

# ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LAS EMPRESAS DE LA CADENA DE LA MADERA EN LA COMUNIDAD DE MADRID

M. Martínez Núñez, L. Díaz Balteiro, A. C. Herruzo Martínez y C. Romero López

Departamento de Economía y Gestión Forestal. ETS Ingenieros de Montes. Ciudad Universitaria s/n. 28040-MADRID (España). Correo electrónico: ldbalteiro@montes.upm.es

## Resumen

Diferentes estudios realizados hasta la fecha muestran la existencia de notables diferencias en la estructura de las tres industrias que componen la cadena de la madera en Madrid (madera, mueble y papel). Así, la industria del papel aparece como la más dinámica, debido al empuje de los sectores de imprenta y edición, mientras que la industria de la madera es la que presenta unos datos estructurales más débiles. En este trabajo, por medio de la aplicación a una muestra de estas empresas de un método no paramétrico, como la técnica del análisis de datos envolventes (DEA), y tomando unos inputs y outputs recabados de informaciones contables, se ha comprobado cómo no existen claras vinculaciones entre la eficiencia de las mismas y el sector al que pertenecen. Además, y a diferencia de otros aspectos (productividad, especialización, etc.), las empresas del sector de la madera y, en menor grado las del sector del mueble, presentan un grado de eficiencia medio superior a las empresas de la industria del papel.

Palabras clave: *Economía forestal, Análisis de datos envolventes, Empresa forestal, Eficiencia*

## INTRODUCCIÓN

A diferencia de otros sectores, en España las industrias de transformación de los productos del bosque no han sido analizadas de una forma integral con tanto rigor como los otros ámbitos del mundo agrario, sobre todo en lo relativo a su estructura productiva y relación con los mercados. Esta circunstancia ha motivado que no se disponga de una información adecuada sobre distintos aspectos clave para profundizar en el estudio de estas ramas industriales.

Si como cadena de la madera se identifica al conjunto de actividades económicas cuya materia prima principal es la madera y/o sus productos derivados, en este trabajo únicamente se van a considerar aquellas actividades que presenten

un marcado carácter industrial, y relacionadas directamente con la actividad de transformación de la madera. En concreto se abordarán exclusivamente las industrias de la madera, del papel y del mueble.

Continuando con una serie de estudios emprendidos recientemente por los autores sobre la cadena de la madera en la Comunidad de Madrid (DÍAZ *et al.*, 2004), en este trabajo se pretende analizar la eficiencia de las empresas que componen dicha cadena. Es decir, se intenta comprobar si existe alguna relación entre una mayor o menor eficiencia y la pertenencia a uno de los tres sectores industriales objeto de este trabajo. La hipótesis inicial, avalada por algunos estudios (GANDOY Y GARCÍA, 2003), sería que las empresas de la industria del papel pudieran

ser más eficientes debido, entre otros aspectos, a su mayor especialización o a la proximidad a sectores industriales muy dinámicos, como los de imprenta y edición. Para estudiar la eficiencia de estas empresas, se va a utilizar una metodología no paramétrica, el análisis de datos envolventes (“Data Envelopment Analysis”, DEA).

Este trabajo se organiza como sigue: después de unos breves antecedentes, se describirá la metodología utilizada, así como el caso analizado. A continuación se mostrarán los resultados obtenidos, y las implicaciones que se pueden derivar de los mismos, a la luz del conocimiento que se tiene de este conjunto de industrias en la Comunidad de Madrid.

## ANTECEDENTES

Aunque en España los estudios acerca de la eficiencia basados en métodos no paramétricos han experimentado un elevado auge en los últimos años, tanto en algunos ámbitos del sector industrial, como puede ser la industria agroalimentaria (DAMAS Y ROMERO, 1997), y en algunas ramas del sector servicios, este tipo de investigaciones no se han centrado en las industrias que componen la cadena de la madera. De hecho, es preciso acudir a la literatura internacional para encontrar trabajos que utilicen el DEA para el estudio de la eficiencia en las empresas integradas en la industria forestal. Así, YIN (1998) aplica esta técnica para estudiar la eficiencia dentro de un segmento (44 industrias) de la industria del papel en Norteamérica, tomando para el análisis 7 inputs y un solo output (la producción anual). El mismo autor (YIN, 1999) analiza de forma similar la eficiencia de 70 industrias de celulosa que emplean métodos químicos en su producción, correspondientes a 10 países de la Cuenca del Pacífico. Este trabajo se amplía en YIN (2000) para abarcar 102 industrias a lo largo de todo el mundo, y analizar su eficiencia comparando la utilización del DEA con enfoques paramétricos, en concreto el análisis de fronteras estocásticas. En la misma línea, NYRUD & BERGSENG (2002) aplican el análisis de datos envolventes para calcular la eficiencia de cerca de 200 industrias del aserrado de la madera en Noruega. Por otro lado, el enfoque del análisis de

fronteras estocásticas también ha sido empleado en CARTER & CUBBAGE (1994). Una reciente revisión de la aplicación de estas metodologías en el ámbito forestal se puede encontrar en CARTER & SIRY (2003).

## METODOLOGÍA

El estudio de la eficiencia entre las diferentes empresas surge para evaluar el comportamiento de las mismas según principios básicos de la teoría microeconómica, como puede ser el de maximizar los beneficios. Dado que las empresas utilizan a la vez diferentes factores de producción (inputs) para producir diferentes outputs, se requieren técnicas que permitan analizar conjuntamente los inputs y los outputs. Es decir, interesaría conocer no sólo si las empresas han elegido el nivel de producción que maximiza el beneficio, sino también si el citado nivel de producción se ha logrado con la menor cantidad de inputs o minimizando el coste de producción. Al estudiar estas tres decisiones estaríamos hablando, respectivamente, de eficiencia de escala, técnica o asignativa.

Las técnicas desarrolladas para medir la eficiencia parten del cálculo de una frontera que nos pueda servir para comparar las distintas empresas con esta función frontera. Siguiendo a ÁLVAREZ (2001), para el cálculo empírico de estas fronteras, con independencia de que sean determinísticas o estocásticas, existen dos conjuntos de técnicas. Por un lado estarían aquellas que especifican una determinada forma funcional de la frontera (técnicas paramétricas) utilizando para ello técnicas estadísticas o de programación matemática. Frente a esta aproximación al problema, las técnicas no paramétricas no construyen la frontera de forma algebraica, sino que definen una frontera a través de un conjunto de segmentos que unen aquellas unidades (empresas) eficientes y que se utiliza para comparar el resto de unidades. Este sería el fundamento de la principal técnica de análisis no paramétrico, el análisis envolvente de datos (DEA), que utiliza la programación lineal para medir la eficiencia relativa de las distintas empresas. La razón fundamental que ha motivado la elección del DEA en este trabajo viene dada por la pro-

propiedad que ofrece esta técnica de no definir previamente ninguna forma funcional para la función de producción. Esta cualidad resulta muy importante si se analizan, como sería este caso, empresas de tres sectores bien diferenciados y de los que no abundan estudios sobre posibles formas funcionales de la frontera de producción.

Desde su génesis (CHARNES et al., 1978) hasta nuestros días, se han desarrollado varios modelos del análisis envolvente de datos, en función de la orientación (hacia el input o el output), de la existencia de rendimientos a escala constantes o variables (y en este último caso, si son crecientes o decrecientes), de si los inputs pueden o no ser controlados, etc. Para el caso que nos ocupa inicialmente se ha aplicado, dada la heterogeneidad de las unidades elegidas, el modelo inicialmente propuesto por CHARNES et al. (1978) que se conoce por las siglas de sus autores (CCR). Este modelo implica unos rendimientos a escala constantes y está orientado hacia los inputs. Siguiendo a COOPER et al. (2000), se parte de la definición tradicional de eficiencia (cociente entre outputs e inputs) y el propósito es intentar conseguir unos pesos tales que a través de la programación lineal se maximice ese ratio entre outputs e inputs. Así, para calcular la eficiencia de  $n$  unidades (en nuestro caso empresas pertenecientes a la cadena de la madera de Madrid) se deben resolver  $n$  problemas de programación lineal para obtener tanto los valores de los pesos ( $v_i$ ) asociados a los inputs ( $x_i$ ), como los valores de los pesos ( $u_r$ ) asociados a los outputs ( $y_r$ ). El modelo CCR, suponiendo  $m$  inputs y  $s$  outputs se formularía de esta forma (COOPER et al., 2000), ya transformando el modelo de programación fraccional en un problema de programación lineal:

$$\begin{aligned} \text{Max } \theta &= u_1 y_{1,0} + \dots + u_s y_{s,0} \\ \text{sujeto a: } & v_1 x_{1,0} + \dots + v_m x_{m,0} = 1 \\ & u_1 y_{1,j} + \dots + u_s y_{s,j} - v_1 x_{1,j} - \dots - v_m x_{m,j} \leq 0 \quad (j=1, \dots, n) \\ & v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \\ & u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Asimismo, dada la ausencia de información sobre la forma de la frontera de producción, se ha utilizado un modelo, parecido al mostrado en (1), pero que presenta la propiedad de permitir

rendimientos variables a escala. Este modelo se conoce, en honor a sus autores, como BCC (BANKER et al., 1984), y orientado hacia la minimización de los inputs presentaría esta forma:

$$\begin{aligned} \text{Max } \theta &= u_1 y_{1,0} + \dots + u_s y_{s,0} - u_0 \\ \text{sujeto a: } & v_1 x_{1,0} + \dots + v_m x_{m,0} = 1 \\ & u_1 y_{1,j} + \dots + u_s y_{s,j} - v_1 x_{1,j} - \dots - v_m x_{m,j} - u_0 \leq 0 \quad (j=1, \dots, n) \\ & v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \\ & u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Donde  $u_0$  es la variable que nos permite identificar la naturaleza de los rendimientos a escala. Obsérvese que el modelo no obliga a que la variable no tome un valor positivo (es decir, se trata de una variable libre).

## CASO ANALIZADO: LA CADENA DE LA MADERA EN MADRID

A la hora de analizar las empresas de la cadena de la madera de la Comunidad de Madrid, se han tomado como variables del modelo (inputs y outputs) exclusivamente datos relativos a su situación financiera. La falta de información a nivel empresa de otro tipo de datos (materias primas, componentes ambientales, consumo energético, etc.) ha obligado a considerar únicamente la componente financiera de estas empresas. Así, se han obtenido datos contables de una muestra de 83 empresas correspondientes al año 2001, todas con unas ventas superiores al millón de euros y más de 4 trabajadores (24 de la industria de la madera, 33 de la industria del papel y 26 de la industria del mueble). Se han elegido 3 inputs y 2 outputs para la aplicación de este modelo. Los inputs serían el número de empleados, y dos cifras básicas del pasivo: los recursos propios y la deuda total (a corto y largo plazo) de cada empresa. Para los outputs se han medido la facturación, y el beneficio antes de impuestos (BAI), dos medidas habituales para calibrar la gestión de las empresas. Aunque se dispone de una información bastante exhaustiva desde un punto de vista contable, se han elegido esos inputs porque integran dos de los principales factores de producción, el trabajo y el capital. Dada la gran dimensión de

la tabla que contiene los datos (84 filas), en la tabla 1 únicamente se muestra a título de ejemplo la forma que tendrían los mismos.

Dado que alguno de los outputs (BAI) presentaba para alguna unidad en el año 2001 valores negativos, ha sido necesario proceder a normalizar estos valores añadiendo una cantidad fija a todas las unidades. Finalmente, y a título informativo, en la tabla 2 se recogen los valores medios de los inputs y outputs.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados, cuando se analizan los datos utilizando el modelo CCR muestran la existencia de 5 empresas eficientes, tres de las cuales corresponden a la industria del mueble, y una a las industrias de la madera y el papel. En la figura 1 se muestran los resultados para el conjunto de empresas analizadas. Si se analizara la eficiencia de una empresa “promedio” de cada uno de los sectores, sin ponderar con ningún output, se obtendría para este modelo unas eficiencias medias del 65% para las empresas pertenecientes a la industria de la madera, del 48% en las empresas de la industria del papel, y un 59% para las unidades analizadas de la industria del mueble. Si se agruparan las empresas de los tres sec-

tores, la eficiencia media superaría el 57%. Esto significa que una empresa de la cadena de la madera de Madrid debería, como promedio, llegar a los mismos niveles de actividad, en cuanto a facturación y BAI, empleando tan sólo un 57% de los inputs que actualmente utiliza.

Si, por el contrario, el análisis se efectúa utilizando el modelo BCC los resultados muestran (Figura 2) la existencia de un número mayor de unidades eficientes que en el modelo anterior, llegando a 13 empresas eficientes que se distribuyen de la siguiente forma: 3 de la industria de la madera, y 5 de cada uno de los otros sectores. La eficiencia media por sector en este caso sería del 73% (madera), 67% (papel) y 73% (mueble), respectivamente, y la eficiencia media del conjunto de empresas llegaría hasta el 70%.

Con independencia del modelo elegido, los resultados muestran que la existencia de empresas eficientes no es patrimonio exclusivo de alguno de los sectores. También se observa una eficiencia menor de las empresas correspondientes a la industria del papel frente a las demás. Cabe destacar este hecho, porque el tamaño medio de las empresas de este sector es el mayor de los tres considerados. Estos resultados refutan la hipótesis inicial que pronosticaba una eficiencia mayor de la industria del papel en base a su mejor comportamiento, con respecto a las

Unidad	Inputs			Outputs	
	Empleo (nº trabajadores)	Recursos propios (* 10.000 €)	Deuda total (* 10.000 €)	Facturación (* 10.000 €)	BAI (* 10.000 €)
1	172	15.875	12.060	3.576	0
2	195	1.203	2	1.692	13.293
3	58	1.070	1.068	3.972	13.385
...	...	...	...	...	...
83	17	106	0	497	13.175

Tabla 1. Esquema de los datos normalizados empleados en el análisis

Unidad	Inputs			Outputs	
	Empleo (nº trabajadores)	Recursos propios (* 10.000 €)	Deuda total (* 10.000 €)	Facturación (* 10.000 €)	BAI (* 10.000 €)
Madera	95	1.585	1.311	1.701	12.591
Papel	167	2.520	289	5.278	13.441
Mueble	84	652	88	1.274	13.279
TOTAL	120	1.665	521	2.990	13.145

Tabla 2. Valores medios de los inputs y outputs, según los sectores industriales

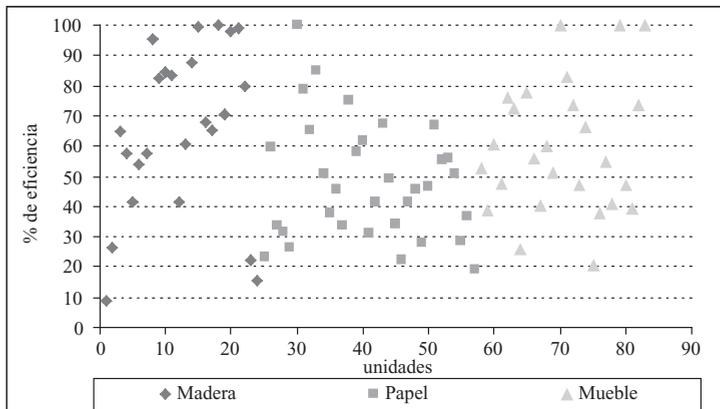


Figura 1. Eficiencia de las unidades según el modelo CCR

otras ramas de la cadena de la madera, en aspectos como la especialización o la productividad de la mano de obra (DÍAZ *et al.*, 2004). Una posible explicación a este hecho es que la industria del papel está compuesta por unas empresas con un tamaño medio mayor (167 empleados) que las de la industria de la madera (92 empleados), pero al calcular la productividad laboral de cada sector el mayor minifundismo existente en las industrias de la madera y el mueble erosionan mucho esta variable en comparación con una industria cuyas estructuras productivas son de un tamaño medio muy superior, como son las del papel. Por otro lado, también se observa que la mayoría de las empresas eficientes no tienen endeudamiento, o éste es muy reducido. Esto supone que a nivel individual se sigue esta pauta

para lograr la máxima eficiencia pero, a nivel agregado, el sector más eficiente es el de la madera, que presenta, agregadamente, un mayor porcentaje de deuda en el pasivo. Esta paradoja se produce por el gran peso que tienen 4 empresas fuertemente endeudadas dentro de la industria de la madera. Finalmente, de las 83 empresas tan sólo 16 están operando en su escala óptima, al coincidir los resultados utilizando los modelos CCR y BBC.

**Agradecimientos**

Los autores quisieran agradecer el apoyo técnico prestado por los profesores D. Rafael Caballero y D. Ángel Torrico, de la Universidad de

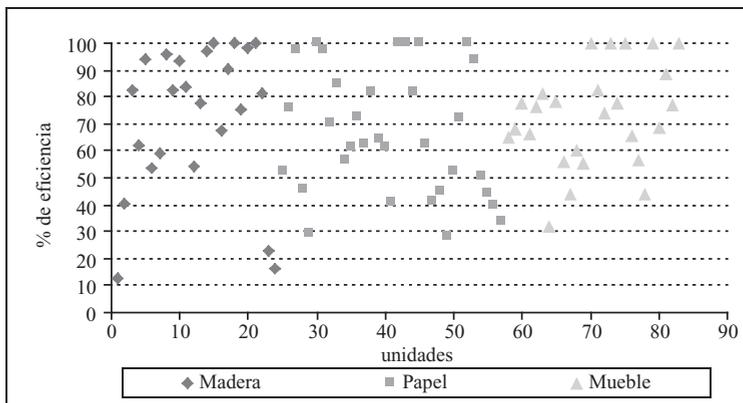


Figura 2. Eficiencia de las unidades según el modelo BBC

Málaga. Cualquier error u omisión en este trabajo es responsabilidad única de los autores. Esta investigación se corresponde a los proyectos de investigación “La cadena de madera en la Comunidad de Madrid: caracterización, aspectos económico-financieros y vinculación con las políticas forestales (ref. 06/0081/2002)” financiado por la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, y “La producción sostenible de madera en España: aspectos económicos y ambientales”, financiado por la Fundación BBVA.

## BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, A.; 2001. Concepto y medición de la eficiencia productiva. En: A. Álvarez (coord.), *La medición de la Eficiencia y la Productividad*: 19-38. Ed. Pirámide. Madrid.
- BANKER, R.D.; CHARNES, A. & COOPER, W.W.; 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Manage. Sci.* 30: 1078-1092.
- CARTER, D.R. & CUBBAGE, F.W.; 1994. Technical efficiency and industry evolution in southern U.S. pulpwood harvesting. *Can. J. For. Res.* 24(2): 217-224.
- CARTER, D.R. & SIRY, J.P.; 2003. Timber production efficiency analysis. In: E.O. Sills & K.L. Abt (eds.), *Forests in a Market Economy*: 97-115. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W. & RHODES, E.; 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *Eur. J. Oper. Res.* 2: 429-444.
- COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M. & TONE, K.; 2000. *Data Envelopment Analysis*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- DAMAS, E. Y ROMERO, C.; 1997. Análisis no paramétrico de la eficiencia relativa de las almazaras cooperativas en la provincia de Jaén durante el período 1975-1993. *Rev. Esp. Econ. Agr.* 197: 279-304.
- DÍAZ, L.; HERRUZO, C. Y MARTÍNEZ, M.; 2004. *La estructura productiva de la cadena de la madera en la Comunidad de Madrid*. Documento interno. Departamento de Economía y Gestión Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- GANDOY, R. Y GARCÍA, M.J.; 2003. El sector industrial: papel, imprentas y edición. En: *Estructura Económica de Madrid*: 469-493. 2ª edición. Civitas Ediciones. Madrid.
- NYRUD, A.Q. & BAARDSEN, S.; 2002. Production efficiency and size in Norwegian sawmilling. *Scand. J. For. Res.* 17: 566-575.
- YIN, R.; 1998. A new methodology for evaluating the performance of forest products producers. *For. Prod. J.* 48(1): 29-34.
- YIN, R.; 1999. Production efficiency and cost competitiveness of pulp producers in the Pacific Rim. *For. Prod. J.* 49(7/8): 43-49.
- YIN, R.; 2000. Alternative measurements of productive efficiency in the global bleached softwood pulp sector. *For. Sci.* 46(4): 558-569.