

ESTUDIO NO PARAMÉTRICO DE LA EFICIENCIA TÉCNICA EN GANADERÍA DE DOBLE PROPÓSITO TROPICAL CON VARIABLE DE ENTORNO.

Fátima Urdaneta¹

Rafaela Dios-Palomares²

Angel Casanova Araque³

Juan Antonio Cañas Madueño⁴

¹**Departamento de Ciencias Sociales y Económicas. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Maracaibo. Venezuela**

² **Departamento de Estadística. Universidad de Córdoba, email: rdios@uco.es**

³**Profesor emérito del Departamento de Estadística, Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia**

⁴ **Departamento de Economía y Sociología Agraria. Universidad de Córdoba.**

RESUMEN

El presente trabajo presenta un análisis de eficiencia mediante técnicas frontera no paramétricas de los sistemas ganaderos de doble propósito en Venezuela. Estos sistemas son una modalidad de producción muy adaptada a los trópicos, que han contribuido de manera importante con el abastecimiento de leche y carne en estas zonas. Sin embargo, sus niveles de eficiencia cuestionables requieren del estudio de los factores que inciden en ella. En este sentido, se realiza esta investigación, con el objetivo de analizar la eficiencia técnica de dicha ganadería en la cuenca del lago de Maracaibo y estudiar posibles asociaciones que expliquen su comportamiento. La zona objeto de estudio tiene, sin embargo, la característica de no ser homogénea en tecnología de producción, por estar constituida por seis diferentes territorios con distinto clima y sistema de producción. Por este motivo, hemos considerado idóneo aplicar la metodología 3SPM donde se tiene en cuenta la presencia de una variable de entorno categórica que dividirá la muestra en 6 zonas distintas.

Con el análisis realizado se obtuvo que el 19,3 % de las unidades de producción operan con eficiencia técnica, un 34.4 % con eficiencia de escala y un 25.7 % con eficiencia técnica pura; en consecuencia existe un potencial de mejora importante en esta ganadería. Asimismo se hace necesario corregir el sobredimensionamiento de los inputs, reduciendo estos entre el 15 y el 20% en media. Por otra parte, se requiere una mejora importante de la producción de carne. Los resultados evidencian que la aplicación del método 3SPM ha evitado que las explotaciones que pertenecen a zonas mas desfavorecidas aparezcan como mas ineficientes. La eficiencia estimada se encuentra relacionada con la utilización de los inputs y no con los indicadores de manejo de la explotación.

JEL: C44, D20, M11, N56

1.-INTRODUCCIÓN

La producción de leche y carne en los trópicos latinoamericanos se realiza principalmente en sistemas ganaderos de doble propósito. Esta ganadería ha venido consolidándose en diversas regiones de Venezuela como el principal rubro de explotación bovina con significativos aportes a la producción económica y social. Sin embargo, pese al crecimiento cuantitativo de la producción de leche, la eficiencia biológica del sistema sigue siendo baja en cuanto a productividad física y rendimiento Animal debido a numerosos factores y problemas que inciden en las explotaciones (Páez y Jimenez, 2000).

La gran adaptabilidad a las condiciones tropicales, su carácter ecológico y la existencia de sistemas productivos con resultados prometedores para la satisfacción de las necesidades alimenticias de la población en estas regiones, entre otras ventajas, justifica el estudio de los factores que limitan su eficiencia. Tiene, además, la particularidad de que se desarrolla en condiciones de alta variabilidad, dado que sus actividades pecuarias se realizan en una amplia gama de sistemas productivos que van desde los altamente tecnificados e integrados hasta la economía de tipo tradicional. CPVeracruz *et al*, 2003)

El sistema de producción con bovinos de doble propósito que se desarrolla en regiones tropicales utiliza rebaños mestizos producto de los cruces indiscriminados de razas europeas y cebuinas (*Bos Taurus* * *Bos Indicus*) lo que ha ocasionado una gran cantidad de genotipos. Este sistema tiene dos objetivos, por un lado la producción de leche que comúnmente se realiza con ordeño manual y con apoyo del becerro para facilita el descenso y por otro lado la producción de carne, mediante la cría del becerro del destete.

Bajo el sistema de ganadería de doble propósito, se maneja aproximadamente el 78% del total de bovinos, en América tropical, lo que aporta el 41% de la leche de esas regiones (Toledo, 1994). En Venezuela, más del 90 % de la leche y del 50% de la carne que se produce en el país provienen de sistemas de ganadería bovina de doble propósito, donde el estado Zulia aporta alrededor del 70% de la leche y el 40% de la carne que se consume en el país y aún cuando la disponibilidad está por debajo de los indicadores de consumo recomendados por la FAO, el potencial para la ganadería de doble propósito proyecta la posibilidad real de disminuir la brecha en la seguridad agroalimentaria de productos que son fuentes culturales de proteína para la población (Morillo y Urdaneta 1998).

Los sistemas ganaderos de doble propósito 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 al nacer. En ocasiones, la empresa puede contar con una o más fincas para ubicar físicamente los componentes del rebaño que corresponden a las diferentes fases del negocio: cría y ordeño, levante y ceba (Morillo y Urdaneta 1998).

Los ingresos derivados de la venta de leche en relación con la venta de animales para carne varían considerablemente en proporciones que van desde un 12% a un 80%, dependiendo principalmente

de los objetivos del productor, de la fase del crecimiento en que los machos son vendidos y de los tipos raciales. Otros autores señalan al sistema doble propósito como aquel cuyas proporciones se encuentran entre el 80% y 20% de venta de leche, a la vez que indican que una proporción de venta de carne menor al 30% se refiere a un sistema vaca-maute¹ y cuando es mayor del 30%, ya se refiere a un tipo de sistema vaca novillo² como modalidad de producción (Seré y Vaccaro, 1985).

Aun cuando los sistemas ganaderos de doble propósito son una modalidad de producción muy adaptada a los trópicos, los cuales han permitido abastecer en parte la demanda de estos productos tan importantes para la dieta de sus habitantes, sus niveles cuestionables de eficiencia requieren del estudio de los factores que inciden en ella, con el objeto de proponer estrategias de mejora que actúen sobre las causas de su ineficiencia. En este sentido, se hace presente la necesidad de revisar referenciales de eficiencia, que permitan analizar el mejor uso de los recursos utilizados en función de los productos obtenidos y puedan servir de guía para el estudio de los factores que inciden en esta respuesta.

El análisis de eficiencia técnica que vamos a abordar para resolver las cuestiones planteadas, se va a realizar desde un enfoque de estimación de funciones frontera, donde el nivel de eficiencia se estima mediante la distancia de cada unidad ineficiente a la frontera de producción estimada.

En este contexto, se consideran eficientes a las unidades de producción capaces de obtener el máximo de productos para unos inputs dados, o de consumir el mínimo de recursos para unos outputs dados. Estas dos definiciones se relacionan respectivamente con los análisis de eficiencia orientados al output y al input.

En este trabajo se han aplicado el Análisis Envolvente de Datos (DEA) que implica la resolución de modelos de programación matemática y da como solución a la estimación de la frontera de producción una envolvente en cuyos vértices se encuentran las unidades eficientes. En esta investigación aplicaremos la técnica DEA.

Algunos estudios se han realizado para evaluar la eficiencia de fincas ganaderas de doble propósito, entre ellos Ortega *et al* (2007), quienes utilizaron un modelo de frontera de producción estocástica (Aigner *et al*, 1977) para medir la eficiencia de estos sistemas considerados de bajos insumos en el estado Zulia Venezuela y considerados ineficientes por sus niveles de productividad parcial comparados con los países desarrollados. Por otro lado, Gamarra (2004) utilizando el Análisis Envolvente de Datos realizó una medición de la eficiencia técnica relativa para una muestra de 71 fincas doble propósito en la costa Caribe Colombiana. En ese mismo sentido, Arzubi (2002), Pardo *et al* (1998) y González *et al* (1996) aplicaron la metodología DEA para estudiar la eficiencia de unidades de producción lechera. Jaforullah y Whiteman (1999) estudiando eficiencias de escala evaluaron el incremento del tamaño promedio de fincas lecheras e incentivaron la medición del desempeño de estas unidades productivas; por otro lado, Castillo (2006) evaluó la eficiencia técnica de la producción de vacuno de carne utilizando DEA.

¹ Sistema de producción donde se vende leche y machos destetados cuando alcanzan un peso aproximado de 230 Kg.

² Sistema de producción donde se vende leche y machos cuando alcanzan un peso aproximado de 450Kg.

Este trabajo se realiza en el marco de la situación antes mencionada, y supone la profundización de una línea de investigación de la que ya se han extraído algunos resultados (Urdaneta et al, 2009) en el ámbito del análisis de eficiencia técnica de la ganadería de doble propósito en la cuenca del lago de Maracaibo, y de la detección de posibles asociaciones que explican el comportamiento de la eficiencia. En dicho análisis se concluyó que sería posible una importante reducción en inputs, y se requiere una mejora importante de la producción de carne. Además, quedó patente que las diferencias entre los indicadores de eficiencia, pueden estar mejor explicadas por la zona de ubicación, y otras variables, y no tanto por la modalidad de producción. Esto nos ha llevado a continuar con el análisis desde la perspectiva de la consideración de una variable de entorno.

Recientemente se vienen desarrollando métodos de estimación de eficiencia que tienen en cuenta la presencia de factores externos al proceso de producción, los llamados *Factores de ambiente o entorno*³, y que son incontrolables por parte de los responsables de las unidades de gestión de las muestras estudiadas. Estos factores responden al hecho de que existen circunstancias particulares para las distintas submuestras, lo que provoca que la frontera no sea común a todas las unidades. La realización de un análisis sin tener esto en cuenta daría lugar a que empresas que no llegan a la frontera por imperativos de su entorno fueran calificadas como ineficientes.

La idea central de los métodos de análisis con variables de entorno es que la eficiencia que se deriva de la resolución de la frontera incluyendo únicamente las variables propias de la producción, es decir inputs y outputs, contiene solapados dos efectos distintos que se deben, uno a la eficiencia de la empresa dentro de su entorno (frontera) y otro a la diferencia en productividad debida a dicho entorno en comparación con los demás.

De manera general, se puede decir que los esfuerzos efectuados para descomponer estos efectos han dado lugar a los distintos métodos⁴. Uno de los enfoques que se ha llevado a cabo para la inclusión de variables de entorno en el análisis de eficiencia es el que se denomina “de programas” y fue inicialmente planteado por Charnes, Cooper y Rhodes (1981), con el fin de estudiar posibles diferencias inducidas por la aplicación de un Programa de Actuación en un subsector concreto de colegios públicos. Este método estima fronteras separadas para los distintos subsectores y posteriormente proyecta sobre la frontera para eliminar la ineficiencia intraprograma. Una segunda frontera con los datos corregidos para toda la muestra da lugar a estimaciones de distancias que únicamente se deben al efecto del programa. Estas últimas distancias permiten la evaluación de dicho programa. El objetivo, por tanto, de este método es la valoración del efecto de la variable de entorno considerada.

En esta misma línea Dios-Palomares et al (2006) plantean un nuevo método de tres etapas con variables categóricas (3SPM), que supone una continuación de la propuesta comentada de Charnes, Cooper y Rhodes (1981), y que tiene una parte común al de dichos autores, que incluye solo la primera etapa, y la segunda hasta la estimación del modelo DEA conjunto. Para ello proponen una nueva

³ Aunque la denominación más generalizada en la literatura para este tipo de factores es la de “variables ambientales” se optó por el término variables de entorno por no provocar confusión alguna con las de carácter medioambiental.

⁴ Una exhaustiva revisión de todos estos métodos se puede ver en Rouse (1996) y Dios-Palomares et al (2006).

corrección de datos dentro de la segunda etapa, y una tercera etapa que dará origen a las eficiencias corregidas por la variable de entorno.

Aun cuando se han realizado estudios en ganadería con diferentes técnicas de medición de eficiencia ya referenciados, la interacción eficiencia entorno no ha sido estudiada en estos sistemas de producción.

Como ya se ha comentado Urdaneta *et al* (2009) refieren la existencia de una relación entre la eficiencia calculada por DEA y la zona agroecológica donde se encuentra ubicada la unidad de producción, y dado que en estos sistemas la principal fuente de alimentación del rebaño son los pastos tropicales, durante un proceso denominado pastoreo (cuando el animal cosecha su propio alimento), se puede inferir que tanto el manejo de potreros y praderas, como las características agroecológicas de la zona pueden tener una influencia importante en la eficiencia.

En el marco de este planteamiento se realiza esta investigación con el objetivo de analizar los niveles de eficiencia de fincas ganaderas de doble propósito, utilizando la zona de ubicación de la unidad de producción como variable de entorno, y asimismo identificar variables de manejo que puedan explicar el comportamiento de la eficiencia corregida.

A continuación, se desarrollará la metodología empleada en el presente estudio. En el siguiente epígrafe se realiza una exposición de los resultados del análisis, iniciando con la descriptiva de las variables e indicadores y continuando con los valores de eficiencia y sus relaciones. Por último se presentan las principales conclusiones y las referencias bibliográficas..

2.- METODOLOGÍA

2.1 El Análisis Envolvente de Datos

La eficiencia de cada unidad se define como el cociente de la suma ponderada de outputs respecto a la suma ponderada de inputs, tal que su eficiencia no será evaluada en base a una frontera de producción ideal sino por comparación con las unidades más eficientes de la muestra, siendo por tanto una medida de eficiencia relativa. Sus fundamentos teóricos fueron propuestos por Charnes *et al.* (1978) a partir de la formulación realizada por Farrell (1957) de la isocuanta unitaria, siendo numerosas las extensiones y modificaciones que con posterioridad surgen en lo relativo a la orientación de la medida o la asunción de distintos tipos de escalas en la producción (Färe *et al.*, 1985). Pese a la relativa juventud de la técnica DEA, son numerosas las aplicaciones que de ella se pueden encontrar en la literatura, entre las que cabe destacar la exhaustiva recopilación de trabajos teóricos y empíricos realizada por Emrouznejad (2001). Su ámbito de aplicación cubre todo tipo de actividades económicas, desde los sistemas de producción agrarios (Sha y Rehman, 2000) a los servicios sin mercado (Hernández y Fuentes, 2003).

El desarrollo genérico del modelo matemático comienza con la definición de las n unidades de decisión (DMU)⁵ objeto de estudio, que emplean j inputs (F) para producir m productos (P), tal que la i -

⁵ DMU o unidad tomadora de decisiones, en principio se utilizó para referirse a entidades sin ánimo de lucro (Charnes *et al.*, 1978) no obstante, se ha extendido para hacer referencia a cualquier organización que toma decisiones incluyendo a las empresas

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 ratio de todos sus outputs entre todos sus input $\frac{\alpha' P_i}{\beta' F_i}$, 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 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 (Coelli, 1996), tal y como se expresa a continuación:

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

Donde se cumple que:

- 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.

- 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.

- λ es un vector de constantes $(n \times 1)$ que pondera cada una de las DMU presentes en la muestra.

- La restricción $I \lambda = 1$, siendo I un vector de unos, fue introducida por Banker *et al* (1984) en el modelo inicial con rendimientos constantes a escala (CRS) planteado por Charnes *et al* (1978) 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).

La resolución de esta formulación permite obtener una medida de la menor distancia posible, en un espacio de tantas dimensiones como inputs existan en el modelo, entre los parámetros que caracterizan a la DMU en estudio y los mejores resultados del grupo analizado. A través de la misma se mide la eficiencia de cada unidad como el porcentaje de la distancia existente entre el valor observado y su valor óptimo, obtenido a partir de las explotaciones más eficientes de entre todas las del grupo.

El que la técnica DEA contemple en su formulación la posible existencia de rendimientos de escala variables, permite, además de identificar la eficiencia técnica, descomponer la misma en dos componentes: 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 del ratio de eficiencia técnica calculado 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:

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

Esta relación surge de considerar que la eficiencia técnica de una unidad productiva que mide la aproximación CRS, pero que no opera en una escala óptima, tiene una ineficiencia de escala, que no puede ser achacada directamente a la eficiencia técnica pura medida por la aproximación VRS. Aquella unidad que opere en una escala óptima con rendimientos constantes a escala tendrá un valor de eficiencia de escala igual a 1. Una vez calculada la ineficiencia en escala se puede analizar qué tipo de rendimientos son los que originan dicha ineficiencia: si la DMU excede el tamaño de escala más productivo, y por tanto presenta rendimientos a escala decrecientes, o si presenta rendimientos a escala crecientes, y por tanto no ha alcanzado el límite de crecimiento proporcionado por esta situación (Read y Thanassoulis, 2000). Con el fin de identificar estas situaciones se calcula el modelo lineal general de eficiencia presentado en el apartado anterior, pero imponiendo ahora la restricción de rendimientos a escala no crecientes (NIRS), que viene dada por $NI' \lambda \leq 1$, 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.

2.2 Método de programas Múltiple DEA+DEA+DEA (3SPM)

Para describir el método aplicado se plantea el caso de una variable de entorno dicotómica y orientación al input, por simplicidad y sin que esto suponga una grave pérdida de generalidad. El método se aplica sobre una muestra de N empresas, donde las variables a contemplar en el análisis de eficiencia son M outputs (y_i), L inputs (x_j), con una variable de entorno dicotómica z con valores z_h para $h = a, b$. En función de dicha variable, la muestra queda dividida en dos submuestras, de tamaño N_h , cuyas matrices de datos serán Y_h ($N_h \times M$) para los outputs y X_h ($N_h \times L$) para los inputs, ambas para $h = a, b$. El método se puede analizar describiendo las tres etapas en las que se estructura, tal y como se propone a continuación:

a) *Primera Etapa:* Se divide la muestra en las submuestras correspondientes a distintos valores de la variable de entorno, y se estima una frontera mediante DEA⁶ para cada una de ellas. Siguiendo con el ejemplo propuesto, se estiman dos fronteras para $h=a$ y $h=b$ mediante dos modelos DEA orientados al input, obteniendo en cada una los *slacks* totales correspondientes a cada input y outputs (en su caso), que

⁶ Se trata de la metodología ampliamente conocida como Data Envelopment Analysis (Seiford, L., ,1996).

denominaremos S_{xjh} para $j = 1, \dots, L$, y S_{yih} para $i=1, \dots, M$. Posteriormente se sustituyen los valores observados de input o output por sus valores objetivos (proyectados sobre la frontera), cada uno en su submuestra correspondiente. De esta forma se elimina la componente de ineficiencia relativa de cada unidad dentro de su grupo. Así, se calculan para cada valor de h (a y b) los nuevos valores para los inputs y outputs según la siguiente corrección:

$$X^*h(nh, j) = Xh(nh, j) - S_{xjh} \text{ para } j = 1, \dots, L; nh = 1, \dots, N_h$$

$$Y^*h(nh, i) = Yh(nh, i) + S_{yih} \text{ para } i = 1, \dots, M; nh = 1, \dots, N_h$$

...siendo Xh y Yh los valores originales, respectivamente, de inputs y outputs.

b) Segunda Etapa: Se estima una nueva frontera mediante DEA, con todas las unidades y con los valores corregidos. Las nuevas matrices con los datos de outputs e inputs corregidos en la etapa anterior contienen todas las unidades muestrales y las denominamos Y^* ($N \times M$), y X^* ($N \times L$). En estas se basa el modelo DEA, que se resuelve en esta etapa orientado al input. La distancia a la frontera estimada en esta segunda etapa recoge precisamente el efecto de la variable entorno, que será utilizado en el procedimiento de contrastación posterior a la tercera etapa.

Igualmente, la resolución del método dará como resultado los *slacks* totales para cada input y output (en su caso) que son S^*x_j para $j = 1, \dots, L$, y S^*y_i para $i=1, \dots, M$. Posteriormente se corrigen los datos originales de inputs y outputs con dichos slacks para eliminar el efecto del entorno. La corrección que se efectúa es la siguiente⁷:

$$X^{**}(n, j) = X(n, j) - S^*x_j \text{ para } j = 1, \dots, L; n = 1, \dots, N$$

$$Y^{**}(n, i) = Y(n, i) + S^*y_i \text{ para } i = 1, \dots, M; n = 1, \dots, N$$

c) Tercera Etapa: Se estima de nuevo mediante DEA la envolvente definitiva con los datos originales corregidos y procedentes de la segunda etapa. Como resultado de la corrección, las nuevas distancias a la frontera solo recogerán el efecto de la propia ineficiencia de cada DMU. Las nuevas matrices con los datos de outputs e inputs corregidos en la etapa anterior contienen todas las unidades muestrales y se denominan Y^{**} ($N \times M$), y X^{**} ($N \times L$). En estas se basa el modelo DEA, que se resuelve en esta etapa orientado al input y que dará como resultado los índices de eficiencia de cada empresa que ya no contienen el efecto de la variable de entorno.

1) Análisis de contrastación del efecto "entorno"

La determinación de las variables de entorno que deben tenerse en cuenta en el análisis no es inmediata. Tomando como base los datos recogidos para el análisis de eficiencia, cabría pensar en tres fuentes de información apropiadas para el estudio de dicha incidencia: las productividades individuales de cada input-output, el índice de eficiencia que resultara de un análisis conjunto con toda la muestra, y la comparación entre los resultados con fronteras separadas. No obstante, ninguna de las tres resuelve el problema con satisfacción. Con respecto a las dos primeras, esta claro que ambas incluyen tres efectos solapados debidos respectivamente al entorno, la eficiencia y el error. Por tanto, queda enmascarada la influencia que se quiere determinar. Por otro lado, la consideración de fronteras separadas puede venir

⁷ Hay que tener en cuenta que esta corrección se efectúa sobre los valores originales y no sobre los que sirvieron de base al modelo de la segunda etapa.

afectada por la relatividad de la medida y la comparación entre eficiencias no nos da la comparación entre productividades que es lo que realmente recogería la influencia de la variable de entorno.

Por este motivo, para dicha determinación, resulta imprescindible el conocimiento del proceso de producción en el sector y las distintas alternativas de la variable de entorno, ya que esto aportará información sobre su posible incidencia, así como sobre el sentido de dicha influencia. Una vez establecidas las variables de entorno, y aplicado el método antes expuesto, resulta imprescindible, sin embargo, la contrastación de la hipótesis de que el efecto entorno realmente es significativo. En caso negativo, habría que realizar el análisis de eficiencia sin tener dicha/s variable/s en consideración.

El contraste se basa en las siguientes variables:

Efecto entorno (*EEn*): Recogido por medio de la distancia a la frontera en la resolución de la segunda etapa del método.

Incremento porcentual de eficiencia (*IPEf*): Calculado según la fórmula:

$$IPEf = \left(\frac{ICEn - ISEn}{ISEn} \right) * 100$$

Siendo:

ICEn = Índice de eficiencia corregido del efecto de entorno. (Procede de la tercera etapa)

ISEn = Índice de eficiencia calculado sin tener en cuenta el entorno con toda la muestra. (Hay que calcularlo aparte ya que no es resultado de ninguna etapa del método)

Esta variable mide el cambio porcentual sufrido en cada DMU al tener en cuenta las variables de entorno, con respecto al resultado que se obtiene directamente del modelo DEA sin tomarlas en consideración.

El fundamento del contraste se basa en la idea de que si las variables de entorno realmente inciden en la tecnología de producción, tanto el efecto entorno (*EEn*) como el incremento porcentual (*IPEf*) serán significativamente diferentes para las submuestras consideradas en el análisis. Para ello se realizan análisis estadísticos no paramétricos de diferencias de medias.

2.3.- Datos y variables del modelo

Para cumplir con los objetivos de este estudio se analizará información proveniente de la aplicación de una encuesta socio-técnica-económica en unidades de producción con ganado doble propósito (leche y carne), las cuales fueron seleccionadas por un muestreo aleatorio estratificado con afijación proporcional⁸, donde los estratos se estructuraron, tomando como criterio el tamaño del rebaño expresado en unidades animales (UA)⁹. Asimismo se aplicaron los siguientes criterios de selección:

- Unidades de producción dedicadas a ganadería de doble propósito (composición de ingresos entre el 50 y 90% por venta de leche)
- Unidades de producción mayores a 20 HA y menores de 1000 HA

⁸ Consiste en distribuir los individuos que forman la muestra proporcionalmente al número de individuos de cada estrato

⁹ Un animal de 400 Kg equivale a 1 UA

- Consistencia de datos

Luego se identificaron los outliers por el método de Wilson (2005), quedando un total de 311 unidades de producción para el estudio.

La especificación de las variables del modelo ha sido la siguiente:

Outputs:

1. Producción de carne (kg/año)
2. Producción de leche (L/año)

Inputs:

1. Tierra, expresada como la medida de la superficie de la unidad de producción (HA),
2. Rebaño expresado en Unidades Animales (UA).
3. Costos fijos, calculados a partir de las depreciaciones de construcciones, instalaciones, equipos y maquinaria (CF\$)
4. Costos variables, calculados como la sumatoria de los costes de mantenimiento de potreros, medicina veterinaria, suplementación alimenticia del rebaño y gastos varios (administrativos y servicios) (CV\$)
5. Unidad trabajo hombre (UTH) que es la cantidad de trabajo que un trabajador activo agrícola desarrolla durante 1.920 horas al año.

Se realiza un análisis previo de los indicadores de productividad parcial: litros de leche por hectárea (l/ha), kilogramos de carne por hectárea (kg/ha), litros de leche por vaca ordeño por día (l/va/día) y carga animal (UA/ha) y se considerará como variable de entorno, la zona en donde están ubicadas las unidades de producción.

Las características agroecológicas de la cuenca del lago de Maracaibo cambian de norte a sur y de este a oeste. 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. La Figura 1 muestra la distribución de las unidades de producción 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. La zona 2 (zona norte de la costa oriental del lago) se corresponde con los municipios Miranda, Cabimas, Lagunillas y Santa Rita, de tradición petrolera pero también con la presencia de sistemas de producción ganaderos. La zona 3, esta constituida por municipios situados en bosque seco tropical en la parte central de la cuenca el lago y de gran tradición ganadera, tales como, los municipios Jesús Enrique Lossada, La Cañada de Urdaneta y Rosario de Perijá. La zona 4 está constituida por los municipios Machiques de Perijá y Jesús María Semprúm los cuales se agruparon en una sola zona por sus características agroecológicas (altas precipitaciones y variedad de suelos predominando una franja de suelos ácidos), ubicación particular y número de unidades de producción. La zona 5 está situada en la parte media de la costa oriental del lago y la constituyen los municipios Valmore Rodríguez y Baralt.

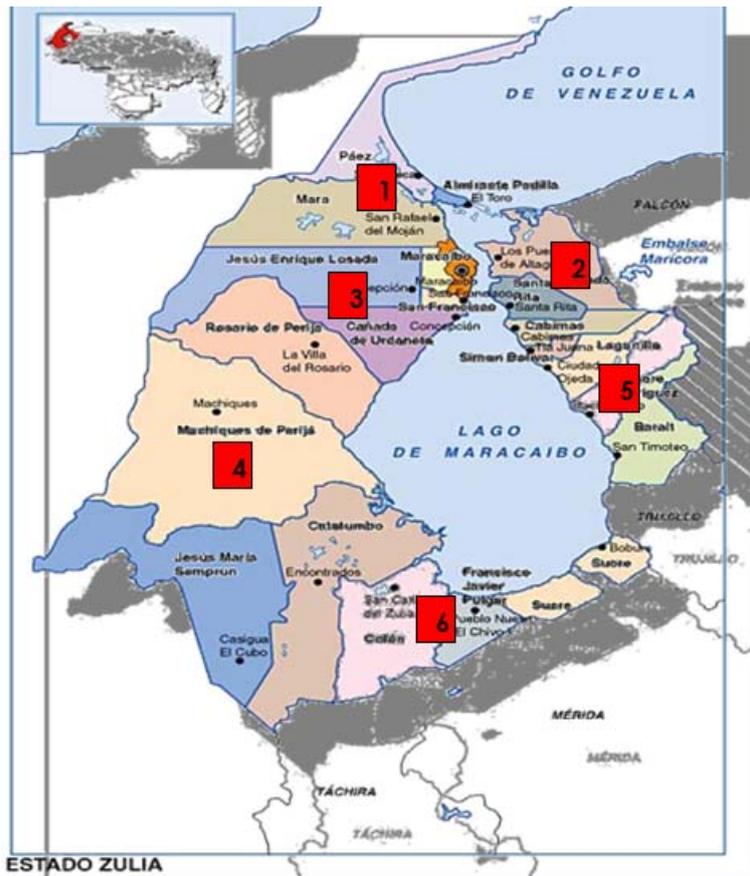


Figura 1. Ubicación de las zonas de estudio

Por último La zona 6 o sur del lago de Maracaibo, cuyos municipios Colon, Catatumbo, Francisco Javier Pulgar y Sucre, están caracterizados por los mejores suelos y abundantes precipitaciones bien distribuidas.

Los índices de eficiencia se han estimado aplicando el método no paramétrico (3SPM) descrito mas arriba, se ha optado por realizar una orientación al input, ya que acciones expansivas de este tipo de producciones carecen de sentido en el contexto edafo-climático de la zona de estudio y la orientación productiva considerada (leche y carne vacuna). Así, se opta por analizar la posibilidad de optimizar el empleo de recursos existentes, desde la perspectiva de una posible reducción en el uso de inputs por parte de las explotaciones que resulten ineficientes.

Aunque se va a aplicar el método 3SPM, se resuelve en primer lugar el método DEA, con el fin de estudiar los valores de los índices de eficiencia sin considerar ninguna variable de entorno. A estas eficiencias le llamamos iniciales (ISE) y luego se utilizan para calcular los incrementos sufridos por las mismas tras la resolución del método de tres etapas. Se resuelve el modelo en rendimientos constantes para calcular la eficiencia técnica (CRS) y en retornos variables (VRS) para calcular la eficiencia pura. La eficiencia en escala se calcula dividiendo la primera por la segunda.

Es interés de este estudio realizar, además, un análisis de segunda etapa, en el que se intenta relacionar los índices de eficiencia con otras variables que recogen características de las unidades de producción (Dios *et al*, 2006), con el objeto de encontrar patrones de comportamiento de las más eficientes, de donde se pueden derivar estrategias para la mejora de los niveles de eficiencia del conjunto de unidades de producción.

Se han considerado factores de eficiencia a todas aquellas características de los sistemas de producción de doble propósito que puedan tener relación con la utilización de los recursos en forma eficiente (Dios *et al*, 2002) entre ellas se tienen las siguientes.

1. Indicadores de manejo de pastizales: fertilización, 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.

Para las variables categóricas, se utilizaron pruebas de Kruskal y Wallis con el objeto de tratar de determinar la diferencia entre las medias por rangos. Para el análisis de todos los datos se utilizó el programa informático Frontier Análisis v.3, SPSS y FEAR para el análisis de outliers (Wilson, 2005)

3.- RESULTADOS

A continuación se realiza una descripción de las variables involucradas en el análisis. Se inicia con las variables del modelo para luego continuar con las mismas variables dividiendo la muestra total en las 6 zonas consideradas.

Como se puede observar en los datos de la Tabla nº 1, existe gran variabilidad tanto en los outputs como en los inputs, lo que muestra una gran diferencia entre empresas en cuanto a dimensión.

Esta gran variabilidad también expresa las diversas formas de manejo y la gran cantidad de combinaciones tecnológicas que los productores aplican en sus fincas (Urdeneta *et al*, 2004), en ese sentido se pueden observar particularmente las desviaciones estándar de los costos variables y fijos, las cuales superan a la media originando coeficientes de variación mayores al 100%. Este comportamiento es característico de la modalidad de producción del doble propósito ya que no son sistemas especializados, y asimismo, dependen de las condiciones agroecológicas y fundamentalmente de un buen manejo de pastizales aunado a una estratégica suplementación alimenticia animal para definir resultados adecuados en términos económicos. Existen referencias que apuntan a la dimensión de la empresa ganadera y a la infraestructura básica de producción como factores principales que determina la variabilidad estructural de las fincas de doble propósito (Páez y Jimenez, 2000).

Tabla nº 1.- Descriptivas de variables del modelo

	N	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desv. típ.
HA	311	21,00	875,50	63507,87	204,21	178,72
UA	311	9,50	1219,00	57785,20	185,80	181,42
UTH	311	0,97	34,07	2029,80	6,53	5,08
CV\$	311	17,90	60211,85	3321291,24	10679,39	11316,85
CF\$	311	4,97	27620,32	1174766,76	3777,39	4548,54
LECHE	311	6965,00	925500,00	43790266,00	140804,71	137767,03
CARNE	311	430,00	120445,00	4737195,00	15232,14	17229,09

En la tabla n° 2 se puede apreciar que las medias de las variables son bastantes distintas entre zonas, lo que supone un apoyo a la hipótesis de que las 6 zonas consideradas pueden adoptar diferentes tecnologías de producción, lo que supone que tienen diferentes fronteras de producción. Esta característica da pie a la aplicación de un método específico donde se corrija la eficiencia estimada del efecto entorno provocado por ella. Las variables que mas diferencias muestran entre zonas son los costos fijos, los costos variables y la producción tanto de leche como de carne.

Tabla n° 2.- Medias de las variables del modelo por zona

ZONA(n)	HA	UA	UTH	CV\$	CF\$	LECHE	CARNE
1 (26)	249,08	121,38	5,82	7.414,74	2.569,51	93.759,19	9.258,81
2 (35)	145,86	100,19	4,08	6.236,39	1.227,60	72.877,43	6.924,57
3 (64)	251,95	184,89	8,52	15.130,54	5.959,54	176.496,09	14.570,41
4 (44)	277,09	217,74	5,71	8.078,14	2.093,90	149.178,75	20.839,95
5 (45)	152,11	120,25	4,38	6.290,54	2.532,37	80.516,53	8.922,98
6 (97)	172,84	250,49	7,65	13.436,77	4.922,63	178.545,96	20.650,60
total	204,21	185,80	6,53	10.679,39	3.777,39	140.804,71	15.232,14

Si comparamos la proporción entre la cantidad media de leche producida y la de carne, encontramos ratios diferentes en las distintas zonas. Así la zona 2 es la que presenta mayor proporción (10,52), mientras que la zona 4, con un valor de 7,16 es la que mas carne produce en relación a la leche. Este ratio esta directamente relacionada con la orientación productiva de las explotaciones de las zonas consideradas.

Es muy interesante asimismo analizar los valores que toman las productividades parciales de los inputs y los índices de intensidad de forma comparativa entre las 6 zonas. Estos datos se presentan en la Tabla n° 3. Se aprecia claramente que la intensidad, expresada en producción de carne por ha y en UA por ha, es mayor en la zona 6 y la 4 que en las demás. Por otro lado, destacan las zonas 6 y 3 con un mayor ratio en producción de leche por ha. Así, es la zona 6 la que mayor intensidad presenta tanto en leche como en carne, diferenciándose claramente del resto de las zonas en esta característica.

Tabla n°3.- Descriptiva de índices de productividad parcial por zonas

ZONA	LTS/HA	LTS/VO-DIA	CARNE/HA	UA/HA
1	534,1	6,58	50,81	0,6
2	566,94	5,56	59,38	0,79
3	826,93	6,52	74,64	0,83
4	638,05	5,07	92,47	0,94
5	607,72	5,36	64,7	0,89
6	1193,26	5,85	134,84	1,57
Total	829,01	5,83	90,79	1,06

Existen referencias en ganadería de doble propósito que muestran que la mejor combinación de carga animal (UA/HA), (productividad horizontal), combinada con una buena productividad vertical

media expresada en LTS/VO-DIA, permite discriminar grupos de unidades de producción con mejores resultados económicos (Peña *et al*, 1998). En ganadería tropical a pastoreo, la utilización de animales mestizos ocasiona bajas productividades de leche por animal, pero la cantidad de animales por hectárea resuelve el problema de la ganancia. Esta mejor combinación se observa en la zona agroecológicamente mas privilegiada como la zona 6, seguida de la zona 4 ambas situadas en bosque húmedo y muy húmedo tropical. Sin embargo, los esfuerzos de manejo que realizan los productores de la zona 3, situada en bosque seco tropical, permiten obtener la segunda mejor producción de leche por hectárea con énfasis en la producción por vaca.

Análisis de eficiencia

Tal como se describe en el apartado de metodología, se resuelve en primer lugar el modelo DEA convencional, cuyo resultado para los tres índices de eficiencia inicial (ISE) se presentan en la tabla n° 4, estando en torno al 55,4 % el valor medio de la técnica, y con una eficiencia de escala del 84,56%.

Tabla n° 4.- Índices de eficiencia por zona para los datos sin corregir (modelos crs y vrs)

Zona	ISE-crs	Pvalor	ISE-vrs	Pvalor	ISE-esc.**	PVALOR
1	54,47	0,1689	65,06	0,2954	85,59	0,0001
2	53,96		74,12		75,64	
3	56,58		62,10		90,96	
4	52,15		64,09		82,07	
5	50,65		69,27		75,54	
6	58,22		66,50		88,61	
Total	55,14				66,39	

Del análisis estadístico de diferencia de medias resultan significativas las eficiencias de escala de los datos sin corregir para las 6 zonas, como se puede ver en los Pvalor de la tabla n° 4. Asimismo se aprecia que el índice medio de eficiencia técnica que toma un valor mas elevado es el que corresponde a la zona 6, mientras que la zona 5 presenta los menores valores medios tanto en eficiencia técnica como en escala.

En la tabla n° 5 podemos ver que solo el 16,08 % de las empresas operan en su tamaño óptimo, siendo mucho mayor la proporción de empresas que operan en retornos decrecientes (63,34 %), que la de las que operan en crecientes (20,58 %). Estos resultados coinciden con análisis de eficiencia previos (Urdaneta et al, 2009) y llama la atención la gran cantidad de empresas ganaderas que operan con retornos decrecientes. Este es un punto de gran importancia para la mejora de la eficiencia en ganadería tropical, ya que es evidente el sobredimensionamiento de los inputs en la mayoría de la Unidades de producción, lo que debe tomarse en cuenta seriamente en planes de extensión. Sin embargo, en este estudio se explorará este comportamiento luego de corregida la eficiencia por la variable de entorno.

Tabla n° 5- Tipos de rendimientos a escala para los datos sin corregir

Tipo de rendimientos	RTS	Frecuencia	Porcentaje
Decrecientes	-1	197	63,34
	0	50	16,08
Crecientes	1	64	20,58
Total		311	100,00

Efecto entorno (EE)

El efecto entorno evalúa si realmente había diferencia entre grupos debida al entorno. Se analiza la diferencia de medias de dicha variable entre las empresas correspondientes a las 6 zonas, obteniendo un resultado muy significativo como se puede observar en la tabla 6. Observamos también que las explotaciones de las zonas 4 y 6 tienen un efecto entorno mucho menor que las demás, lo que sugiere que las fronteras de estas zonas son superiores a las de las demás. Queda patente, según estos datos, que existe efecto entorno debido a la zona, en el conjunto de la muestra total analizada, y por tanto es idóneo el tratamiento aplicado para evitar errores en la asignación del nivel de eficiencia a las explotaciones estudiadas.

Tabla n° 6 Diferencias efecto entorno según zonas

ZONA	N	Media	Rango	Pvalor
1	26	28,49	232,77	0,0000
2	35	20,62	178,63	
3	64	21,60	186,99	
4	44	2,43	70,90	
5	45	28,40	221,54	
6	97	7,33	115,01	
Total	311	15,89		

La tabla n° 7 muestra la medias diferenciadas por zonas de los índices de eficiencia CRS, VRS y de escala una vez corregidos del efecto entorno (ICE). Si comparamos con los índices iniciales, los incrementos porcentuales, que podemos ver en la parte inferior de la tabla, muestran los cambios sufridos por los mismos, en el sentido de que las zonas 1, 2, 3 y 5 han aumentado considerablemente sus niveles de eficiencia técnica. El efecto entorno había provocado que se encontraran en inferioridad con respecto a las zonas 4 y 6, y ya ha quedado corregido. También se observan cambios en los otros dos índices llamando la atención la disminución del índice de eficiencia técnica pura para las zonas 2, 4 y 6 y el gran aumento producido en el de escala para las zonas 2 y 5.

El menor incremento en la eficiencia de escala de los datos corregidos de las zonas 3 y 4 con respecto al análisis con los datos originales demuestra el poco efecto del entorno. Se observa que la gran

mayoría de las unidades de producción en estas zonas presentan buenos niveles de eficiencia a escala, en ese sentido se hace necesaria una mayor especificidad en el análisis ya que las unidades de producción ubicadas en la zona 3 muestran buenos resultados de eficiencia a escala aun cuando su situación agroecológica no es la mas privilegiada, una mayor exploración de sus decisiones de manejo podría explicar este comportamiento.

Tabla n° 7 Diferencias en eficiencias

Indicador	zona	crs	Pvalor	Vrs	Pvalor	Sca	Pvalor
ICE	1	69,70	0,014	73,64	0,045	94,14	0,0000
	2	66,34		70,84		92,00	
	3	69,32		70,23		98,29	
	4	52,82		60,08		88,42	
	5	68,01		74,71		90,42	
	6	61,45		64,75		95,11	
IPE	1	29,84	0,0000	16,15	0,0000	14,38	0,0000
	2	22,80		-0,38		34,72	
	3	27,74		17,70		8,07	
	4	1,49		-6,26		9,84	
	5	35,91		11,36		29,51	
	6	6,10		-3,00		12,06	

Resultados de la eficiencia una vez eliminado el efecto del tamaño en la muestra estudiada.

El índice de eficiencia técnica alcanza un valor medio de 64,04 %, siendo el de eficiencia técnica pura de 68,08 %. La eficiencia media de escala es del 93,71 %. Estos valores, junto con el resto de medidas descriptivas se muestran en la tabla n° 8. Existe un 25,7 % de empresas eficientes desde el punto de vista técnico puro, y solo el 19,3 % de las empresas son totalmente eficientes técnicamente. Sin embargo, tras la aplicación del método encontramos un 34,4% de empresas que tienen tamaño óptimo.

Tabla n° 8 Descriptiva de las eficiencias corregidas por entorno

	Efficientes%	Mínimo	Media	Desv. Típ.	Media no eficientes
Eficiencia técnica	19,3	13,76	64,04	25,21	55,44
Eficiencia técnica pura	25,7	21,51	68,08	24,18	57,03
Eficiencia de escala	34,4	29,77	93,71	13,21	90,36

Al corregir el efecto entorno, aumenta la frecuencia de unidades de producción con rendimientos a escala constante y mucho mas las que están en retornos crecientes, sin embargo es preocupante el gran porcentaje de empresas agropecuarias que aun se encuentran funcionando con tipo de retornos a escala decreciente. (tabla n° 9)

Tabla n° 9. Tipo de retornos a escala para los datos corregidos por ZONA

RTS	Frecuencia	Porcentaje
-1	143	45,98
0	74	23,79
1	94	30,23
Total	311	100,00

La tabla 10, muestra la relación entre la zona y el tipo de rendimientos a escala, en ella se puede observar que a excepción de la zona 6, todas las zonas presentan la mayor cantidad de empresas operando a retornos decreciente, asimismo, las zonas 1, 4, 5, y 6 presentan sus segundos mayores valores en retornos constantes a excepción de la zona 3 cuyo segunda mayor cantidad de fincas se encuentran en retornos crecientes. La zona 6 presenta el 46% de sus unidades de producción en retornos crecientes.

El análisis de Chi-cuadrado arroja diferencias significativas para el estudio de la dependencia entre estos dos aspectos

Tabla n° 10. RTS (datos corregidos) * ZONA

RTS	ZONA						Total
	1	2	3	4	5	6	
-1	14	21	30	24	22	32	143
0	8	10	14	6	17	19	74
1	4	4	20	14	6	46	94
Total	26	35	64	44	45	97	311

Chi-cuadrado **

Probabilidad = 0,0002

Análisis de segunda etapa.

Por último se presentan los resultados correspondientes al estudio de relación entre los índices de eficiencia estimados y algunas variables que puedan explicar los niveles encontrados. A la vista de la Tabla n° 11 se confirma que la índices de eficiencia técnica esta correlacionada positivamente con los outputs, resultado lógico teniendo en cuenta que se calcula asumiendo retornos constante de escala y en este caso tienen ventaja la empresas de mayor dimensión. La correlación negativa de la eficiencia calculada en retornos variables con la tierra le da ventaja sin embargo a las empresas más pequeñas.

	HA	UA	UTH	CV\$	CF\$	LECHE	CARNE
ECE-CRS	-0,117*	0,008	0,012	0,093	-0,008	0,229*	0,207*
ECE-VRS	-0,212**	-0,113*	-0,108	-0,029	-0,098	0,103	0,083

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

En cuanto a la relación entre las eficiencias y los indicadores de productividad, la Tabla n° 12 nos muestra correlaciones significativas con todas las medidas calculadas como era de esperar. Así, las empresas con mayor número de animales por ha y mayor producción de leche y carne por ha, resultan ser las mas eficientes tanto en retornos constantes como en variables.

	UA/HA	LTS/HA	LTS/VO-DIA	KGS/HA
ICE-CCR	0,155**	0,406**	0,473**	0,334**
ICE-VCR	0,158**	0,358**	0,400**	0,300**

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

No hubo relación con los indicadores de manejo de pastizales, aun cuando la carga animal manifiesta una relación con la eficiencia corregida por zonas lo que implica que las variaciones en la capacidad de carga (cantidad de animales que pastorean por hectárea) se deben a la zona agroecológica y no al manejo diferencial que puedan estar llevando los productores en su finca, esto se corrobora también porque ningún indicador de manejo de pastizal tal como la fertilización, el control de plagas, la superficie regada o la superficie en rotación de potreros resultó relacionado con la eficiencia. Asimismo, tampoco se obtuvo correlación significativa con los indicadores de suplementación animal, el uso de alimento concentrado y otras fuentes alimenticias es muy variable y no surgió relacionado con la eficiencia.

4.- CONCLUSIONES

El presente trabajo presenta un análisis de eficiencia mediante técnicas frontera no paramétricas de los sistemas ganaderos de doble propósito en Venezuela. Estos sistemas son una modalidad de producción muy adaptada a los trópicos, que han contribuido de manera importante con el abastecimiento de leche y carne en estas zonas. Sin embargo, sus niveles de eficiencia cuestionables requieren del estudio de los factores que inciden en ella. En este sentido, se realiza esta investigación, con el objetivo de analizar la eficiencia técnica de dicha ganadería en la cuenca del lago de Maracaibo y estudiar posibles asociaciones que expliquen su comportamiento. La zona objeto de estudio tiene, sin embargo, la

característica de no ser homogénea en tecnología de producción, por estar constituida por seis diferentes territorios con distinto clima y sistema de producción.

Por este motivo, hemos considerado idóneo aplicar la metodología 3SPM donde se tiene en cuenta la presencia de una variable de entorno categórica que divide la muestra en 6 zonas distintas. La aplicación de dicho método ha permitido corregir el efecto entorno de la zona habiendo experimentado algunas zonas un incremento porcentual en eficiencia de hasta el 35 %. No obstante, tras la corrección del efecto entorno, se siguen manteniendo diferencias entre las medias de las eficiencias para las distintas zonas.

Con el análisis realizado se obtuvo que el 19,3 % de las unidades de producción operan con eficiencia técnica, un 34.4 % con eficiencia de escala y un 25.7 % con eficiencia técnica pura; en consecuencia existe un potencial de mejora importante en esta ganadería.

Estos resultados evidencian que las diferencias encontradas inicialmente en la eficiencia entre zonas de ubicación, eran realmente debidas a dos componentes: la propia productividad inherente a la zona y la eficiencia propiamente dicha, debida a la gestión de las empresas. Por otro lado, se concluye que la eficiencia no esta relacionada con las variables de manejo.

Por último, tras el análisis realizado, se concluye que las zonas 6 y 4 son las mas productivas y de hecho son las que han presentados fronteras claramente mas favorables que el resto de las zonas.

Se recomienda un registro más exhaustivo de las combinaciones tecnológicas aplicadas por los productores en sus unidades de producción para poder identificar factores de eficiencia.

5-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aigner D; C. Lovell and P.Schmidt. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of econometrics*. 6, p:21-37
- Alvarez, A. (1991). La medición de la eficiencia y la productividad. Ediciones Pirámide. Madrid pp 363
- Arzubi A. y J. Berbel. (2002). Determinación de eficiencia usando DEA en explotaciones lecheras en Argentina. *Investigaciones Agraria: Producción Animal*. Vol. 17. (1-2)
- Banker R; Charnes A. y W. Cooper. (1984). Some models for estimating technical and scales inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, nº 30. Pp. 1078-1092.
- Castillo, M. (2006). Eficiencia *técnica* de la producción de vacuno en la dehesa. *Revista Española de estudios agrosociales y pesqueros*. 212: 139 – 153
- Charnes A.; Cooper W. y E. Rhodes. (1978). Measurement the efficiency of decision making units. *European Journal of operational research*. 2,pp 429-444.
- Charnes A.; Cooper W. y E. Rhodes. (1981). Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through. *Management Science*, 27 (6), pp. 668-697.
- Coelli, T. (1996). A guide to DEAP versión 2.1. A data envelopment analysis (computer) program. CEPA Working papers, N6/08. University of New England, Armidale.
- Dios-Palomares R.; Martínez-Paz J. y F. Martínez-Carrasco. (2002) Análisis de eficiencia en el sector comercializador y manipulador hortícola de Almería. III Workshop de eficiencia y productividad. Oviedo.

- Dios-Palomares, R.; J.M. Martínez; F. Martínez-Carrasco (2004). "Variables de entorno en el análisis de eficiencia. Un método de tres etapas con variables categóricas" Working Paper E 2004 / 78. Fundación Centro de Estudios Andaluces. Sevilla.
- Dios-Palomares R.; Martínez J. y T. de Haro. (2006). Análisis de eficiencia de la industria oleícola en Andalucía. Un estudio semiparamétrico con metodología booststrap.
- Emrouznejad, A. (2001). An extensive bibliography of data envelopment analysis (DEA). Business School. University of Warwick, Coventry CV4 7AL. Volume I-V. England.
- Färe, R; Grosskopf S. and Lovell, C.A.K. 1985. The measurement of efficiency of production, Kluwer Nijhoff Publishing, Boston.
- Farrel, M. (1957). The Measurement of productive Efficiency. Journal of the Royal Statistical Society, A CXX, part 3, pp 253-290.
- Gamarra J. (2004). Eficiencia técnica relativa de la ganadería doble propósito en la Costa Caribe. Centro de estudios económicos regionales. N° 53. Cartagena, Colombia. 75p.
- González E.; Álvarez A. y C. Arias. (1996). Análisis no paramétrico de eficiencia en explotaciones lecheras. *Investigación Agraria*, Vol. 11, N° 1. Abril, 173-190
- Hernández, C. y Fuentes, R. (2003). Eficiencia y eficacia de los institutos de bachiller de la provincia de Alicante. *Revista de Estudios Regionales*. N°65, p:15 - 42
- Holmann, F.; Rivas, L.; Carullo, L.; Guzmán, M.; Martínez, B.; Medina A. y 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). Document de Trabajo # 193. Cali.
- Iráizoz, B. y M. Rapún (2001). Eficiencia técnica de la industria agroalimentaria de Navarra. Proyecto CICYT "Estructura productiva y política comercial de la Industria Agroalimentaria de Navarra". Navarra.
- Jaforullah M. y J. Whiteman (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
- Morillo F. y Urdaneta F. (1998). Sistemas de producción con bovinos para los trópicos americanos. En *Memorias de la conferencia Internacional sobre la ganadería en los trópicos*. Gainesville. Florida pp: 80-104.
- Ortega L; Ward R. and C. Andrew. (2007). Technical efficiency of the dual purpose cattle system in Venezuela. *Journal of agricultural and applied economics* 39(3) 719-733
- Páez L y Jiménez M. (2000) Caracterización estructural y tipologías de fincas de ganadería de doble propósito en la microrregión acequia-socopo del estado barinas. *Zootecnia Tropical.*, 18(2):177-196. 2000
- Pardo M. (2001) Medida de Eficiencia en la producción de leche: El caso de la provincia de Córdoba. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Departamento de Producción animal. Universidad de Córdoba.
- Peña M; Urdaneta F; Arteaga G; y A Casanova. (1997). Caracterización del recurso animal en sistemas de ganadería bovina de doble propósito. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*.14: 573-587

- Peña M.E., Urdaneta F. Arteaga G., Casanova A. 1998 Niveles gerenciales en sistemas de ganadería de doble propósito (*Taurus-Indicus*). II.- Análisis discriminante Rev. Fac. Cs. Veter. (LUZ). Vol. VIII, No.2
- Read L. and E. Thanassoulis. (2000). Improving the identification of returns to scale in data envelopment analysis. Journal of the Operational Research Society, Vol. 51, pp 102-110.
- Rhodes, E. (1978) Data envelopment analysis and related approaches for measuring the efficiency of decision making units with an application to program follow through in U.S public school education. PhD Thesis Carnegie-Mellon University, School of Urban and Public Affairs, Pittsburg
- Seré C., and L. de Vaccaro. (1985). Milk production from Dual –Purpose Systems in tropical latin america. Milk production in developing countries, edited by A.J. Smith, pp. 459-475. University of Edimburg, Scotland, UK, trowbridge: redwood Burn LTD.
- Sha CQ, M. and T. Rehman (2000). The extent of resource use in sciences in cotton production in Pakistan: an application of data envelopment analysis. Agricultural Economics, N° 22, pp 321-330
- Toledo J. (1994). Ganadería bajo pastoreo: parámetros de sostenibilidad. Simposio sobre ganadería y recursos naturales en América Central: Estrategias para la sostenibilidad. CATIE-AID. Costa Rica
- Urdaneta F., M. Materán, M. Peña y A. Casanova. (2004) Tipificación Tecnológica de Sistemas de Producción Ganaderos de Doble Propósito. (*Taurus-Indicus*). Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias, volumen XIV, N° 3.
- Urdaneta F., M.E. Peña, B. González, A. Casanova, J.A. Cañas, y R. Dios-Palomares. (2009) “Eficiencia técnica en fincas ganaderas de doble propósito de la cuenca del lago de Maracaibo, Venezuela”. IV Congreso de Eficiencia y Productividad. Efiuco. Córdoba
- Verde O. (1992). Mejoramiento genético de ganaderías doble propósito en el Trópico. En memorias del VII Congreso Venezolano de Zootecnia. Universidad de Oriente (UDO). Maturín Estado Monagas, <http://avpa.ula.ve/docuPDFs/viicongreso/ponencia5.pdf> revisado el 11 de marzo de 2009
- Wilson P. 2005. Fear 1.0: A software package for frontier efficiency analysis with R.