

# MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL SECTOR AVÍCOLA MEDIANTE ÍNDICES DE MALMQUIST

Chirinos González, Alira<sup>1</sup>  
Urdaneta, Mary<sup>2</sup>

Recibido: 11-04-2007

Revisado: 09-07-2007

Aceptado: 15-10-2007

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar la eficiencia del sector avícola en la fase de engorde de pollos. Esto se realizó mediante la aplicación de los modelos de análisis envolvente de datos (DEA) propuestos por Charnes *et al.* (1978) y Banker *et al.* (1984), el Índice de Malmquist (Caves; Christensen y Diewert, 1982) y su descomposición propuesta por Färe *et al.* (1994), Simar y Wilson (1998) y Zofio y Novell (1998). Se tomaron los datos correspondientes a dos períodos de cinco granjas asociadas a una de las integraciones avícolas más importantes del estado Zulia (Venezuela). Los resultados señalan que una de las granjas resalta por ser la más eficiente durante los dos períodos estudiados y que la mayoría de las granjas incrementaron su eficiencia de un período a otro, debido principalmente al acercamiento al nivel de escala óptimo de producción y al progreso tecnológico. La utilización de estas herramientas reveló su utilidad para la evaluación de la eficiencia en este sector, aún más útiles si se analizan las causas de las ineficiencias y se toman las medidas correctivas a tiempo.

**Palabras clave:** análisis envolvente de datos (DEA), Índice de Malmquist, eficiencia, productividad, avicultura, Zulia, Venezuela

## ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the efficiency of the poultry sector in the chicken fattening phase. This was carried out using the application of data envelopment analysis (DEA) proposed by Charnes *et al.* (1978) and Banker *et al.* (1984), the Malmquist Index (Caves; Christensen and Diewert, 1982) and their decomposition proposed by Färe *et al.* (1994), Simar and Wilson (1998) and Zofio and Novell (1998). The data corresponding to two periods of five associated farms to one of the most important Zulia State (Venezuela) integrated poultry farms were taken. The results pointed out that one of the farms stood out as the most efficient during the two periods studied and that the majority of the farms increased their efficiency from one period to another, due mainly to approaching the optimum production scale level and for the technological progress. The use of these tools reveals their use for evaluating the efficiency of this sector, still more useful if the causes of the inefficiencies are analyzed and the corrective measures are taken in time.

**Key Words:** data envelopment analysis (DEA), Malmquist Index, efficiency, productivity, poultry, Zulia, Venezuela

1 Licenciada en Contaduría Pública; M. Sc. en Gerencia de Empresas; Profesora de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad del Zulia, Escuela de Administración y Contaduría Pública, adscrita al Centro de Estudios de la Empresa; Participante del Doctorado en Administración de Empresas (Convenio Universidad Politécnica de Madrid- La Universidad del Zulia). **Dirección postal:** Av. Goajira, sector Ziruma, Ciudad Universitaria Dr. Antonio Borjas Romero, Núcleo Humanístico, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Centro de Estudios de la Empresa. Maracaibo, 4001. Estado Zulia, Venezuela. **Teléfono:** +58-261-7596556; **e-mail:** alirachirinos@gmail.com

2 Licenciada en Contaduría Pública; M. Sc. en Gerencia de Empresas; Profesora de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad del Zulia, Escuela de Administración y Contaduría Pública, adscrita al Centro de Estudios de la Empresa; Participante del Doctorado en Administración de Empresas (Convenio Universidad Politécnica de Madrid- La Universidad del Zulia). **Dirección postal:** Av. Goajira, sector Ziruma. Ciudad Universitaria Dr. Antonio Borjas Romero, Núcleo Humanístico, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Dirección de la Escuela de Administración y Contaduría Pública. Maracaibo, 4001. Estado Zulia, Venezuela. **Teléfono:** +58- 261-7596508; **e-mail:** maryjudta@cantv.net

## RÉSUMÉ

L'objectif de ce travail est d'analyser l'efficacité du secteur des volailles dans la phase de production inhérent à l'augmentation du poids. Pour ce faire, les auteurs ont employé les modèles d'analyse enveloppée de données (DEA) proposés par Charnes *et al.* (1978) et Banker *et al.* (1984); l'indice de Malmquist (Christensen et Diewert, 1982) et les méthodes de décomposition appartenant à Färe *et al.* (1994), Simar et Wilson (1998), et Zofio et Novell (1998). Les auteurs ont enregistré les données correspondant à deux périodes, dans cinq fermes de volailles associées à l'une des sociétés intégrées de volailles les plus importantes dans l'état de Zulia (Venezuela). Les résultats montrent que l'une des cinq fermes étudiées présente le plus haut niveau d'efficacité pendant les deux périodes à l'étude. Les autres fermes connaissent un accroissement de l'efficacité d'une période à l'autre, dû spécialement à l'optimisation de la production et au progrès technologique. Les méthodes sélectionnées ont résulté adéquates pour évaluer l'efficacité du secteur.

**Mots-clé :** analyse enveloppée de données (DEA), Indice de Malmquist, efficacité, productivité, volailles, Zulia, Venezuela

### 1. INTRODUCCIÓN

El sector avícola es uno de los sectores productivos más importantes de Venezuela. En él resulta de vital importancia la medición de la productividad, ya que debe hacer un uso eficiente de sus recursos, para así poder mantener unos costos que le permitan fijar los precios cumpliendo con las regulaciones establecidas por el gobierno nacional y obtener el nivel de rentabilidad esperado.

En este trabajo se pretende aplicar el modelo de análisis envolvente de datos (DEA) y el índice de Malmquist para la medición de la productividad del sector avícola, específicamente en la fase de engorde de pollos de una de las integraciones avícolas más importantes del estado Zulia (Venezuela).

En primer lugar se presentan los fundamentos teóricos de los modelos que se utilizan. Luego se hace un bosquejo de las características del sector avícola en Venezuela, en general y en el estado Zulia, en particular, para luego explicar la metodología aplicada. Por último se presentan los resultados obtenidos y las conclusiones sobre la aplicabilidad de estas herramientas para la medición de la productividad en el sector avícola.

### 2. EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD

Tal como plantea Álvarez (2001), la idea de comparar empresas según su comportamiento es de indudable interés para el análisis económico. En este sentido surgen conceptos como los de productividad y eficiencia, a los que recientemente se ha unido el de competitividad, por lo que es de fundamental importancia la definición de estos conceptos, destacando sus diferencias.

En tal sentido se define eficiencia como la facultad de producir la máxima cantidad de productos útiles con una cantidad de insumos dada (eficiencia centrada en el producto) o de producir, con el mínimo posible de insumos, una cantidad dada de productos útiles (eficiencia centrada en el insumo).

La eficiencia es uno de los determinantes de la productividad: mientras que la eficiencia se refiere a qué tan

bien se desempeña una unidad productiva con la tecnología existente, la productividad se refiere a la cantidad producida por insumo.

Según Álvarez (2001) la maximización del beneficio exige que una empresa tome correctamente las tres decisiones siguientes:

- Debe elegir la producción (*output*) que maximice el beneficio, de todos los niveles de producción posibles.
- Debe elegir la combinación de insumos (*inputs*) que minimiza el costo de producción, de entre todas las combinaciones de insumos que permiten obtener el producto anterior.
- La empresa debe producir el bien o servicio elegido con la cantidad mínima de insumos posible, lo que es lo mismo, optimizar el uso de los recursos.

En este sentido establece el autor tres tipos de eficiencia:

- Eficiencia de escala: cuando una empresa está produciendo en una escala de tamaño óptima, que es la que le permite maximizar el beneficio.
- Eficiencia asignativa: cuando la empresa combina los insumos en la proporción que minimiza el costo de producción.
- Eficiencia técnica: cuando la empresa obtiene el máximo de producción posible con la combinación de insumos empleada.

Por productividad se entiende el ratio entre productos generados e insumos utilizados por una unidad productiva (Sanin y Zimet, 2003). Por ende, la misma puede variar tanto por diferencias en la tecnología existente, recogida en la función de producción, como por diferencias en la eficiencia del proceso productivo o por diferencias en el entorno en que se produce.

Álvarez (2001) señala que estos términos son usados en el sentido de que es bueno para las empresas una mejora en cualquiera de ellos, lo que induce a que en ocasiones se usen de forma indistinta. Sin embargo, según este autor, eso es un error, ya que no sólo los conceptos hacen referencia a aspectos diferentes de la producción, sino que

no es cierto que siempre sea bueno un aumento de los mismos. No siempre una mejora en la eficiencia lleva asociada una mejora en la productividad y viceversa. La clave está en entender que fijando una de las variables (*input* o *output*) ambos conceptos son equivalentes, pero cuando ambos varían, la productividad se ve afectada necesariamente por un efecto tamaño que incorpora la ley de los rendimientos decrecientes; esto implica que mayores producciones, manteniendo la tecnología constante, sólo pueden alcanzarse a costa de una menor productividad.

3. MODELOS DE FRONTERA

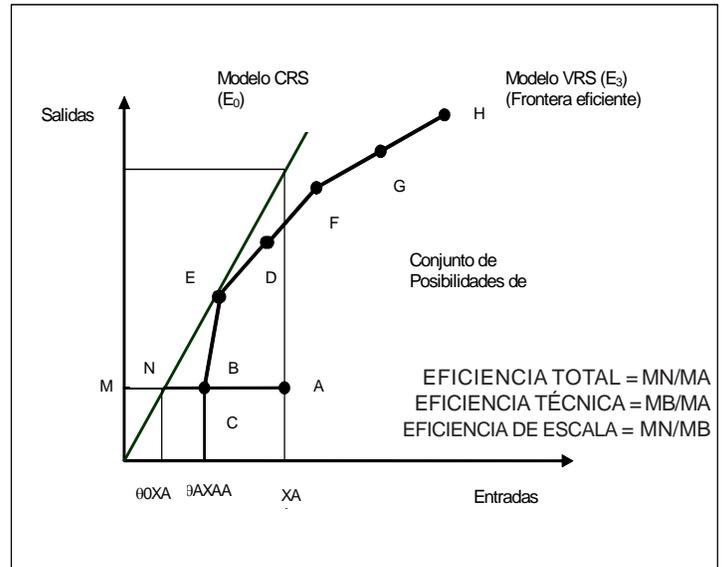
La metodología frontera parte de la existencia de una frontera que estará representada por una función que puede ser de producción, de beneficios o de costos y que se puede estimar a través de técnicas de carácter paramétrico o no paramétrico. Las primeras requieren la definición y la construcción de una forma funcional concreta de tipo Cobb-Douglas, elasticidad de sustitución constante (CÉS) o *translog*, mientras que en las segundas no se necesita explicitar ninguna función. Para ambos casos se interpretará como unidades eficientes aquellas que se localicen sobre la frontera de producción, de beneficios o de costes, e ineficientes las que se sitúen por debajo de la función de producción y de beneficios o por encima de la frontera de costes. La frontera de producción es aquella función que determina el producto máximo que se puede alcanzar dada una cierta combinación de recursos.

La medición de la eficiencia se basa principalmente en comparar la actuación real de una empresa con respecto a un óptimo, es decir, comparar lo que hace la empresa con lo que debería haber hecho para maximizar el beneficio. La técnica de frontera genera una superficie o frontera en un espacio que tiene como ejes a los recursos o factores productivos y a los productos y servicios que genera como ejes adicionales.

La técnica de frontera genera una superficie o frontera en un espacio que tiene como ejes los insumos y los productos, tal y como se muestra en la Figura 1. En el espacio de entrada y salida cada punto representa una empresa, la línea segmentada ilustra la frontera eficiente, generada por un modelo probando cada empresa en particular, en relación con su eficiencia. Cada vértice de la frontera es una empresa que destaca sobre el resto, el conjunto de posibilidades de producción; es decir, los puntos ubicados por debajo de ella representan el espacio en el cual es factible que se sitúen las empresas del ramo (Mercado *et al.*, 1998).

Las empresas situadas en la frontera tienen valores de eficiencia o productividad en el modelo de optimización iguales a 1 (100%). Sin embargo sólo se consideran eficientes, si las restricciones se satisfacen en el sentido es-

Figura 1  
Conjunto de posibilidades de producción y las diferentes eficiencias



Fuente: Mercado *et al.* (1998).

tricto de la igualdad.

Dentro de las ventajas más relevantes que tiene el modelo de frontera se encuentra la de requerir un mínimo de información, que en la práctica constituye una característica sobresaliente, al compararse con otros tipos de modelos. Aun así la cantidad de información que produce es valiosa y variada, proporcionando una imagen completa de la situación de la empresa. Entre la información que genera el modelo de frontera están: a) la eficiencia global; b) la eficiencia técnica; y, c) la eficiencia de escala.

La eficiencia global se determina a partir de la Figura 1, de la forma siguiente:

$$\text{Eficiencia global} = MN/MA$$

Con este cociente se comparan los insumos actuales, que está requiriendo la empresa «A», con aquella empresa generada por una frontera hipotética (línea que va desde el origen y es tangente al conjunto de posibilidades de producción y toca la frontera eficiente en el punto E) que asume que el conjunto de empresas labora en una economía de escala (Mercado *et al.*, 1998).

De esta manera el segmento MA mide los recursos que está consumiendo la empresa A y el segmento MN mide los insumos que consume la empresa N (hipotética), que genera la misma cantidad de salida que la empresa A.

La eficiencia técnica está dada por la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia técnica} = MB/MA$$

Esta eficiencia como se observa en la Figura 1, compara a la empresa A con aquella situada en la frontera eficiente (punto B). Así se observa la situación actual de la empresa, contra aquella que tendría si estuviera en la frontera eficiente minimizando los insumos que utiliza y trabajando en un ambiente en el cual admite deseconomías.

La eficiencia de escala se define por:

$$\text{Eficiencia de escala} = MN/MB$$

Este valor representa que tan alejada esta la frontera eficiente de aquella hipotética empresa formada por la línea ( $E_0$ ), laborando en una economía de escala constante.

De estas definiciones se observa que la eficiencia global ( $MN/MA$ ), es igual al producto de la eficiencia técnica:  $MB/MA$  y la eficiencia de escala:  $MN/MB$ .

$$\begin{aligned} \text{Eficiencia global} &= (\text{eficiencia técnica}) \times (\text{eficiencia de escala}) \\ &= (MB/MA) \times (MN/MB) = MN/MA \end{aligned}$$

Dado que las mediciones más utilizadas de eficiencia técnica se basan en la comparación entre producto óptimo y producto observado, es necesario estimar la frontera eficiente, para luego entonces poder medir la eficiencia técnica. Como se mencionó anteriormente, entre las técnicas de estimación de fronteras de eficiencia se encuentran distintas clases de metodologías, las cuales pueden ser clasificadas en paramétricas y no paramétricas. Las primeras se basan en el instrumental econométrico adaptado al problema en cuestión, mientras que las segundas se basan en técnicas de programación matemática. Las diferencias básicas entre ambos enfoques se concentran en el tratamiento del ruido aleatorio y la flexibilidad que otorgan a la curva de eficiencia.

Los enfoques paramétricos clásicos, en general se muestran insuficientes para la resolución del problema, estribando su principal debilidad en la necesidad de establecer una relación funcional específica que ligue las diferentes variables del modelo (las cuales tendrán que haber sido previamente clasificadas en «dependientes» e «independientes»). Un enfoque alternativo, que solventa en gran medida los inconvenientes planteados, se basa en los modelos de naturaleza no paramétrica, que utilizan técnicas de programación matemática para medir y evaluar la eficiencia de las unidades de decisión.

La aplicación de la metodología no paramétrica para la estimación de índices de eficiencia productiva sigue una estructura lógica en la que deben cumplirse tres pasos:

1° Describir mediante un conjunto de supuestos las propiedades tecnológicas de producción.

2° Definir el tipo de índice cuyo valor se desea estimar.

3° Construir un programa matemático capaz de calcular el índice definido en el paso 2°.

En el ámbito económico se hace referencia a la eficiencia como la relación entre un ingreso y un egreso; entre una entrada y una salida; entre un insumo y un producto. Farrell, en 1957, desarrolló el marco teórico básico para estudiar y medir la eficiencia, haciendo una propuesta real donde cada empresa o unidad productiva sea evaluada en relación con otras tomadas de un grupo representativo y homogéneo. De esta forma, la medida de la eficiencia será relativa y no absoluta, donde el valor logrado de eficiencia para una empresa determinada corresponde a una expresión de la desviación observada respecto a aquellas consideradas como eficientes.

Como el mejor comportamiento se desconoce, Farrell propuso considerar como referencia eficiente la mejor dentro del grupo de empresas seleccionadas al momento de efectuar un estudio, y calcular los índices de eficiencia de cada una por comparación con las que presentan un mejor comportamiento económico; obteniendo una medida de eficiencia de carácter relativo, producto de la muestra en estudio.

Se planteó una división a la eficiencia en: técnica y asignativa; la primera se refiere a la habilidad de la empresa o unidad productiva para obtener el máximo nivel de producción dado un conjunto de insumos o bien, a partir de un nivel dado de producto, obtenerlo con la menor combinación de insumos; la asignativa muestra la habilidad de la empresa o unidad productiva para usar los factores en proporciones óptimas, tomando en cuenta los precios, para poder obtener un nivel de producción con el menor costo posible, o para determinado nivel de costos, obtener la máxima cantidad de productos. Ambas medidas se combinan para obtener la eficiencia económica. Adicionalmente, Álvarez (2001) habla de la eficiencia de escala, refiriéndose a una empresa que está produciendo en una escala de tamaño óptimo, que es la que permite maximizar el beneficio.

Según Sanhueza (2003), la eficiencia productiva es la capacidad de la empresa para producir un producto a un costo mínimo; para lograrlo debe emplear sus entradas en forma eficiente (eficiencia técnica) y debe elegir la combinación de insumos correctamente, dado el precio relativo de éstos (eficiencia en la asignación). Se han desarrollado dos metodologías para medir la eficiencia, la econométrica y la de programación matemática.

La econométrica, especifica una forma funcional de una frontera, que indica la máxima producción para una combinación de factores dada; donde se pueden observar puntos por debajo de la frontera, que representan empresas o unidades de producción que producen por debajo del máximo posible, pero nunca por encima de ésta. Esta función permite la existencia de desviaciones de la frontera por razones distintas a la ineficiencia. La desventaja que presenta este método es la necesidad de una especificación funcional entre las entradas y las salidas, si la misma está correctamente definida, la probabilidad de que la frontera obtenida sea la eficiente, es bastante elevada.

La metodología de programación matemática, por ser una técnica no paramétrica, no impone una estructura determinada para la frontera y cualquier desviación de ella se considera como ineficiente. Se establece la formulación del modelo y la resolución calcula la frontera de producción como una envolvente a los datos (DEA).

### 3.1. ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)

La técnica DEA fue desarrollada inicialmente por Charnes, Cooper y Rodhes en 1978, para calcular el índice de eficiencia técnica, resolviendo un programa matemático de optimización. Puede ser considerada como una aplicación al caso de múltiples *outputs* del análisis tradicional de ratios propuesto por Farrell en 1957. En esta especificación se parte, para construir la frontera eficiente, de los supuestos de rendimientos constantes a escala, convexidad, así como libre disponibilidad de *inputs* y de *outputs*.

Posteriormente Banker, Charnes y Cooper (1984) desarrollaron un modelo (BCC), similar al anterior, pero eliminaron el supuesto de rendimientos constantes a escala. Construyeron así una frontera más flexible, que se adapta mejor a las distintas escalas de producción que las unidades de decisión pueden presentar. Unos años más tarde Banker y Morey (1986), además de incorporar el supuesto de rendimientos variables a escala, trataron la problemática de las variables no controlables. Estas fronteras se pueden definir en términos absolutos (cuando se construyen a partir de todas las observaciones que obedecen a una determinada tecnología) o de «mejor práctica» (cuando se construyen a partir de una muestra de observaciones que utilizan la misma tecnología). Esta última conceptualización de la frontera fue definida por Farrell.

El análisis de frontera permite comparar unidades de ejecución en una organización o sector, basado exclusivamente en las mediciones de entrada (insumos) a la unidad y en su desempeño medido en sus salidas (producto).

Cuando se tiene un insumo (entrada) para obtener un producto (salida), la eficiencia de la unidad de decisión (en lo sucesivo DMU, por sus siglas en inglés), está dada

por:

Donde: Y= Output; X= Input

En caso de que se utilice más de un insumo (entradas) para producir varios productos (salidas), se deben ponderar tanto las entradas como las salidas, obteniéndose la siguiente definición para la eficiencia del DMU:

$$Ef = \frac{a_i Y_i}{b_i X_i}$$

La frontera de eficiencia está conformada por aquellas DMU eficientes, es decir, está determinada por el número máximo de productos que se pueden fabricar utilizando diversas combinaciones de recursos, con los mínimos costos de producción. Después que se obtiene la función de producción, se compara cada unidad del conjunto de producción con la frontera, bajo el supuesto que las desviaciones existentes son comportamientos ineficientes de producción.

De acuerdo con las características del caso que se desea estudiar, se puede medir la eficiencia de un DMU: la orientada a la entrada cuando se minimiza la cantidad de insumos (recursos) utilizados para obtener el mejor nivel de producción; y, orientada a la salida, cuando se maximiza la cantidad de productos elaborados usando un nivel fijo de insumos.

Existen tres tipos de estimación disponibles cuando se utiliza un solo insumo y un solo producto, a saber: retornos constantes a escala, retornos no crecientes a escala y retornos variables a escala. De ellas debe resaltarse que la forma de estimación más exacta es la de retornos variables a escala.

A través del DEA se puede construir una frontera o un hiperplano de producción que permita medir la eficiencia relativa de un conjunto de unidades de decisión que producen similares productos a partir de un conjunto común de insumos. La eficiencia se puede medir en términos de insumos, donde la cantidad utilizada de insumos es la variable que se puede alterar, ya que el nivel del *output* es considerado como un valor dado; o bien en términos de producción, interpretándose como la cantidad máxima de producción que se alcanzaría a partir de un conjunto de insumos dado (Seijas, 2004).

La técnica DEA ofrece información muy completa e individualizada de las unidades de decisión analizadas y permite conocer aspectos de interés tanto de las empresas eficientes como de las ineficientes. Junto a esto, permite incorporar variables no discretionales, de naturaleza categórica o, incluso, añadir información procedente de

opiniones de expertos, para delimitar el conjunto de empresas eficientes.

De un modo general, se puede establecer que el DEA es una técnica encaminada a la evaluación de la eficiencia de una serie de elementos objeto de estudio habitualmente denominados DMU, siendo los elementos de juicio para dicha evaluación múltiples variables de entrada y de salida para cada una de las DMU consideradas. En contraste con los tradicionales métodos paramétricos, cuyo propósito es optimizar un ajuste de regresión a los referidos datos, el DEA realiza una optimización para cada observación individual, con el objetivo de calcular una frontera constituida por intervalos graduales y delimitados por un conjunto de DMUs eficientes.

En estas condiciones, el DEA produce una superficie de producción extrema de carácter empírico, la cual en términos económicos representa la que se muestra como la frontera de la mejor práctica productiva posible; es decir, la máxima salida empíricamente obtenible para cualquier DMU en la población observada, dado su nivel de entradas. Para cada DMU ineficiente (cualquiera que se encuentre bajo la frontera), el DEA identifica las fuentes y el nivel de ineficiencia para cada una de las salidas y de las entradas. El nivel de ineficiencia se determina por comparación respecto a una DMU de referencia o respecto a una combinación convexa de otras DMU de referencia situadas en la frontera eficiente, que utilicen el mismo nivel de entradas, y que produzcan el mismo o un mayor nivel de salidas.

El cuerpo conceptual y metodológico del DEA encuentra su implementación práctica en una serie de modelizaciones, que en función de sus diferentes concepciones, arrojan resultados que dan pie a una variedad de posibilidades interpretativas. A la hora de decantarse por un modelo concreto es preciso fundamentalmente, considerar dos cuestiones. Por un lado definir la caracterización geométrica de la frontera empírica que determinará la práctica de mayor eficiencia. Ésta frontera puede ser convexa o no, lo cual es equivalente a decir que el modelo seleccionado permita la consideración de retornos de escala variables (en el caso de frontera convexa) o constantes (en el caso de frontera no convexa). La otra cuestión objeto de consideración es si se debe orientar la formulación del modelo hacia la consecución de una maximización de las salidas, una minimización de las entradas o bien otorgar el mismo énfasis al conjunto de entradas-salidas (Portillo, 2004).

### 3.1.1. VENTAJAS DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)

La principal ventaja es que no está basado en el conocimiento de la función de producción, siendo un método

no paramétrico, permitiendo así modelos más ricos y no dependientes de los precios de los recursos y productos; además se pueden incorporar las economías de escala. Se puede utilizar en DMU que utiliza múltiples entradas para generar múltiples salidas, donde no se requiere que exista ninguna relación funcional entre ellas para hallar la función de fronteras; ésta se obtiene de información extraída de los datos.

Por otra parte está la posibilidad de estimar económicamente la función de producción, lo que ha permitido el desarrollo del concepto de frontera estocástica, que a su vez ha dado el nombre a la segunda metodología en el estudio de la eficiencia. Esta última tiene un carácter paramétrico, en cuanto a que se postula una forma funcional específica para explicar el comportamiento eficiente de las empresas. De allí que los índices de eficiencia así obtenidos tienen propiedades estadísticas, permitiendo plantear contrastes de hipótesis a los resultados.

### 3.1.2. DESVENTAJAS DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)

Dentro de sus desventajas destaca el que exija que las unidades analizadas sean homogéneas, para evitar que la ineficiencia de una DMU se deba a la no uniformidad en la escala de producción, ó en el uso de las entradas y las salidas. Es muy flexible a la hora de escoger las ponderaciones, lo cual da origen a la posibilidad que una ponderación cuya variable sea trascendental para la DMU no sea considerada. Además, cualquier alejamiento de la frontera de eficiencia de alguna asignación de recursos y productos se supone que es por la ineficiencia de la DMU, mas no por perturbaciones aleatorias.

### 3.2. ÍNDICE DE MALMQUIST

Otra de las técnicas utilizadas para la evaluación de la productividad está basada en los índices de productividad de Malmquist introducidos por Caves, Christensen y Diewert en el año 1982. «El análisis de rendimiento descansa en el concepto de función de distancia, que por su capacidad para caracterizar la tecnología de producción, se está convirtiendo en la actualidad en la piedra angular del análisis de eficiencia y productividad en las actividades» (Álvarez, 2001: 167).

La formulación del modelo se realiza a través del concepto de función de distancias y su aplicación para definir índices de productividad. La instrumentación empírica exige caracterizar la tecnología empleando la técnica de optimización, habiéndose elegido el procedimiento conocido como análisis envolvente de datos (DEA). Éste permite realizar análisis de procesos con múltiples productos y factores, agregando tales variables a través de ponderaciones virtuales, que se derivan de la resolución de pro-

gramas matemáticos de optimización.

La productividad de una empresa puede medirse por la relación entre el producto obtenido y el consumo de recursos realizado. En el caso de que exista un único insumo y un único producto relevante, el índice de productividad puede calcularse utilizando únicamente datos de cantidades como el cociente  $y_i^t / x_i^t$ , donde  $y_i^t$  representa la cantidad de producción producida por la empresa  $i$  en el periodo  $t$  y  $x_i^t$  la cantidad de factores consumidos por la misma empresa en dicho período.

Para medir los cambios en la productividad entre diversos períodos existen varios índices, entre los cuales es posible encontrar a las distintas versiones del Índice de Malmquist. En este trabajo se utiliza el índice de productividad de Malmquist generalizado presentado en 1999 por Knox Lovell y Grifell-Tatjé, que describe mejor la realidad que los índices utilizados debido a que permite observar por separado cada componente del cambio en la productividad y por incluir los cambios en la escala.

El problema del cálculo de índices de productividad surge cuando la tecnología de producción es multidimensional, en el sentido de utilizar un vector de *inputs* para obtener un vector de *outputs*. En ese caso es necesario utilizar algún criterio de agregación, de manera que el índice se definiría como  $g^t(\mathbf{y}^t) / h^t(\mathbf{x}^t)$ , donde  $g^t(\mathbf{y}^t) = \mathbf{u}^t \mathbf{y}^t$  es una función agregada de producción en la que  $\mathbf{u}^t$  es el vector de ponderaciones y  $h^t(\mathbf{x}^t) = \mathbf{v}^t \mathbf{x}^t$  es una función agregada de insumos en la que  $\mathbf{v}^t$  es el vector de ponderaciones. Una posibilidad es utilizar los precios de los insumos y los precios de los productos como ponderaciones en las funciones agregadas, con el fin de obtener el índice de productividad. La ventaja de calcular el Índice de Malmquist es que, al utilizar funciones de distancia para la agregación de insumos y producción, permite calcular las variaciones en la productividad de la empresa multiproducto utilizando únicamente datos sobre cantidades de insumos y producción (*i.e.*, el simple cálculo de las funciones de distancia genera implícitamente las ponderaciones adecuadas). Ahora bien, dado que las funciones de distancia se obtienen comparando la actividad de la empresa con un referente que se considera óptimo (*benchmark*), se debe definir un índice de productividad relativo como el cociente entre el índice de productividad absoluto de la empresa (anteriormente definido) y el índice de productividad óptimo (de la empresa tomada como referencia). Este índice de productividad relativa (PR) se puede definir como:

$$PR_i^t = \frac{g^t(y_i^t) / h^t(x_i^t)}{g^t(y_*^t) / h^t(x_*^t)}$$

donde el símbolo \* representa a la empresa que alcanza un mayor cociente de productividad absoluta. Nótese que

el índice de productividad relativa de esta empresa debe tomar el valor 1, de manera que para el resto de las empresas el índice toma valores inferiores a la unidad. Utilizando funciones de distancia es posible calcular el índice PR, bajo la condición de realizar ciertos supuestos axiomáticos sobre la tecnología rendimientos constantes a escala (homogeneidad de primer grado) y separabilidad de insumos y producción. La función de distancia en insumos se define con respecto a dicha tecnología como:

$$DC_i^t(x_i^t, y_i^t) = \min\{ \theta : (x_i^t \theta, y_i^t) \in T^t_{ccr} \}$$

donde  $T^t_{CCR}$  representa la tecnología CCR que satisface los supuestos formulados en el trabajo de Charnes, Cooper y Rhodes (1978), el conjunto de procesos productivos que se consideran factibles bajo dichos supuestos (rendimientos constantes a escala, eliminación gratuita de insumos y producción). La función de distancia indica la proporción a la que pueden reducirse todos los *inputs* para obtener la misma productividad que la empresa más productiva, siendo por tanto una medida de productividad relativa. Esta función puede calcularse resolviendo el siguiente programa matemático:

$$1 / DC_i^t(x_i^t, y_i^t) = \max \frac{u^t y_i^t}{v^t y_j^t}$$

*s.a.*

$$\frac{u^t y_j^t}{v^t y_j^t} \leq 1$$

$$u^t, v^t \geq 0; j \in J$$

donde  $J$  representa el conjunto de empresas que se utilizan para construir empíricamente la tecnología de referencia (designadas genéricamente con el subíndice  $j$ , para diferenciarlas de la unidad evaluada  $i$ ). El programa encuentra las ponderaciones que hacen máxima la productividad relativa de la empresa  $i$  evaluando la función objetivo la distancia que separa en términos de productividad a dicha empresa de la más productiva aquella que obtendría un valor 1 en la función objetivo. De este modo:

$$PR_i^t = DC_i^t(X_i^t, Y_i^t)$$

Las funciones de distancia pueden definirse con orientación a insumos o con orientación a producción. A la hora de realizar la aplicación empírica se optó por utilizar una aproximación orientada al insumo. Por este motivo, se expone la metodología asumiendo esta orientación, si bien podrían definirse análogamente las funciones dis-

tancia e índices Malmquist correspondientes orientados a la producción.

El índice de Malmquist introducido por Caves *et al.* (1982) mide la variación acontecida en la productividad relativa de una empresa entre dos períodos, manteniendo fija la tecnología de referencia; es decir, la empresa que se utiliza como referencia óptima:

$$M^t_{CCD} = \frac{DC^t_i(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{DC^t_i(x_i^t, y_i^t)}$$

Nótese que lo único que cambia en la definición de la función de distancia del numerador es el vector de actividad de la unidad evaluada, puesto que el referente tecnológico sigue construyéndose a partir de los datos observados en el periodo  $t$ . El mismo efecto podría medirse utilizando la tecnología del periodo  $t+1$  como referencia.

$$M^{t+1}_{CCD} = \frac{DC^{t+1}_i(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{DC^{t+1}_i(x_i^t, y_i^t)}$$

Con el fin de evitar caer en la arbitrariedad de optar por mantener el periodo de referencia en  $t$  o en  $t+1$ , es habitual tomar la media geométrica de los dos índices anteriormente expresados.

$$M_{ccd}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1}, x_i^t, y_i^t) = \left[ \frac{DC^t_i(x_i^{t+1}, y_i^{t+1}) DC^{t+1}_i(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{DC^t_i(x_i^t, y_i^t) DC^{t+1}_i(x_i^t, y_i^t)} \right]^{1/2}$$

En el caso de que  $M_{CCD}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1}, x_i^t, y_i^t) > 1$ , ese incremento en la productividad relativa de la empresa puede deberse a varias causas. En primer lugar es posible que la empresa haya mejorado de hecho su eficiencia relativa, la empresa ha mejorado más que la empresa óptima. En segundo lugar, es posible que la tecnología disponible haya mejorado, pero se debe recordar que se ha mantenido fijo el referente tecnológico. Färe, Groskopf, Norris y Zhang (1994) propusieron una descomposición del índice que permite separar ambas fuentes de variación en la productividad:

$$M_{ccd}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1}, x_i^t, y_i^t) = \frac{DC^{t+1}_i(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{DC^{t+1}_i(x_i^t, y_i^t)} \left[ \frac{DC^t_i(x_i^{t+1}, y_i^{t+1}) DC^{t+1}_i(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{DC^t_i(x_i^t, y_i^t) DC^{t+1}_i(x_i^t, y_i^t)} \right]^{1/2}$$

$$M_{ccd}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1}, x_i^t, y_i^t) = \text{cambio en la eficiencia} * [\text{cambio técnico}] = \Delta EF_i^{t,t+1} * \Delta T_{CCR,i}^{t,t+1}$$

El primer cociente de la expresión refleja el cambio que se ha producido en la eficiencia relativa de la empresa, variación en la distancia que la separa de su frontera contemporánea; mientras que el segundo término (entre

corchetes) refleja el cambio en la productividad que puede atribuirse al movimiento de la frontera CCR de la empresa de comparación entre los periodos  $t$  y  $t+1$ . Nótese que, aunque este último componente se refiere al cambio técnico, aparece con el indicador de la empresa  $i$ , puesto que para su cálculo se parte de los vectores de actividad de dicha empresa. Por tanto, el índice de cambio técnico mide el desplazamiento de la frontera al nivel de *output* producido por la empresa evaluada definiéndose como una media geométrica con el fin de evitar decidir el nivel de actividad de referencia.

El índice de cambio en la eficiencia puede ser a su vez descompuesto en un índice de cambio en la eficiencia pura calculado con respecto a la tecnología con rendimientos variables y un índice residual de cambio en eficiencia de escala. Siendo,

$$DV_i^t(x_i^t, y_i^t) = \min \{ \theta : (x_i^t \theta, y_i^t) \in T^t_{ccr} \}$$

la función de distancia definida con respecto a la tecnología  $T^t$  BCC, que corresponde con los supuestos formulados en Banker, Charnes y Cooper (1984). Al abandonar el supuesto de rendimientos constantes, es posible construir un índice de eficiencia de escala comparando las dos funciones de distancia definidas anteriormente,

$$EE_i^t(x_i^t, y_i^t) = \frac{DC^t_i(x_i^t, y_i^t)}{DV_i^t(x_i^t, y_i^t)}$$

y, por tanto,

$$\Delta EF_i^{t,t+1} = \frac{DC^{t+1}_i(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{DC^t_i(x_i^t, y_i^t)} = \frac{DV_i^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{DV_i^t(x_i^t, y_i^t)} \frac{EE_i^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{EE_i^t(x_i^t, y_i^t)} = \Delta EP_i^{t,t+1} * \Delta EE_i^{t,t+1}$$

con lo que el Índice de Malmquist queda descompuesto en tres índices que miden la variación en la eficiencia pura (relativa a la frontera con rendimientos variables), en la eficiencia de escala (posición relativa del referente en la frontera con rendimientos variables con respecto al óptimo en la frontera con rendimientos constantes) y un índice de cambio técnico (que refleja el desplazamiento de la frontera de rendimientos constantes).

Es posible mejorar la descomposición de Färe *et al.* (1994) separando dos componentes del índice de cambio técnico. Ray y Desli (1997) propusieron calcular el índice de cambio técnico utilizando como referencia la tecnología de rendimientos variables. La diferencia entre los índices de cambio técnico de Färe *et al.* (1994) y de Ray y Desli (1997) puede recogerse en un índice residual de cambio de escala (en qué medida la posición del referente sobre la nueva frontera con rendimientos variables se acerca más al tamaño óptimo reflejado en la frontera con rendimientos

constantes), como sugieren Simar y Wilson (1998) y Zofío y Lovell (1998),

$$M_{CCB}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1}, x_i^t, y_i^t) = \frac{DC_i^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{DC_i^t(x_i^t, y_i^t)} \left[ \frac{DC_i^t(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{DC_i^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})} \frac{DC_i^t(x_i^t, y_i^t)}{DC_i^{t+1}(x_i^t, y_i^t)} \right]^{1/2} = \frac{DV_i^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{DV_i^t(x_i^t, y_i^t)} \frac{EE_i^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{EE_i^t(x_i^t, y_i^t)} \left[ \frac{DV_i^t(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{DV_i^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})} \frac{DV_i^t(x_i^t, y_i^t)}{DV_i^{t+1}(x_i^t, y_i^t)} \right]^{1/2} * \left[ \frac{EE_i^t(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{EE_i^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})} \frac{EE_i^t(x_i^t, y_i^t)}{EE_i^{t+1}(x_i^t, y_i^t)} \right]^{1/2} = \Delta EP_i^{t,t+1} * \Delta EE_i^{t,t+1} * \Delta T_{BCC,i}^{t,t+1} * \Delta E_i^{t,t+1}$$

donde el término de cambio técnico original entre corchetes ha sido descompuesto en el cambio técnico de la frontera BCC  $\Delta T_{CCB,i}^{t,t+1}$  y el cambio residual en la escala del referente sobre la frontera BCC  $\Delta E_i^{t,t+1}$ , siendo  $\Delta T_{CCR,i}^{t,t+1} \Delta T_{BCC,i}^{t,t+1} \times \Delta E_i^{t,t+1}$ .

4. EL SECTOR AVÍCOLA EN EL ESTADO ZULIA

La cadena productiva del sector avícola venezolano, tal como se muestra en la Figura 2, comprende una serie de etapas que van desde la reproducción de abuelas, pasando por la incubación, engorde, fabricación de alimento, bene-

ficio de aves y procesado, hasta llegar a la carne de pollo, en sus diferentes presentaciones y los huevos de consumo; que constituyen los productos finales de la cadena.

La cadena productiva del sector está conformada por dos líneas de producción: la de pollo beneficiado y la de huevos de consumo. En ambos casos el proceso se inicia en las granjas de progenitoras, comúnmente conocidas en el medio como granjas de los abuelos, donde se crían las gallinas con la genética adecuada, que son las madres de las reproductoras.

Una segunda etapa de la cadena está constituida por la cría de dichas reproductoras, que son las que producen los huevos fértiles. Posteriormente, los huevos que se obtienen de esta etapa se transfieren a las incubadoras, donde son sometidos a un proceso de incubación durante un período de veintidós días, hasta que nacen los pollitos bebé.

Las pollitas comerciales (destinadas a la producción de huevos de consumo), son distribuidas a las granjas de levante, también llamadas de cría y recría, donde permanecen por un período determinado hasta que están aptas para pasar a la etapa de postura, la cual se realiza en granjas separadas.

Los pollitos bebé son distribuidos a las granjas, donde se inician en el proceso natural de crecimiento y engorde, durante un período de seis semanas.

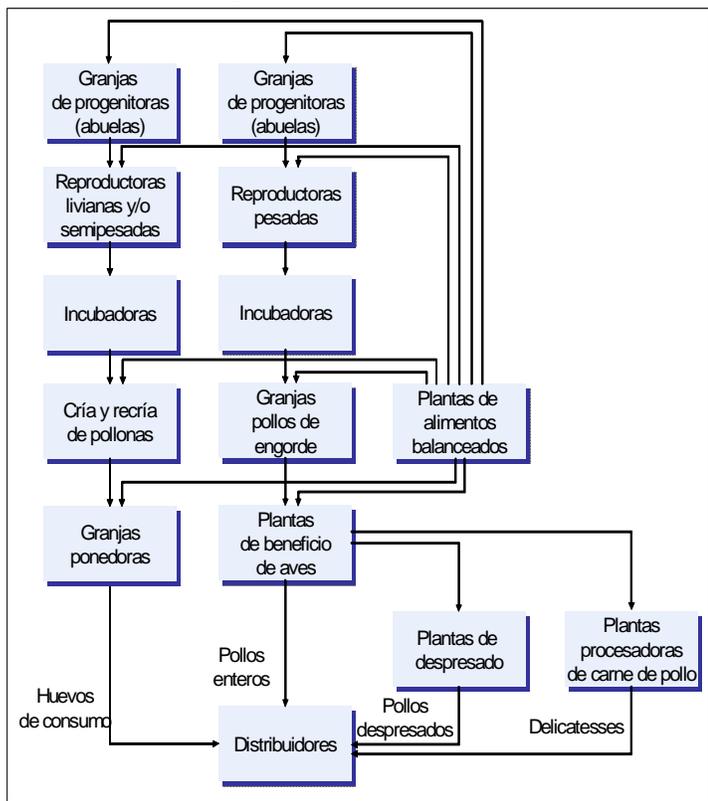
El alimento requerido para esta fase de engorde de los pollos, para la cría y recría de las reproductoras tanto de huevos fértiles como de huevos de consumo y para las ponedoras, en sus diferentes fases de desarrollo, es elaborado por las plantas de alimentos balanceados.

Los pollos vivos, una vez terminada la fase de engorde, son trasladados en jaulas apiladas en camiones hasta las plantas de beneficio, conocidos como mataderos, donde existen las líneas de matanzas en las cuales se procede al beneficio, eviscerado y empaquetado de las aves.

Una parte de las aves beneficiadas es destinada a la venta y distribuida por medio de mayoristas, vendedores al detal o directamente a los consumidores. Otra parte es utilizada por las empresas que transforman la carne de pollo para la producción de diferentes tipos de *delicatessen*. Y la otra parte es despresada, en la misma planta o en otras plantas dedicadas especialmente a esa actividad, para ser vendidas por piezas.

El sector avícola venezolano está compuesto mayormente, por empresas que concentran varias de estas etapas, conformando grandes complejos agroindustriales. Al respecto, Procompetencia (2003) señala: «En Venezuela, la producción avícola se realiza generalmente mediante sistemas de producción integrados que responden a un modelo de integración vertical de los procesos. El grado de integración es variable entre empresas según las etapas

Figura 2 Cadena productiva del sector avícola



Fuente: Chirinos (2005).

de producción que controlan directamente».

En Venezuela, según Procompetencia (2003), sólo las grandes agroindustrias (que en la actualidad representan sólo cuatro empresas: La Caridad, Protinal, Procría y Souto), han podido conformar complejos que integran en toda su magnitud los diferentes aspectos de la industria avícola. Es decir, sólo estas cuatro empresas se encuentran plenamente integradas. El resto de las empresas, en su mayoría, son cuasi-integraciones o integraciones parciales.

Sólo un pequeño porcentaje de granjeros independientes que se dedican a la cría de pollos de engorde operan de forma no integrada, dependiendo por completo de sus proveedores y distribuidores. Esta dependencia existe tanto para la adquisición de los pollitos bebé y de todos los insumos necesarios como para la posterior venta de los pollos vivos.

Las empresas avícolas que actualmente operan en el estado Zulia son ocho: Alimentos La Caridad, Avícola de Occidente, Avícola La Rosita, Criazuca, Proave, Pimpollo, Agronivar y Protinal. Todas estas empresas funcionan como integraciones, abarcando varias de las etapas de la cadena productiva del sector.

La etapa de engorde es una de las principales fases de la cadena productiva, porque la productividad de la integración como un todo depende fundamentalmente de los resultados que se obtengan de ella. En esta fase cada una de las integraciones avícolas cuentan con varias granjas, las cuales operan bajo diferentes modalidades; algunas son propias, alquiladas y asociadas: la primera son granjas propias, en las cuales todos los factores productivos son propios de la integración; la segunda es el alquiler de granjas, donde la integración paga un canon de arrendamiento por las instalaciones de la granja. Este canon es fijo, sin importar el nivel de producción que tenga, en tanto que la mano de obra y todos los insumos requeridos son proporcionados por la integración.

La tercera modalidad corresponde a las granjas integradas o asociadas, donde la integración proporciona al granjero todos los insumos y la asistencia técnica. En ellas se establece en un contrato por el cual toda la producción resultante del lote será para la integración y que se descontarán del pago correspondiente todos los costos relacionados con los insumos que se hayan proporcionado durante el período.

Las integraciones deben tener especial cuidado en la selección y evaluación de las granjas que operan bajo esta última modalidad. La razón es que en algunos casos al finalizar el lote de producción, si no se han seguido adecuadamente las normas de manejo e higiene requeridas por los pollos de engorde, los granjeros obtienen pérdidas y la integración no puede recuperar toda la inversión que realizó.

La medición de la productividad de estas granjas comúnmente se realiza tomando algunos parámetros como la mortalidad (porcentaje de pollos muertos) o la conver-

sión (kilo de pollo producido por kilo de alimento suministrado), usado también como medida de eficiencia de las granjas.

En este sector es posible utilizar los modelos DEA y los Índices de Malmquist para medir la eficiencia de las granjas de engorde, especialmente de las que operan bajo la modalidad de asociadas o integradas. Este procedimiento permite establecer una comparación entre ellas mismas y permite seleccionar las granjas más eficientes o tomar las medidas correctivas para mejorar la eficiencias de las granjas que así lo ameriten.

## 5. METODOLOGÍA

Para este trabajo se tomaron como muestra cinco (5) granjas asociadas a una de las integraciones avícolas más representativas del estado Zulia, tomando como producción los kilogramos de pollos producidos y como insumos los kilogramos de alimento consumidos, por ser este el insumo principal y más costoso utilizado en la fase de engorde.

Como se observa en el Cuadro 1, se analizaron dos períodos; éstos corresponden a dos lotes de producción. Cabe resaltar que en el caso de los pollos de engorde, el ciclo de cada lote dura entre 40 y 44 días.

Cuadro 1

Datos para la medición de la productividad					
DMU	Granja	Período T <sub>0</sub>		Período T <sub>1</sub>	
		Inputs	Outputs	Inputs	Outputs
1	La Providencia	68.650	34.080	64.150	33.390
2	El Bienestar	35.200	17.580	33.270	17.600
3	La Paz	52.260	27.750	57.060	28.170
4	La Virtud	64.260	34.320	79.670	43.180
5	El Porvenir	145.650	68.930	132.040	71.008

Fuente: datos suministrados por una de las integraciones avícolas del estado Zulia.

Con la finalidad de calcular el índice de productividad de Malmquist, se determinaron en primer lugar los índices de eficiencia (*score*) de cada una de las granjas analizadas para los períodos estudiados (T<sub>0</sub> y T<sub>1</sub>), mediante el análisis envolvente de datos (DEA). Se utilizó una orientación a la entrada (minimización de *inputs*) y se analizaron los modelos de rendimientos constantes a escala (CRS, por sus siglas en inglés) propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) y de rendimientos variables a escala (VRS, por sus siglas en inglés) propuesto por Banker, Charnes y Cooper (1984). La aplicación de estos modelos se realizó mediante el software EMS (*Efficiency Measurement System*).

Tomando como base las distancias de cada uno de los períodos con respecto a la frontera de rendimientos constantes y rendimientos variables a escala, calculadas mediante el EMS, se determinó el Índice de Malmquist según fórmula original y posteriormente se realizó la

descomposición de este índice en los índices de eficiencia técnica y eficiencia relativa y este a su vez en eficiencia pura y eficiencia de escala, según lo propuesto por Färe *et al.*, (1994).

**6. MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA EN LAS GRANJAS DE ENGORDE**

En el Cuadro 2 se muestra la eficiencia de cada una de las granjas en los dos períodos ( $T_0$  y  $T_1$ ), tomando como referencia el primer período ( $T_0$ ). Se puede observar que en  $T_0$  sólo la DMU 4 se encuentra en la frontera eficiente con rendimientos constantes a escala, la cual sirve de referencia (*benchmark*) para determinar la eficiencia relativa del resto de las DMU. En el período  $T_0$  la DMU más ineficiente en el uso de sus insumos, aún cuando tiene una mayor producción que el resto, es la DMU 5. Esta granja debería utilizar el 88,61% de sus insumos manteniendo su nivel de producción actual, equivalente al 201% de la producción de la DMU 4.

**Cuadro 2**

Indices de eficiencia con rendimientos constantes a escala (Período de referencia $T_0$ )					
DMU	Granja	DC <sub>0</sub> (x <sub>0</sub> ,y <sub>0</sub> )		DC <sub>0</sub> (x <sub>1</sub> ,y <sub>1</sub> )	
		Score	Benchmarks	Score	Benchmarks
1	La Providencia	92,95%	DMU 4 (0,99)	97,46%	DMU 4 (0,97)
2	El Bienestar	93,51%	DMU 4 (0,51)	99,05%	DMU 4 (0,51)
3	La Paz	99,42%	DMU 4 (0,81)	92,44%	DMU 4 (0,82)
4	La Virtud	100,00%	4	100,00%	0
5	El Porvenir	88,61%	DMU 4 (2,01)	100,00%	0

Fuente: elaboración propia.

En el período  $T_1$  con respecto al tiempo  $T_0$ , la granja menos eficiente es La Paz, que debería reducir sus insumos hasta un 92,44%; y las granjas más eficientes fueron La Virtud y El Porvenir.

**Cuadro 3**

Indices de eficiencia con rendimientos constantes a escala (Período de referencia $T_1$ )					
DMU	Granja	DC <sub>1</sub> (x <sub>0</sub> ,y <sub>0</sub> )		DC <sub>1</sub> (x <sub>1</sub> ,y <sub>1</sub> )	
		Score	Benchmarks	Score	Benchmarks
1	La Providencia	91,59%	DMU 4 (0,79)	96,04%	DMU 4 (0,77)
2	El Bienestar	92,15%	DMU 4 (0,41)	97,60%	DMU 4 (0,41)
3	La Paz	97,97%	DMU 4 (0,64)	91,09%	DMU 4 (0,65)
4	La Virtud	98,54%	DMU 4 (0,79)	100,00%	4
5	El Porvenir	87,32%	DMU 4 (1,60)	99,22%	DMU 4 (1,64)

Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 3 se observa que al utilizar como referencia el período  $T_1$ , con rendimientos constantes a escala, ninguna de las granjas en  $T_0$  se considera eficiente, ya que todos los índices de eficiencia son menores a 100. Allí se observa que El Porvenir es la granja más ineficiente,

la cual debe reducir sus insumos en un 12,68% (*i.e.*, 100% - 87,32%), para alcanzar el nivel de eficiencia de la granja más eficiente en el período  $T_1$ . En el período  $T_1$  la granja más eficiente, que sirve de benchmark al resto de las granjas, es La Virtud, mientras que la más ineficiente es La Paz.

**Cuadro 4**

Indices de eficiencia con rendimientos variables a escala					
DMU	Granja	DV <sub>0</sub> (x <sub>0</sub> ,y <sub>0</sub> )		DV <sub>1</sub> (x <sub>1</sub> ,y <sub>1</sub> )	
		Score	Benchmarks	Score	Benchmarks
1	La Providencia	92,97%	3 (0,04) 4 (0,96)	96,51%	7 (0,38) 9 (0,62)
2	El Bienestar	100,00%	0	100,00%	2
3	La Paz	100,00%	1	91,91%	7 (0,59) 9 (0,41)
4	La Virtud	100,00%	1	100,00%	2
5	El Porvenir	100,00%	0	100,00%	0

Fuente: elaboración propia.

El Cuadro 4 muestra la eficiencia de las granjas con respecto a la frontera contemporánea de rendimientos variables a escala. Se puede observar cómo al abandonar el supuesto de rendimientos constantes a escala utilizado en los Cuadros 1 y 2 y realizando el análisis considerando que los rendimientos pueden variar de acuerdo con el nivel de producción, sólo la granja La Providencia es ineficiente en el período  $T_0$ . Esto evidencia que el grado de ineficiencia de las granjas El Bienestar, La Paz y El Porvenir, que se observa en el Cuadro 1, debe interpretarse como que éstas no están operando en el tamaño de escala más eficiente.

En el período  $T_1$ , al asumir rendimientos variables a escala, las granjas ineficientes son La providencia y La paz, para las cuales se establece como *benchmarks* El Bienestar y La Virtud.

Las eficiencias determinadas con respecto a la frontera de rendimientos constantes a escala y a la frontera con rendimientos variables, corresponden a las eficiencias globales y técnicas, respectivamente. Con estas eficiencias es posible determinar entonces la eficiencia de escala de cada una de las granjas.

**Cuadro 5**

Eficiencias de escala			
DMU	Granja	EE <sub>0</sub> (x <sub>0</sub> ,y <sub>0</sub> )	EE <sub>1</sub> (x <sub>1</sub> ,y <sub>1</sub> )
1	La Providencia	99,98%	99,51%
2	El Bienestar	93,51%	97,60%
3	La Paz	99,42%	99,11%
4	La Virtud	100,00%	100,00%
5	El Porvenir	88,61%	99,22%

Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 5 se puede notar que en los dos períodos estudiados la única granja que fue alcanzó la eficiencia de

escala fue La Virtud. Esta granja fue la única que resultó eficiente al considerar tanto la frontera de rendimientos constantes como la de rendimientos variables a escala.

En el caso de las granjas El Bienestar y El Porvenir, en los dos períodos y La Virtud, en el período  $T_0$ , se puede notar que su eficiencia de escala es igual a su eficiencia global, ya que su eficiencia técnica es del 100%. Esto significa que su ineficiencia se debe al nivel de escala en el cual operan.

Después de haber determinado y analizado las distancias con respecto a las fronteras eficientes en los dos períodos estudiados, se calculó el Índice de Malmquist para evaluar la mejora o desmejora de la eficiencia de cada una de las granjas de un período a otro.

Cuadro 6

Índices de Malmquist		
DMU	Granja	Índice de Malmquist
1	La Providencia	1,0486
2	El Bienestar	1,0592
3	La Paz	0,9298
4	La Virtud	1,0074
5	El Porvenir	1,1324

Fuente: elaboración propia.

Los resultados del Índice de Malmquist (Cuadro 6), dan cuenta de que todas las granjas, excepto La Paz, mejoraron su eficiencia de un período a otro. La mejora más representativa fue la registrada por la granja El porvenir, la cual incrementó su eficiencia en un 13,24%. En el caso de La Paz su desmejora fue del 7,02%.

La mejora de la productividad que muestra el índice de Malmquist, pudo deberse a varias causas. En primer lugar es posible que la granja haya mejorado de hecho su eficiencia relativa, es decir, que haya mejorado más que la empresa considerada como *benchmark*. En segundo lugar, es posible que la tecnología disponible haya mejorado, ya que el Índice de Malmquist mantiene fijo el período utilizado como referencia.

Para determinar cuál de estas causas origina la mejora observada, se realizó la descomposición del índice de Malmquist propuesta por Färe *et al.* (1994), que permite separar ambas fuentes de variación de la productividad, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 7.

En el caso de la granja La Paz, el índice de Malmquist señala una desmejora de su eficiencia, pero al realizar la descomposición se observa que esta granja mejoró su eficiencia técnica; es decir, la forma como ella utiliza su tecnología. Por lo tanto, su desmejora se debe a su eficiencia relativa, es decir, que se encuentra más alejada de la frontera eficiente.

Cuadro 7

Descomposición del índice de Malmquist				
DMU	Granja	Índice de Malmquist	Índice de Eficiencia Relativa	Índice de Eficiencia Técnica
1	La Providencia	1,0486	1,0332	1,0148
2	El Bienestar	1,0592	1,0437	1,0148
3	La Paz	0,9298	0,9162	1,0148
4	La Virtud	1,0074	1	1,0074
5	El Porvenir	1,1324	1,1197	1,0113

Fuente: elaboración propia.

La causa que origina la mejora del índice de productividad de la granja La Virtud es su eficiencia técnica. Esta afirmación se fundamenta en el hecho que esta granja se ubica en la frontera eficiente en los dos períodos, por lo que su índice de eficiencia relativa es igual a 1. En el resto de las granjas se observa una mejora de la productividad, causada mayormente por el incremento de su eficiencia relativa.

El índice de eficiencia relativa, a su vez, se descompuso en dos índices más -considerando la frontera con rendimientos variables a escala-, a saber: el de eficiencia pura y el de eficiencia de escala. Los resultados se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 8

Descomposición del índice de Eficiencia Relativa				
DMU	Granja	Índice de Eficiencia Relativa	Índice de Eficiencia Pura	Índice de Eficiencia de Escala
1	La Providencia	1,0332	1,0381	0,9953
2	El Bienestar	1,0437	1,0000	1,0437
3	La Paz	0,9162	0,9191	0,9969
4	La Virtud	1,0000	1,0000	1,0000
5	El Porvenir	1,1197	1,0000	1,1197

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en el citado cuadro, aunque tres de las granjas mejoraron su eficiencia relativa, sólo La Providencia mejoró su eficiencia pura (en relación con la frontera variable). La mejora que se observa en el resto de las granjas corresponde a que incrementaron su eficiencia de escala, lo cual evidencia que el tamaño de escala al cual operan se ha acercado al óptimo de escala.

Por su parte, la granja La Paz fue la única que desmejoró tanto su eficiencia pura como su eficiencia de escala, teniendo esta última (el alejamiento del nivel de escala más productivo), un mayor impacto en la disminución de su eficiencia relativa.

## 7. CONCLUSIONES

El análisis de los modelos DEA y los índices de eficiencia resultan sumamente útiles para la medición de la productividad del sector avícola, especialmente de las granjas de engorde. Al determinar cuáles son las granjas más eficientes de la integración, se puede realizar un análisis sobre cuáles son las técnicas utilizadas en ellas, con el fin de aplicarlas al resto de las granjas que muestran algún nivel de ineficiencia. Además se puede realizar una selección en el caso de las granjas asociadas para no continuar contratando aquellas granjas que no sean rentables para la integración.

En el análisis realizado de cinco granjas de engorde de pollo asociadas a una integración avícola, mediante la aplicación de los Modelos DEA se determinó que la granja que utiliza más eficientemente sus recursos es «La Virtud», por cuanto en los dos períodos analizados resultó tener el mayor porcentaje de eficiencia y sirvió de parámetro de comparación para el resto de las granjas.

Mediante la descomposición realizada del índice de Malmquist, además de conocer la evolución de la productividad de un período a otro, se pudo determinar cuáles fueron las principales causas que originaron el incremento o la disminución de la productividad en cada una de las granjas analizadas.

Se observó que todas las granjas, con la excepción del caso de «La Paz», mejoraron su eficiencia de un período a otro, debido mayormente al acercamiento a la escala óptima de producción. Esta circunstancia se tradujo en la mejora de su eficiencia relativa, así como en el progreso de la tecnología utilizada, que se observa en el índice de eficiencia técnica.

La disminución de la eficiencia de la granja «La Paz» se debió principalmente a la desmejora de su eficiencia pura, lo cual evidencia que los recursos no están siendo utilizados adecuadamente por esta granja.

Una vez analizados los resultados arrojados por los modelos DEA, el índice de Malmquist y su descomposición, es necesario que la integración avícola analice cuáles son los factores que han afectado la eficiencia pura y la eficiencia técnica en sus granjas. Debido a lo delicado del proceso de engorde de pollos, son muchos los factores que afectan su productividad, entre los cuales se pueden mencionar: genética del pollo, calidad del alimento, manejo en granja, suministro de medicinas, temperatura, humedad y condiciones de higiene. De esta forma se podrán tomar las medidas correctivas necesarias para solventar las deficiencias encontradas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ PINILLA, Antonio (Coordinador). 2001. *La medición de la eficiencia y la productividad*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. 1984. «Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies». En: *Management Science*, 39: 1.261-1.264.
- CAVES, D.; CHRISTENSEN, L.; DIEWERT, E. 1982. «The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity». En: *Econometrica*, 50(6): 1.393-1.414.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. 1978. «Measuring the Efficiency on Decision Making Units». En: *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.
- CHIRINOS, Alira. 2005. *Gestión de costos en la agroindustria de alimentos balanceados del sector de integraciones avícolas del estado Zulia*. Maracaibo: Universidad del Zulia, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
- FÄRE, Rolf; GROSSKOPF, Shawna; NORRIS, Mary; ZHANG, Zhongyang. 1994. «Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries». En: *American Economic Review*, Vol. 84, N° 1: 66-83.
- GASCÓN, F.; GONZÁLEZ, E. 2001. «Cambios en la productividad de la distribución farmacéutica en España». En: E. González, B. González, R. Meneu y J. Ventura (Eds.), *Coordinación e incentivos en Sanidad*, Madrid: Asociación de Economía de la Salud, pp. 331-345.
- GASCÓN, Fernando; GONZÁLEZ, Eduardo. 2004. «Eficiencia y productividad de la distribución farmacéutica en España (1993-2000)». En: *Revista Cuadernos Económicos* N° 67, 2004-1. Disponible en: <http://www.revistasice.com/Estudios/Documen/cice/67/CICE670404.pdf>; consulta: 09/05/2006.
- MERCADO, Ernesto; DÍAZ, Esther; FLORES, Diana. 1998. *Productividad, Base de la Competitividad*. México DF: Editorial Limusa.
- PROCOMPETENCIA. 2003. *Informe del Sector Avícola*. En: <http://www.procompetencia.gov.ve>; consulta: 15/02/2007.
- SANHUEZA HORMAZÁBAL, Raúl Edgardo. 2003. *Fronteras de Eficiencia, Metodología para la determinación del Valor Agregado de Distribución*. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias de la Ingeniería. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- SANÍN, María; ZIMET, Fernando. 2001. *Estimación de una frontera de eficiencia técnica en el mercado de seguros Uruguayo*. Asunción: Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, Universidad de la República de Uruguay.
- SEIJAS, Amparo. 2004. «Análisis de la eficiencia técnica en la educación secundaria». En: *Revista Galega de Economía*, Vol. 13, N° 1-2: 1-19.

