

Asociación Argentina de Economía Agraria

ANALISIS ENVOLVENTE DE DATOS. UNA APLICACIÓN A LA MATRIZ INSUMO PRODUCTO DE ARGENTINA PARA LA PRODUCCION AGROINDUSTRIAL

Octubre 2014

**Lic. (Mag.) Lorena F. Tedesco
ltedesco@criba.edu.ar
Departamento de Economía – Universidad Nacional del Sur
12 de octubre y San Juan – 7º piso – tel: 0291-4595138**

Categoría: Trabajo de Investigación

ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS. UNA APLICACIÓN A LA MATRIZ INSUMO PRODUCTO DE ARGENTINA PARA LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL

Resumen

El Análisis Envolvente de Datos (DEA) es una programación matemática no paramétrica, desarrollada por Charnes, Cooper y Rodhes (1978) para determinar los niveles de eficiencia de unidades organizativas (DMU). En este trabajo, las DMU son las ramas de la producción agroindustrial de la MIP de Argentina para el año 2004. El software utilizado es el STATA. El objetivo es determinar la eficiencia de escala y de gestión de cada DMU, así como sus rendimientos. Los principales resultados indican que 5 DMU resultaron ineficientes, analizando si la eficiencia era fuerte o relativa. La DMU 17 tiene rendimientos crecientes, y las ineficientes decrecientes.

Palabras claves: Análisis Envolvente de Datos, Agroindustria, Eficiencia

Clasificación temática: Competitividad de los complejos agroindustriales

Abstract

The Data Envelopment Analysis (DEA) is a nonparametric mathematical programming developed by Charnes, Cooper and Rhodes (1978) to determine the levels of efficiency of organizational units (DMU). In this paper, the DMU are the branches of agroindustrial production of MIP Argentine for 2004. The software used is STATA. The objective is to determine the efficiency of scale and management of each DMU, and their returns. The main results indicate that five were inefficient DMU, analyzing whether efficiency was relative or strong. The DMU 17 has increasing returns and decreasing inefficient.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Agribusiness, Efficiency

Subject classification: Competitiveness of agroindustrial complex

ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS. UNA APLICACIÓN A LA MATRIZ INSUMO PRODUCTO DE ARGENTINA PARA LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL

I. Introducción

En este trabajo se aplica la técnica denominada Análisis Envolvente de Datos (DEA) para determinar los niveles de eficiencia de unidades organizativas (DMU), que son en este estudio, las 30 ramas de producción agroindustrial que se identifican en la Matriz Insumo Producto, utilizándose su última versión disponible (2004). El objetivo es determinar, mediante el uso de STATA, la eficiencia de escala y de gestión de cada DMU, así como sus rendimientos y estimar las holguras en el uso de insumos, lo que se desprende de su ineficiencia.

Los principales resultados indican que 5 DMU resultaron ineficientes, analizando si la eficiencia era fuerte o relativa. La DMU 17 tiene rendimientos crecientes, y las DMU ineficientes tienen rendimientos decrecientes.

II. Marco Teórico

Farrell (1957) propuso un método para medir la eficiencia teniendo en cuenta varios factores de producción o insumos simultáneamente. Este autor dividía la eficiencia de una empresa en dos componentes: Eficiencia Técnica, que captura la habilidad de obtener el máximo output dado un determinado nivel de inputs, y Eficiencia Asignativa, que mide la capacidad de una empresa para utilizar los inputs en una proporción óptima, considerando sus precios. La combinación de estos dos conceptos constituiría la Eficiencia Económica¹.

A su vez, los métodos para estimar la eficiencia pueden ser divididos en dos (Coelli, 1995): métodos paramétricos, que estiman una frontera estocástica por técnicas econométricas; y métodos no paramétricos, como el DEA, que se basa en la resolución del modelo por programación lineal. El objetivo del Análisis Envolvente de Datos es obtener un escalar que representa la mínima proporción a la que se pueden reducir los inputs sin que se disminuya la cantidad de output².

La definición más acertada de "eficiencia productiva" es la relación entre una salida (producto) y una entrada (insumo). Para el caso en el que las unidades organizativas emplean varios inputs para obtener simultáneamente varios outputs, la eficiencia de cada DMU se mide de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia de la unidad } i\text{-ésima} = \frac{\text{Suma de los outputs de la unidad } i\text{-ésima}}{\text{Suma de los inputs de la unidad } i\text{-ésima}}$$

¹ Citado en Rodríguez Parra(2007)

² *ibidem*

Pero si la expresión anterior no se corrige, estaría planteando que la proporción de cada output e input es homogénea. Por ello, hay que introducir ponderadores para normalizar el indicador anterior y transformarlo en la siguiente ecuación, considerando m outputs y n inputs:

$$E_j = \frac{U_1 Y_{1j} + U_2 Y_{2j} + \dots + U_m Y_{mj}}{V_1 X_{1j} + V_2 X_{2j} + \dots + V_n X_{nj}}$$

Donde:

E_j es la eficiencia relativa de la unidad organizativa j-ésima.

U_i es el ponderador del output i-ésimo.

V_i es el ponderador del input genérico i-ésimo

Y_{ij} es la cantidad de output genérico i-ésimo

X_{ij} es la cantidad de input genérico i-ésimo

Ahora el problema que se plantea es la determinación del conjunto de los pesos (U_i y V_i) que permiten normalizar tanto los outputs como los inputs. Hay autores que intentaron establecer un mismo conjunto de ponderadores para todas las DMU (Farrell, 1957, Farrell y Fieldhouse, 1962). En tanto hay otros que sostienen que cada unidad organizativa puede valorar sus outputs e inputs de manera diferente (Charnes et al (1978))³. El DEA se alinea con este último criterio, ya que justamente, busca determinar, para cada DMU, ese conjunto de ponderadores para los inputs y los outputs.

Así, la eficiencia de la unidad j-ésima se plantea como un problema de programación lineal, maximizando la relación output-input de dicha unidad, sujeta a que la eficiencia de todas las unidades organizativas, incluyendo la propia unidad j-ésima, sea menor o igual que la unidad. Las variables del modelo representan los pesos más favorables para la DMU en cuestión:

$$\text{Max } E_j = \text{—————}$$

$$\text{S.A. } \text{—————} \leq 1 \text{ para todo } j$$

$$U_i, V_i \geq 0$$

Vale aclarar que la medida de eficiencia que arroja la solución del modelo respecto a la j-ésima DMU, es relativa, es decir que está medida en relación al resto de las DMU. Lo mismo sucede para los ponderadores que han permitido alcanzar dicha eficiencia.

La interpretación de E_j en el óptimo es la siguiente:

- $E_j = 1$ entonces la DMU en cuestión es eficiente en relación a las restantes.
- $E_j < 1$ no es eficiente en la relación a las restantes, ya que aun habiendo elegido los pesos más favorables, hay otras DMU que combinan sus inputs y outputs más eficientemente.

³ Citados en Rodríguez Parra (2007)

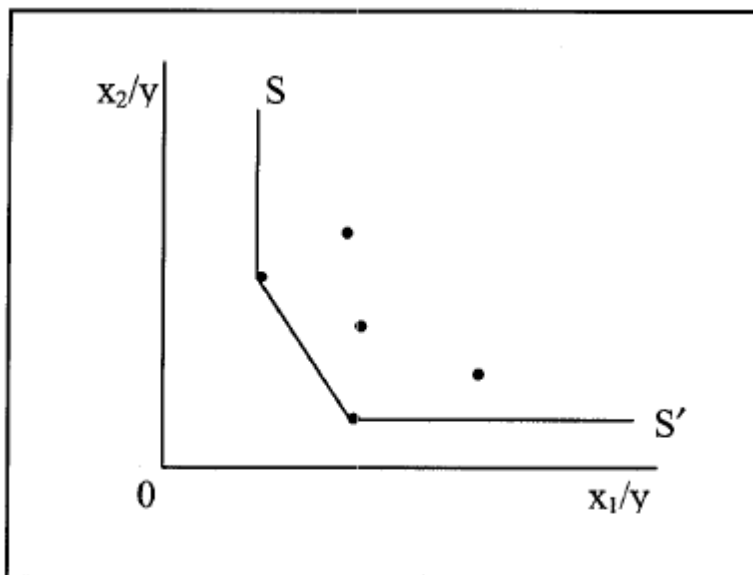
El modelo de rendimientos constantes a escala (CRS) orientado a Inputs

Dado que se trata de que dada unidad tiene M outputs (representados por el vector Y_i) y K inputs (representados por el vector X_i), al considerar las N unidades, se tendría una matriz de $(K \times N)$ inputs y una matriz de $(M \times N)$ outputs.

Como se expresó anteriormente, la eficiencia de cada DMU se obtiene a partir de una medida del cociente de todos los outputs (Y) sobre todos los inputs (X), ponderados por los U_i y los V_i respectivamente. Por ello, los U_i conforman un vector de dimensión $M \times 1$ y los V_i un vector de dimensiones $K \times 1$.

Recordando que el objetivo del DEA es construir una frontera no paramétrica sobre los puntos de referencia, tal que todos los puntos observados queden sobre la frontera de la producción o por debajo, se puede utilizar un sencillo ejemplo de una industria donde se produce un output usando dos inputs, y bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala (CRS). Esto se puede representar por una isocuanta en un plano en donde se miden en los ejes la proporción de los insumos (X_1 y X_2) en el output (Y).

Gráfico N° 1 : Isocuanta convexa lineal (1 output, 2 inputs, CRS)



En el gráfico puede verse que las combinaciones eficientes son las que pertenecen a la isocuanta, mientras que los restantes puntos son ineficientes ya que desperdiciarían insumos.

Para seleccionar los pesos óptimos de los insumos y outputs en el DEA, o sea los V_i y los U_i respectivamente, el problema de programación lineal sería:

$$\text{Max}_{u,v} (uy_i / vx_i)$$

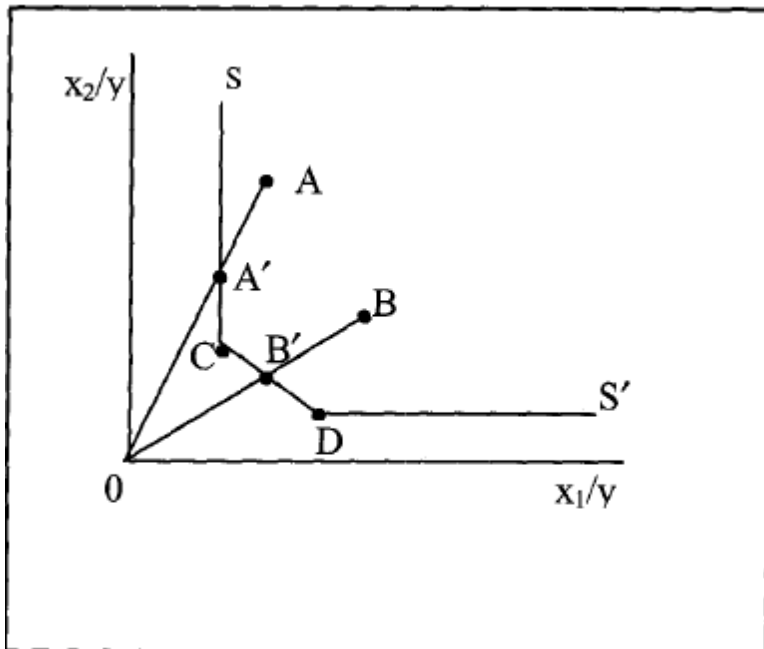
$$\text{s.a. } uy_j / vx_j \leq 1, \quad j=1,2,\dots,N$$

$$u, v \geq 0$$

Esto implica encontrar los valores para u y v , de manera que la medida de la eficiencia de la i ésima DMU es maximizada, sujeto a la restricción de que todas las medidas de eficiencia deben ser menores o iguales a uno. La medida de eficiencia será un θ , cuyo valor está comprendido entre 0 y 1, y será la eficiencia de la i ésima DMU. Si $\theta=1$ la DMU está situada en la frontera de referencia, es decir, será técnicamente eficiente de acuerdo a la definición de Farrell (1957). Cabe resaltar que, dado que el objetivo es obtener un θ para cada DMU, el problema de programación lineal debe de ser resuelto N veces.

En el Gráfico N°2 las DMU que utilizan las combinaciones de inputs C y D son dos DMU's eficientes, las cuales definen la frontera, mientras que A y B son ineficientes. Las medidas de eficiencia técnica de Farrell (1957) dan la eficiencia de A y B como OA'/OA y OB'/OB , respectivamente. Sin embargo, es cuestionable si el punto A' es un punto eficiente puesto que podría reducirse la cantidad del input x_2 usada (por la cantidad CA') y mantenerse en la misma isocuanta. Esto se conoce en la literatura como holgura del input, la cual será desarrollada más adelante. Análogamente se define las holguras de los outputs.

Gráfico n°2: Medidas de eficiencia y holguras de input



En el Gráfico N°2 la holgura del input x_2 asociada al punto A' es CA' . En casos con más inputs y outputs, la identificación del punto eficiente "más cercano" de la frontera (tal como C), y por lo tanto el cálculo subsiguiente de holguras, no es una tarea trivial.

Algunos autores (véase Ali y Seiford, 1993)⁴ han sugerido la solución de una segunda etapa del problema de programación lineal para mover a un punto eficiente de la frontera, minimizando la suma de las holguras requeridas para moverse desde un punto ineficaz de la frontera (tal como A' en el Gráfico N°2) a un punto eficiente de la frontera (tal como el punto C). Esta segunda etapa del problema de programación lineal se obtiene un vector de dimensión $M \times 1$ de holguras del output y otro vector de tamaño $K \times 1$ de holguras del input. Vale recalcar que en esta segunda etapa, θ no es una variable, su valor es tomado de los resultados derivados de la primera etapa, y debe resolverse para cada una de las unidades de

⁴ Citados en Rodríguez Parra, 2007.

eficiencia de la muestra, teniendo presente que los resultados dependerán de las unidades de medida que se utilicen en el análisis.

El modelo de rendimientos variables a escala (VRS)

El supuesto CRS sólo es apropiado cuando todas las DMU's operan sobre una escala óptima. En competencia imperfecta, puede ocurrir que ese supuesto no se verifique.

Banker, Charnes y Cooper (1984)⁵ sugirieron una extensión del modelo DEA de rendimientos constantes para explicar las situaciones con rendimientos variables a escala (VRS). El programa lineal CRS se adapta para un VRS, añadiendo una restricción de convexidad, de manera de formar un casco convexo de los planos que se intersectan sobre los puntos de referencia más firmemente que el casco cónico del CRS proporcionando medidas de eficiencia mayores o iguales que las obtenidas usando el modelo de CRS. El método VRS ha sido el más comúnmente utilizado durante los últimos años.

O sea que cuando no todas las DMU están funcionando en la escala óptima, habrá medidas de eficiencia técnica (TE) que pueden confundirse con las eficiencias de la escala (SE). En cambio, si el análisis supone rendimientos variables, permitirá el cálculo de TE desprovisto de los efectos de la SE.

Muchos estudios han descompuesto las puntuaciones TE obtenidas de un método DEA CRS en dos componentes, uno debido a la ineficacia de la escala y uno debido a la ineficacia técnica "pura". Esto puede realizarse elaborando un DEA CRS y un VRS sobre los mismos datos. Si hay una diferencia en los dos valores de TE para una determinada DMU, esto indicará que la misma tiene ineficiencia de escala, y que la ineficiencia de la escala se puede calcular como la diferencia entre la puntuación TE del VRS y la puntuación TE del CRS.

El Gráfico n°3 muestra un ejemplo con un input y un output, con las fronteras del DEA en los casos de CRS y VRS. La ineficiencia técnica del CRS orientado a inputs del punto P es la distancia PP_c (o sea el derroche de insumo), mientras que la ineficiencia técnica VRS sería solamente PP_v. La diferencia entre estos dos, P_cP_v, se interpreta como ineficiencia de escala. En términos de ratios, esto se puede expresar como sigue:

$$TEI,CRS = PP_c/AP$$

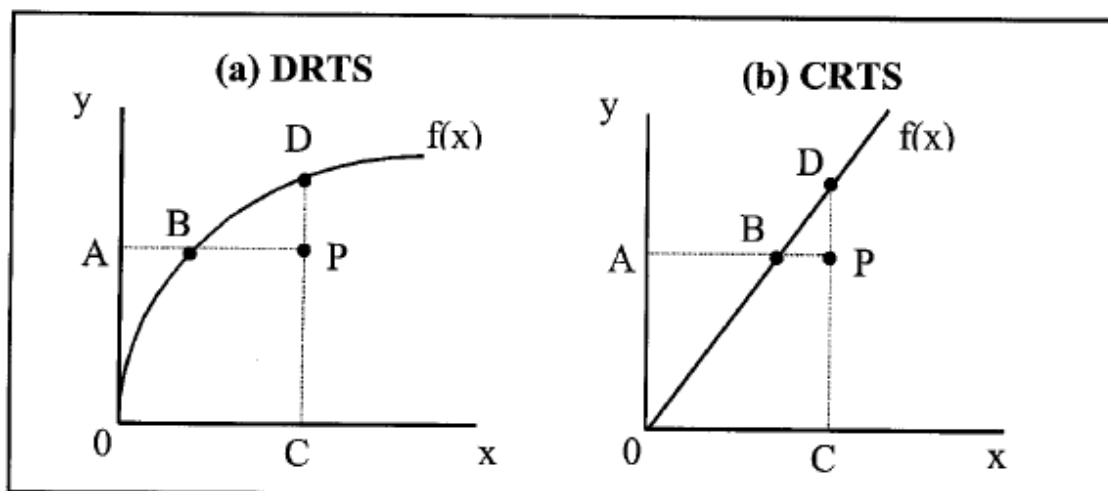
$$TEI,VRS = PP_v/AP$$

$$SEI = P_cP_v/AP_v$$

donde todas las medidas son proporciones, o sea que están comprendidas entre 0 y 1. Es decir, la medida de eficiencia técnica CRS se descompone en eficiencia técnica pura y escala de eficiencia.

⁵ *ibidem*

Gráfico n°4: Comparación del cálculo de Eficiencia según los rendimientos



La elección de la orientación del modelo, dependerá de cada caso particular. En algunas industrias, los DMUs pueden tener fijada una cantidad de recursos, para producir tanto como sea posible. En este caso una orientación al output sería más apropiada porque se quiere medir la eficiencia de la producción dada la cantidad de insumos. Esencialmente uno debe seleccionar una orientación según sobre la cual las cantidades (los inputs o los outputs) los gestores tienen mayor control. Además, como expone Rodríguez Parra (2007) en muchos casos se observa que la opción de la orientación tendrá solamente influencias de menor importancia sobre las puntuaciones obtenidas.

Medidas orientadas al input

La eficiencia técnica orientada al Input responde a la pregunta: ¿qué cantidad de input puede ser reducida proporcionalmente sin cambiar la cantidad del output?

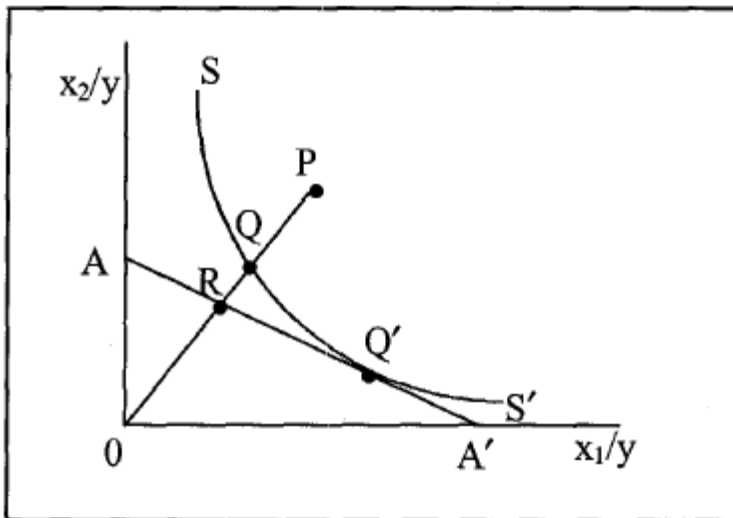
Farrell ilustró sus ideas a través de un sencillo ejemplo en el cual las empresas utilizan dos inputs (x_1 y x_2), y producen un output (y), bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala.¹ El conocimiento de la unidad isocuántica de una empresa (o economía) completamente eficiente, representada por SS' in el Gráfico n°1, permite la medición de la eficiencia técnica. Si una empresa utiliza unas cantidades de input, definidos por el punto P , para producir una unidad de output, la ineficiencia técnica quedaría representada por la distancia QP , la cual representa el montante por el cual todos los inputs podrían ser proporcionalmente reducidos sin una reducción en el output. Este montante se expresa normalmente en términos de porcentaje a través del ratio QP/OP , el cual representa el porcentaje por el cual todos los inputs podrían reducirse. La eficiencia técnica (TE) orientada a insumos, se mide comúnmente por el ratio:

$$TE = OQ/OP \quad (1) \quad \text{el cual es igual a } 1 - QP/OP$$

Esta medida tomará un valor entre 0 y 1, constituyendo un indicador del grado de ineficiencia técnica de esta unidad. Un valor de 1 indicaría una empresa con eficiencia técnica completa.

Por ejemplo, el punto Q es técnicamente eficiente, ya que está situado sobre la isocuántica eficiente.

Gráfico n°5: Medición de la eficiencia orientada al input



Si la variación del precio del input, representada por la línea AA' en el gráfico es también conocida, se podrá calcular la eficiencia asignativa. La eficiencia asignativa (AE) de la empresa operando en P se define como el ratio:

$$AE = OR/OQ \quad (2)$$

donde la distancia RQ representa la reducción de los costes de producción que ocurriría si la unidad fuera eficiente en la asignación de recursos. Así, el punto Q', sería técnica y asignativamente eficiente, siendo el ratio RQ/OQ la proporción de en la reducción de los costes al desplazarse de Q a Q'.

La eficiencia económica total se define a través de la tasa:

$$EE = OR/OP$$

donde la distancia RP puede ser interpretada en términos de reducción de coste.

Cabe hacer notar, que la eficiencia económica puede ser calculada a través del producto de la eficiencia técnica y asignativa, estando comprendido su valor, también entre 0 y 1:

$$TE \times AE = (OQ/OP) \times (OR/OQ) = (OR/OP) = EE$$

Estas medidas de eficiencia asumen que la función de producción de una empresa completamente eficiente es conocida. En la práctica este caso no se da, y la isocuanta de la empresa eficiente deberá ser estimada a través de datos muestrales.

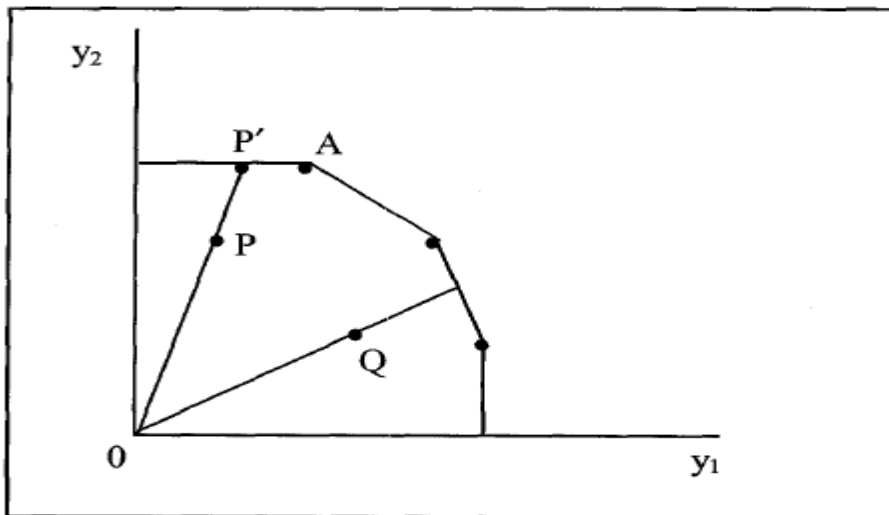
Medidas orientadas al output

Un ejemplo de un problema DEA orientado al output con dos outputs se podría representar por una curva de posibilidad de producción por trozos lineales, tal como se muestra en el Gráfico 7.

En este gráfico, el punto P se proyecta al punto P' que está en la frontera pero no en la frontera eficiente, porque la producción de y_1 se podría aumentar en la cantidad AP' sin usar más input.

Un punto que debe ser mencionado es que los modelos orientados al input y al output estimaran exactamente la misma frontera y por lo tanto, por definición, identifican el mismo conjunto de DMU's eficientes. Es decir, la diferencia entre los dos métodos radica en las puntuaciones de las DMU's ineficientes.

Gráfico n°6: Medición de la eficiencia orientada al output



Las limitaciones de este trabajo son las propias del instrumento utilizado para el análisis, es decir, de la matriz insumo-producto. Las mismas pueden resumirse en los siguientes supuestos:

- Cada bien o grupo de bienes es suministrado por una sola industria o por un solo sector de la producción. Esta limitación es mayor cuanto más agregada sea la matriz.
- La aditividad de todos los productos de un sector determinado. Es decir que considera a todos los bienes producidos por un sector como un único bien que se elabora con la misma tecnología, la misma cantidad de insumos y que paga la misma cantidad de ingresos a los factores de la producción.
- Todas las empresas que producen el mismo bien, cualquiera sea su tamaño, trabajan con la misma tecnología, es decir que la misma no depende del nivel de producción.
- La no variabilidad en el tiempo de las relaciones que se establecen entre los sectores y la tecnología utilizada por cada uno de ellos. Es decir, que no varían los coeficientes técnicos.

Sin embargo, Rasmussen⁶ valoriza este instrumento cuando señala que las corrientes están medidas en términos de unidades monetarias, aunque tales corrientes pueden ser y serán interpretadas como físicas. Esto es posible midiendo en *unidades de Leontieff*, es decir, el número de unidades físicas a comprar con una unidad monetaria. Supone además que el número de empresas en cada industria es lo suficientemente grande para concebir que la producción de cada industria sea “homogénea”.

Otra limitación que puede observarse es que los datos no son recientes, pero ello no invalida las conclusiones ya que salvo situaciones de cambio estructural se parte del supuesto que el mapa de interrelaciones no se altera significativamente⁷.

Evidencia empírica

El instrumento del cual se extrajeron los datos para el cálculo del DEA es la Matriz Insumo Producto (MIP) que se puede entender sobre la base de dos ecuaciones de ingreso nacional que representan las dos dimensiones (o entradas) de la tabla:

- (1) Producción = Insumos + Valor Agregado
- (2) Producción = Ventas intermedias + Ventas finales

Un sector económico compra insumos y servicios de factores productivos para obtener su producción. A su vez, la producción es vendida para dos fines: a empresas del mismo y de otros sectores, para que éstas la incorporen en sus productos (ventas intermedias) y a los consumidores finales (ventas finales). La primera ecuación corresponde a las imputaciones consignadas en las columnas y la segunda en las filas.

La utilidad de la matriz consiste en que permite estimar, por ejemplo, si se quiere aumentar la producción de bienes finales de una determinada rama de actividad, en cuánto tiene que aumentar la producción y de qué sectores para satisfacer la mayor demanda de insumos.

En el cuadro N°1 se representa la estructura de la matriz. En el primer cuadrante se presenta la oferta intersectorial o interindustrial. Ésta comprende la oferta (ventas) hecha por un grupo de sectores o industrias *i* a un grupo de sectores (compras) *j*. Luego puede verse la demanda final y en la parte inferior el valor agregado y los impuestos, los que, sumados a los insumos intermedios nacionales e importados, totalizan el valor bruto de la producción.

⁶ Rasmussen, P.N (1963)

⁷ Fuentes N. y S. Martinez Pellegrini (2002)

Cuadro N°1: Estructura de la Matriz Insumo Producto

Ventas interindustriales		Demanda intermedia	Demanda final	Ventas Totales
Sector 1	Sector 2	Sector n		
C	Sector 2	Transacciones intersectoriales	Sumatoria por filas	Consumo de los hogares, del gobierno, del resto del mundo, formación bruta de capital y variación de existencias
O	M	Bienes y servicios vendidos insumos intermedios	de las transacciones intersectoriales	Valor de las ventas totales a los diferentes agentes económicos
P	R	A	S	Sector n
Consumo Intermedio	Sumatoria por columnas de las transacciones intersectoriales			
Valor Agregado	Salarios, beneficios, impuestos, depreciación, alquileres, etc.			
Importación	Destinadas a la producción			
Producción Total	Total de los gastos incurridos en el proceso productivo			

Fuente: Fuentes N. y S. Martínez Pellegrini (2002)

Como ya se mencionara, se determinará la eficiencia de las ramas de la producción argentina denominadas MOA, a saber: INDUSTRIAS DE ALIMENTOS Y BEBIDAS (rama 15 a 30), TABACO (rama 31), INDUSTRIA TEXTIL (rama 32 a 36), CUERO Y CALZADOS (rama 37 a 39), MADERA Y DERIVADOS (rama 40 y 41) y PAPEL (actividades 42, 43 Y 44).

Por ello, se consideraron como DMU a las 30 actividades productivas que se detallan a continuación, precedidas por el número que tienen asignado en la MIP:

15. Matanza de animales, procesamiento y conservación de carnes (frigoríficos)
16. Elaboración y conservación de pescado y productos de pescado
17. Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas
18. Aceites y subproductos oleaginosos
19. Productos lácteos
20. Molienda de trigo y de otros cereales
21. Alimentos balanceados
22. Productos de panadería
23. Azúcar
24. Cacao, chocolate y productos de confitería
25. Pastas alimenticias
26. Otros productos alimenticios

27. Bebidas alcohólicas
28. Producción vitivinícola
29. Cerveza y malta
30. Gaseosas, agua mineral y otras bebidas no alcohólicas
31. Productos de tabaco
32. Fibras, hilados y tejeduría de productos textiles
33. Acabado de productos textiles
34. Fabricación de productos textiles
35. Tejidos de punto
36. Prendas de vestir, terminación y teñido de pieles
37. Curtido y terminación de cueros
38. Marroquinería y talabartería
39. Calzado y sus partes
40. Aserraderos
41. Madera y sus productos
42. Celulosa y papel
43. Papel y cartón ondulado y envases de papel y cartón
44. Productos de papel y cartón

A partir de la elección de las mismas, se determinó que el DEA sería orientado a insumos, es decir, que dados los insumos que utiliza cada actividad productiva, se busca determinar si son eficientes en la producción.

Para cada DMU se tomaron 3 grupos de insumos: **COMPRAS INTERMEDIAS TOTALES**, **IMPORTACIONES** y **VALOR AGREGADO**. En este último caso, hubiese sido preferible considerar sólo los salarios pagados por cada DMU, dado que los beneficios serían más bien una medida de output y no de input, pero el excedente bruto de producción (la remuneración a los otros factores que no son el trabajo), se presenta en forma agregada en la MIP. A su vez, se consideraron 4 productos para cada DMU: **VENTAS INTERMEDIAS TOTALES**, **VENTAS EN EL MERCADO INTERNO**, **EXPORTACIONES** Y **VALOR BRUTO DE LA PRODUCCION**.

En el Cuadro N°2 se exponen los valores de cada insumo y producto que se consideraron en el análisis. Los datos originales estaban expresados en miles de pesos, pero para evitar problemas de escala en los mismos y dificultades en la aplicación del software, se los transformó a millones de pesos. Vale aclarar que al estar medidos en unidades monetarias, la eficiencia también está afectada por los precios relativos.

En el cuadro N° 3 se pueden observar los θ de cada DMU. Resultaron eficientes todas las ramas de actividad excepto las que ocuparon los 5 últimos puestos en el ranking de eficiencia. Además, pueden apreciarse las referencias de cada rama de actividad respecto a las que resultaron eficientes. Por supuesto, la diagonal principal está formada por 1, ya que cada actividad es referente de sí misma.

Cuadro N°2: valores de los insumos y productos considerados (en millones de pesos)

DMU	periodo	compras intermedias	Importac.	Valor agregado	ventas interm.	ventas mercado interno	Exportac.	VBP
Frigoríficos	2004	14468	60	1147	2812	9092	3924	15828
Productos de pescado	2004	397	20	1047	238	494	746	1478
Prod. De frutas, leg y hortalizas	2004	2347	57	1307	1103	1275	1367	3745
Aceites y prod. Oleaginosos	2004	15621	496	5610	1577	993	19305	21875
Lácteos	2004	6226	8	3500	1398	6755	1680	9832
Molienda	2004	3440	39	1118	3170	744	740	4654
Alimentos balanceados	2004	832	28	282	1008	18	130	1157
Prod. Panadería	2004	6089	10	3022	1436	7742	106	9283
Azúcar	2004	780	5	626	987	295	148	1430
Cacao y confituras	2004	1036	219	644	569	927	434	1930
Pastas alimenticias	2004	991	2	271	290	969	24	1283
Otros prod. Alimenticios	2004	2417	373	781	1014	2141	458	3613
Bebidas alcohólicas	2004	439	5	159	51	485	78	613
Vinos	2004	3476	135	236	1308	1934	649	3892
Cerveza	2004	1004	9	1385	724	1472	219	2415
Gaseosas y beb. No alcohólicas	2004	3949	209	1773	1730	4223	53	6007
Tabaco	2004	1234	254	1848	593	2151	553	3297
Fibras e hilados	2004	1865	627	1097	2471	249	932	3652
Acabado de prod. Textiles	2004	403	60	251	694	13	17	723
Fabricación de prod. Textiles	2004	588	647	741	958	813	245	2016
Tejidos de punto	2004	539	220	422	743	410	51	1204
Prendas de vestir	2004	2335	262	540	563	2328	291	3182
Curtido de cueros	2004	2452	325	646	997	18	2439	3455
Marroquinería	2004	713	66	471	85	976	199	1260
Calzado	2004	2255	45	569	1364	1463	71	2898
Aserraderos	2004	1039	64	983	1870	34	215	2120
Madera y productos	2004	1689	236	2584	3164	257	523	4569
Celulosa y papel	2004	1821	201	1475	3209	59	262	3530
Papel, cartón y envases	2004	1486	487	963	1996	37	951	2984
Prod. Papel y cartón	2004	1586	542	527	1131	1571	3	2705

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la MIP 2004 (INDEC)

Cuadro N°3: ranking, thetas y referencias de las DMU (con rendimientos constantes)

dmu	Rank	Theta	ref: 15	ref: 16	ref: 17	ref: 18	ref: 19	ref: 20	ref: 21	ref: 22	ref: 23	ref: 24	ref: 25	ref: 26	ref: 27	ref: 28	ref: 29	ref: 30	ref: 31	ref: 32	ref: 33	ref: 34	ref: 35	ref: 36	ref: 37	ref: 38	ref: 39	ref: 40	ref: 41	ref: 42	ref: 43	ref: 44
15	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
16	1	1	.	1	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17	29	0.9962	.	0.1	1	0.1	.	.	.	0.1	0.2	.	.	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.3	.	.	.	.	.
18	1	1	0	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.
19	1	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20	1	1	0	.	.	0	.	1	0	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21	1	1	.	.	.	0	.	0	1	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.
22	1	1	0	.	.	.	.	.	.	1	.	.	0	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
23	1	1	0	.	.	.	.	0	.	.	1	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
24	26	0.9999	.	0.1	.	0	.	.	.	.	.	1	.	.	1.4	.	.	.	0.1	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
25	1	1	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
26	30	0.9952	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2.4	0.1	.	.	0.4	.	.	.	.	0.8	.	.	.	.	.	.	.	0.5
27	1	1	0	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.
28	1	1	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
29	1	1	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
30	28	0.9994	.	.	.	.	.	.	.	0.4	.	0.7	.	.	.	.	.	1	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.3
31	1	1	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	1	.	.	0	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.
32	1	1	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
33	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0	.	.	.	.	0	.	.	.	0	.
34	1	1	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	1	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.
35	1	1	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	0	1	0	.	.	0	.	.	.	.	.
36	1	1	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	0	0	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
37	1	1	0	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
38	1	1	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	0	.	1	.	.	.	.	.	.	.
39	1	1	0	.	.	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
40	1	1	.	.	.	0	.	0	0	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
41	1	1	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	1	.	.	.	.	.
42	27	0.9997	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	0	.	.	.	.	1	.	0.1	.	.	.
43	1	1	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	0	.	0	.	0	.	1	1	1
44	1	1	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la MIP 2004 (INDEC)

En el cuadro N°4 se presentan los resultados de las holguras en los insumos y las holguras en los productos, que sirven para determinar si la DMU presenta una eficiencia fuerte (cuando el valor de la holgura es 0) o si es eficiente en relación a otra DMU. Vale aclarar que cuando la holgura no presenta un valor, no significa que sea nula, sino que la misma es menor a 10 elevado a la 12. Las holguras en este trabajo, indican que debieran ajustarse las importaciones un 17% en la actividad 42 (celulosa y papel), también presentan valores positivos las holguras de las ventas intermedias de la actividad 24 (cacao y confituras), de las ventas domésticas de la rama productiva 26 (otros productos alimenticios) y 42 (celulosa y papel), y de las exportaciones y VBP de la actividad N°30 (gaseosas, agua mineral y bebidas no alcohólicas).

Cuadro N°4: holguras (con rendimientos constantes)

	islack: compras intermedias	Islack: importaciones	islack: valor agregado	oslack: ventas interm	oslack: ventas merc. Int.	oslack: exportaciones	oslack: VBP
dmu:15
dmu:16	0	.	.
dmu:17
dmu:18
dmu:19	.	.	.	0	.	.	.
dmu:20
dmu:21
dmu:22
dmu:23
dmu:24	1.35537	.	.
dmu:25
dmu:26	2.20661	.
dmu:27
dmu:28
dmu:29	.	.	.	0	.	.	0
dmu:30	23.1203	20.8046
dmu:31	0	.	.
dmu:32
dmu:33	0	.
dmu:34
dmu:35	0
dmu:36
dmu:37
dmu:38
dmu:39	0
dmu:40	0	.
dmu:41	0	0
dmu:42	.	17.5862	.	.	0.846842	.	0.0006099
dmu:43	0	.
dmu:44	0	.	.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la MIP 2004 (INDEC)

En el cuadro N°5 se observan los indicadores de eficiencia, los ranking y las referencias de las DMU pero considerando rendimientos variables. En este caso resultaron eficientes todas las DMU menos las mismas que anteriormente presentaban theta distinto de 1.

Cuadro N°5: ranking, thetas y referencias de las DMU (con rendimientos variables)

dmu	rank	theta	ref: 15	ref: 16	ref: 17	ref: 18	ref: 19	ref: 20	ref: 21	ref: 22	ref: 23	ref: 24	ref: 25	ref: 26	ref: 27	ref: 28	ref: 29	ref: 30	ref: 31	ref: 32	ref: 33	ref: 34	ref: 35	ref: 36	ref: 37	ref: 38	ref: 39	ref: 40	ref: 41	ref: 42	ref: 43	ref: 44	
15	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
16	1	1	.	1	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17	29	0.9962	.	0.01	1	0.1	.	.	.	0.1	0.2	.	.	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.3	.	.	.	.
18	1	1	0	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.
19	1	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20	1	1	0	.	.	0	.	1	0	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21	1	1	.	.	.	0	.	0	1	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.
22	1	1	0	.	.	.	.	.	.	1	.	.	0	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
23	1	1	0	.	.	.	.	0	.	.	1	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
24	28	0.9999	.	0.03	.	0	.	.	.	0.1	.	1	.	0.5	.	.	.	0.1	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
25	1	1	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
26	30	0.9958	0.3	.	.	0	.	.	.	0.1	.	.	1	0.2	.	.	.	0	.	.	.	.	.	0	.	0	.	.	.	.	.	1
27	1	1	0	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.
28	1	1	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	0	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
29	1	1	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
30	1	0.9994	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	0	.	.	.	1	.	.	0	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	0
31	1	1	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	1	.	.	0	.	.	0	.	0	.	.	.	.	.	.
32	1	1	0	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.
33	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	0	.	.	.	0	.
34	1	1	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	1	.	0	.	0	.	.	.	.	.	.
35	1	1	.	0	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	0	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
36	1	1	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
37	1	1	0	.	.	0	.	0	.	.	.	.	0	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
38	1	1	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	1	.	.	.	.	.	.
39	1	1	0	0	1
40	1	1	.	.	.	0	.	0	0	0	1
41	1	1	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	0	1	.	.	.	.
42	1	0.9997	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0	1	.	.	.
43	1	1	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	0	.	.	0	.	.	1	.	.
44	1	1	0	0	1

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la MIP 2004 (INDEC).

En el cuadro N°6 se presentan las holguras de las variables que se definieron como insumos (islack) y como productos (oslack) de cada DMU. Tienen valores positivos las DMU 24 y 26, para las variables ventas intermedias y valor bruto de producción y la DMU 17 para ventas en el mercado interno.

Cuadro N°6: holguras (con rendimientos variables)

dmu	islack consumo intermedio	islack importaciones	islack valor agregado	oslack ventas intermedias	oslack ventas merc interno	oslack exportaciones	oslack VBP
15	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	0	-	-	-
17	-	-	-	-	0.00374	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	0	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	0.59345	-	-	0.0000303
25	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	0.258913	-	-	0.000091
27	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	0	-	-	0	-
30	-	-	-	-	-	0	0
31	-	-	-	0	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	-
33	-	-	-	-	0	-	-
34	-	-	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-	0	-
36	-	-	-	-	-	-	-
37	-	-	-	-	-	-	-
38	-	-	-	-	-	-	-
39	-	-	-	-	-	0	-
40	-	-	-	-	0	-	-
41	-	-	-	-	0	0	-
42	-	-	-	-	0	0	0
43	-	0	-	-	0	-	-
44	-	0	-	0	0	-	-

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la MIP 2004 (INDEC)

En el cuadro N°7 se pueden comparar los indicadores de eficiencia con rendimientos constantes (CRS) y con rendimientos variables (VRS) para cada DMU. Los mismos coinciden en todas las actividades excepto en las 5 que resultaron ineficientes (elaboración y conservación de frutas, hortalizas y legumbres; cacao y productos de confitería; otros productos alimenticios; gaseosas, agua mineral y bebidas no alcohólicas y celulosa y papel).

La actividad 17 presenta rendimientos crecientes, lo que indica que dado que no son constantes, se debe considerar como indicador de eficiencia el θ de los rendimientos variables (décima columna del cuadro). Lo mismo con las DMU 24, 26, 30 y 42, que tienen rendimientos decrecientes dado que el valor de RTS es -1. El valor expresado en la columna "scale" indica si la ineficiencia es por gestión o por escala. Si el valor de esa variable es 1, no hay problemas de escala, por lo que la ineficiencia que se detecte se debe a la gestión. Para las DMU cuyo valor de scale=1 y el theta correspondiente a su tipo de rendimiento también es igual a 1, indica que esa rama de la producción es eficiente en escala y técnicamente. En este trabajo, eso es cierto para todas las DMU excepto la 17, que tiene ineficiencia de escala y gestión; al igual que la DMU 24 y la 26. En tanto la DMU 30 y la DMU 42 tienen ineficiencia sólo de escala, pero no de gestión ya que el valor de sus thetas es 1 con rendimientos variables.

Cuadro N°7: Rendimientos y eficiencias

Dmu	c. interm	importac	valor agreg	v.interm	v. merc.		VBP	CRS	VRS	scale	RTS
					Interno	Export					
15	14468	60	1147	2812	9092	3924	15828	1	1	1	-
16	397	20	1047	238	494	746	1478	1	1	1	-
17	2347	57	1307	1103	1275	1367	3745	0.996238	0.996239	0.999999	irs
18	15621	496	5610	1577	993	19305	21875	1.000000	1.000000	1.000000	-
19	6226	8	3500	1398	6755	1680	9832	1.000000	1.000000	1.000000	-
20	3440	39	1118	3170	744	740	4654	1.000000	1.000000	1.000000	-
21	832	28	282	1008	18	130	1157	1.000000	1.000000	1.000000	-
22	6089	10	3022	1436	7742	106	9283	1.000000	1.000000	1.000000	-
23	780	5	626	987	295	148	1430	1.000000	1.000000	1.000000	-
24	1036	219	644	569	927	434	1930	0.999877	0.999898	0.999979	drs
25	991	2	271	290	969	24	1283	1.000000	1.000000	1.000000	-
26	2417	373	781	1014	2141	458	3613	0.995182	0.995774	0.999406	drs
27	439	5	159	51	485	78	613	1.000000	1.000000	1.000000	-
28	3476	135	236	1308	1934	649	3892	1.000000	1.000000	1.000000	-
29	1004	9	1385	724	1472	219	2415	1.000000	1.000000	1.000000	-
30	3949	209	1773	1730	4223	53	6007	0.999438	1	0.999438	drs
31	1234	254	1848	593	2151	553	3297	1.000000	1.000000	1.000000	-
32	1865	627	1097	2471	249	932	3652	1.000000	1.000000	1.000000	-
33	403	60	251	694	13	17	723	1.000000	1.000000	1.000000	-
34	588	647	741	958	813	245	2016	1.000000	1.000000	1.000000	-
35	539	220	422	743	410	51	1204	1.000000	1.000000	1.000000	-
36	2335	262	540	563	2328	291	3182	1.000000	1.000000	1.000000	-
37	2452	325	646	997	18	2439	3455	1.000000	1.000000	1.000000	-
38	713	66	471	85	976	199	1260	1.000000	1.000000	1.000000	-
39	2255	45	569	1364	1463	71	2898	1.000000	1.000000	1.000000	-
40	1039	64	983	1870	34	215	2120	1.000000	1.000000	1.000000	-
41	1689	236	2584	3164	257	523	4569	1.000000	1.000000	1.000000	-
42	1821	201	1475	3209	59	262	3530	0.999653	1	0.999653	drs
43	1486	487	963	1996	37	951	2984	1.000000	1.000000	1.000000	-
44	1586	542	527	1131	1571	3	2705	1.000000	1.000000	1.000000	-

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la MIP 2004 (INDEC)

Conclusiones

Si bien el trabajo cuenta con algunas limitaciones mencionadas, la aplicación de la técnica DEA a las actividades agroindustriales a partir del análisis de la MIP de Argentina permitió determinar que sólo 5 de las 30 ramas de la producción que fueron consideradas, resultaron ineficientes en el año 2004, tanto considerando rendimientos variables como constantes. Se pudo determinar los rendimientos que presentan cada rama de la actividad agroindustrial.

También se calcularon las holguras en los insumos y productos para determinar si se trataba de eficiencia fuerte o relativa. La DMU 17 tiene rendimientos crecientes, en tanto que las de rendimientos decrecientes son la 24, 26, 30 y 42.

También pudo determinarse si la ineficiencia se debía a problemas de escala o de gestión.

Bibliografía

- Cooper W.; Seiford L. and Zhu J. (2004), “Handbook on data envelopment analysis”, Springer (Kluwer Academic Publisher), Boston.
- Ferrucci, R. (1995), “Instrumental para el Estudio de la Economía Argentina, Editorial Macchi, Buenos Aires.
- Fuentes N. y S. Martinez Pellegrini (2002), “Identificación de clusters y fomento a la cooperación empresarial”, Revista Momento Económico.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). www.indec.gov.ar
- Parra Rodriguez, J. (2007), “Análisis de eficiencia y productividad”, Econometría aplicada. www.econometria.files.wordpress.com
- Rasmussen, P. (1963), “Relaciones Intersectoriales”, Editorial Aguilar, Buenos Aires.