LOS INDICADORES DE EFICIENCIA EN AMBOS MODELOS PARA CADA RANGO DE SUPERFICIE / KRUSKAL-WALLIS TEST FOR EFFICIENCY INDEX BY FARM SIZE (CRS AND VRS MODEL)

| Modelo | Superficie | |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Menores a 300 ha (N=96) | Mayores a 300 ha (N=48) |
| Índice de Eficiencia VRSboot* | 68,75 | 80,00 |
| Índice de Eficiencia CRSboot | 66,73 | 84,04 |

* $P < 0,01$

TABLA IX

CORRELACIONES DE SPEARMAN DEL INDICADOR DE EFICIENCIA CORREGIDA CON LOS INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD PARCIAL / SPEARMAN CORRELATIONS BETWEEN DEA CORRECTED EFFICIENCY INDEX WITH PARTIAL PRODUCTIVITY INDEXES

| Modelo | Litros/vaca ordeño | Litros/ ha | Carne/ ha | Ganancia/ Finca (\$) | Ganancia/ ha (\$) | Costo unitario (\$) |
|--------|--------------------|------------|-----------|----------------------|-------------------|---------------------|
| VRS | 0,128 | 0,013 | 0,159 | 0,214(*) | 0,131 | -0,199(*) |
| CRS | 0,139 | 0,040 | 0,205(*) | 0,192(*) | 0,162 | -0,203(*) |

TABLA X

MEDIAS DE EFICIENCIA CORREGIDAS POR SESGO PARA CADA ZONA / BOOTSTRAPPING CORRECTED EFFICIENCY MEANS BY ZONE

| Modelo | Zona | | | | | |
|--------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 N=13 | 2 N=6 | 3 N=32 | 4 N=22 | 5 N=17 | 6 N=54 |
| CRS** | 45,00 | 72,50 | 72,66 | 99,68 | 66,35 | 69,89 |
| VRS | 59,92 | 67,50 | 69,97 | 93,89 | 68,53 | 72,30 |

** $P < 0,01$.

aquellos insumos difíciles de cambiar en el corto plazo. Por otra parte, se requiere una mejora importante de la producción de carne en una proporción mucho mayor que la producción de leche, de acuerdo con lo obtenido en ambos modelos (VRS y CCR).

El análisis bootstrap permitió la corrección del sesgo de los índices de eficiencia. Los nuevos índices calculados presentan valores medios menores a los originados por DEA.

En el análisis de los factores de eficiencia sólo se obtuvo correlación del índice de eficiencia con el indicador de suplemento con sales, en este mismo orden de ideas, los resultados evidenciaron que las diferencias entre los valores de eficiencia son mejor explicadas por la zona de ubicación, por la superficie y la producción de carne pero no tanto por la modalidad de producción. En este sentido, se recomienda realizar los análisis de la eficiencia en grupos de unidades de producción clasificadas por variables de entorno.

La complejidad de los sistemas ganaderos requiere sucesivas aproximaciones a los modelos de estudio de eficiencia, así como la identificación de variables de entorno y factores de eficiencia en cada caso de estudio, que orienten las estrategias de mejora de la eficiencia para cada grupo de UP con características comunes, dado que en agricultura esas particularidades definen las posibilidades de asumir las recomendaciones del modelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AIGNER, D.; LOVELL, C.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **J. of Econometr.** 6: 21-37.1977.
- [2] BANKER, R.; CHARNES, A.; COOPER, W. Some models for estimating technical and scales inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Managem. Sci.** 30(9):1078-1092. 1984.
- [3] CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measurement the efficiency of decision making units. **Europ. J. of Operati. Res.** 2:429-444. 1978.
- [4] COELLI, T. A guide to DEAP versión 2.1. A data envelopment analysis (computer) program. University of New England, Armidale. CEPA Working papers, N6/08. 1996.
- [5] GARCÍA, J.E.; COL, V. Competitividad y eficiencia. **Estud. de Econom. Aplic.** 21(3): 423-450. 2003.
- [6] DIOS-PALOMARES, R.; MARTÍNEZ-PAZ, J.; MARTÍNEZ-CARRASCO, F. Análisis de eficiencia en el sector comercializador y manipulador hortícola de Almería. En: **III Workshop de eficiencia y productividad.** 12 de Julio Oviedo, España. 20 pp. 2002.
- [7] DIOS-PALOMARES, R.; MARTÍNEZ, J.M.; MARTÍNEZ-CARRASCO, F. Variables de entorno en el análisis de eficiencia. Un método de tres etapas con variables categóricas. Fundación Centro de Estudios Andaluces. Sevilla. Working Paper E 2004 / 78. 23pp. 2004.
- [8] DIOS-PALOMARES, R.; MARTÍNEZ, J.; DE HARO, T. Análisis de eficiencia de la industria oleícola en Andalucía. Un estudio semiparamétrico con metodología bootstrap. 25pp. 2006. En línea: <http://www.revecap.com/encuentros/anteriores/ixeea/trabajos/d/pdf/dios.pdf>. 12 febrero 2009.
- [9] GAMARRA, J. Eficiencia técnica relativa de la ganadería doble propósito en la Costa Caribe. En: **Documentos de trabajo sobre economía regional.** Banco de la república, Centro de estudios económicos regionales (CEER). Nº 53. Cartagena, Colombia. 75pp. 2004.
- [10] HOLDRIGE, R. Life zone ecology. San José, Costa Rica. **Rev. Ed. Trop. Sci. Center.** 80pp. 1967.
- [11] HOLMANN, F.; RIVAS, L.; CARULLO, L.; GUZMÁN, M.; MARTÍNEZ, B.; MEDINA, A.; FARROW, A. 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. 1-43pp. 2003.
- [12] JAFORULLAH, M.; WHITEMAN, J. Scale efficiency in the New Zealand dairy industry: a non-parametric approach. **The Austral. J. of Agric. and Resour. Econ.** 43 (4): 523-541. 1999.
- [13] MORILLO, F.; URDANETA, F. Sistemas de producción con bovinos para los trópicos americanos. En: **Memoorias de la Conferencia Internacional sobre la ganadería en los trópicos.** Gainesville. 10-13 de Mayo. Florida. 80-104pp. 1998.
- [14] ORTEGA, L.; WARD, R.; ANDREW, C. Technnical efficiency of the dual purpose cattle system in Venezuela. **J. of Agric. and Appl. Econ.** 39(3):719-733. 2007.
- [15] READ, L.; THANASSOULIS, E. Improving the identification of returns to scale in data envelopment analysis. **J. of the Operat. Res. Soc.** 51:102-110. 2000.
- [16] SERÉ C; DE VACCARO, L. Milk production from Dual –Purpose Systems in tropical Latin America. **Milk production in developing countries.** A.J. Smith (Ed). University of Edimburg, Scotland, UK, Trowbridge: Redwood Burn LTD. 459-475 pp. 1985.
- [17] STRAUSS, E.; FUENMAYOR, W.; ROMERO, J. Síntesis Municipal. **Atlas-Estado Zulia.** 2^{da} Ed. 100-109pp. 1992.
- [18] URDANETA, F.; MARTÍNEZ, E.; DELGADO, H.; CHIRINOS, Z.; OSUNA, D.; ORTEGA, L. Caracterización de los sistemas de producción de ganadería bovina de do-

- ble propósito de la cuenca del Lago de Maracaibo. En: **Manejo de la ganadería bovina de doble propósito**. Ninoska Madrid-Bury y Eleazar Soto-Belloso (Eds). 22-43pp.1995.
- [19] VERDE, O. Mejoramiento genético de ganaderías doble propósito en el Trópico. 1992. En: **Memorias del VII Congreso Venezolano de Zootecnia**. Universidad de Oriente (UDO). Maturín Estado Monagas. En línea: <http://avpa.ula.ve/docuPDFs/viicongreso/ponencia5.pdf> 11 de marzo de 2009.
- [20] WALPOLE, R.E.; MYERS, R.; MYERS, S.H. Experimento de un factor. **Probabilidad y estadística para ingenieros**. 6^{ta} Ed. Prentice Hall Hispanoamérica. (Ed). México. 461-523pp. 1999.
- [21] WILSON, P. Fear 1.0: A software package for frontier efficiency analysis with R. Department of economics, University of Texas at Austin. University Station. Austin Texas.USA. 12pp. 2005.