

**ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA TÉCNICA EN EXPLOTACIONES
HORTÍCOLAS ¹**

Iráizoz Apezteguía, Belén
Rapún Gárate, Manuel
Zabaleta Arregui, Idoia
(Departamento de Economía)

Universidad Pública de Navarra

1. INTRODUCCIÓN.

La producción de hortalizas en Navarra es una actividad agraria de cierta importancia. En el contexto regional y para el año 1994 representa el 34% de la Producción Final Agrícola y el 17% de su Producción Final Agraria, ocupando el 4,53% de las hectáreas cultivadas en la Comunidad.

En este trabajo, nos vamos a centrar en la medición de la eficiencia técnica en la producción de las dos hortalizas más importantes, a saber: espárrago y tomate. La tendencia reciente de ambas es dispar. El cultivo del espárrago está registrando un notable descenso durante los años noventa, el 57% entre 1990 y 1996. Se trata de una situación que está empezando a preocupar a los responsables de la política agraria regional. Por su parte, el tomate ha visto incrementado su cultivo en un 34%. En todo caso, ambos cultivos tienen unas perspectivas no muy halagüeñas después de la reforma de la Organización Común del Mercado de Frutas y Hortalizas y de los Acuerdos de la Ronda Uruguay, en fase de aplicación.

En el trabajo se recoge en primer lugar la descripción de los métodos utilizados, a continuación se describen los datos, se presentan los resultados de las estimaciones por los dos métodos utilizados, se analizan los elementos explicativos de la eficiencia, se contrasta la relación existente entre eficiencia y costes unitarios y por último se extraen algunas conclusiones.

¹ El presente trabajo forma parte de un proyecto de investigación titulado "Eficiencia técnica y costes de producción. El sector agrario de Navarra", con financiación recibida del Gobierno de Navarra.

2. MÉTODO.

La eficiencia técnica de una unidad de producción se refiere al logro del máximo *output* posible dadas unas cantidades de *inputs*, o al uso mínimo de *inputs* dada una cantidad de *output*, teniendo en cuenta las relaciones físicas de producción.

El método que utilizamos para aproximarnos a la eficiencia técnica se basa en la estimación de funciones de producción frontera.

La medida de la eficiencia técnica a partir de funciones de producción frontera fue propuesta inicialmente por Farrell (1957). El método consiste en estimar una función de producción frontera que permite calcular el *output* máximo (y^*) que puede ser obtenido por cada unidad de producción, dada una combinación de *inputs*. El nivel de eficiencia técnica de cada unidad productiva se puede calcular como la relación entre el producto obtenido (y) y dicho máximo, es decir, $0 \leq ET = \frac{y}{y^*} \leq 1$.

En la literatura se han desarrollado dos métodos principales para estimar la frontera de producción: paramétrico y no paramétrico. La principal diferencia radica en establecer ó no, *a priori*, una forma funcional para la función de producción frontera. El principal inconveniente del paramétrico consiste en que la forma funcional utilizada es una hipótesis impuesta a los datos que no puede ser contrastada, pero tiene la ventaja de que se puede realizar inferencia estadística sobre los resultados obtenidos. El método no paramétrico tiene la ventaja de su flexibilidad, ya que se adapta a modelos multiproducto e impone condiciones menos restrictivas en cuanto a la tecnología de referencia. No obstante, su incapacidad para incluir perturbaciones aleatorias hace que sus resultados sean muy sensibles a errores de medida y de especificación del modelo.

2.1. Fronteras paramétricas estocásticas

El planteamiento de estos modelos procede de Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meussen y van den Broeck (1977). Determinada la forma funcional que adopta la función de producción, los autores plantean el modelo: $y_i = f(x_i, \beta) + \varepsilon_i$, donde y_i es el *output* de la explotación i , x_i es el vector de *inputs*, β es un vector de parámetros y ε_i

una perturbación compuesta por dos elementos, $\varepsilon_i = v_i + u_i$. El componente v_i es una perturbación simétrica que recoge las variaciones aleatorias en la producción debido a factores que no están bajo el control de la unidad de producción y se supone que se distribuye idéntica e independientemente como una $N(0, \sigma_v^2)$. El componente u_i es un término asimétrico que recoge la ineficiencia técnica y se asume que se distribuye independientemente de v_i , y que satisface que $u_i \leq 0$ ². El método de estimación utilizado es el de Máxima Verosimilitud.

Un problema que se plantea en estos modelos es que la perturbación u_i no es observable directamente, por lo que la ineficiencia de cada observación se estima, siguiendo a Jondrow *et al.* (1982), a partir de la distribución condicionada de u_i dada ε_i , es decir, $E(u_i | \varepsilon_i)$.

2.2. Fronteras no paramétricas

Estos modelos se conocen con el nombre de Análisis Envolvente de Datos (DEA). El modelo básico, propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), asume que la tecnología de producción presenta rendimientos constantes a escala.

Supongamos una actividad productiva en la que hay n explotaciones, que utilizan m *inputs* $X_i = (x_{1i}, \dots, x_{mi}) \in R_+^m$ para obtener s *outputs* $Y_i = (y_{1i}, \dots, y_{si}) \in R_+^s$. Cada par de vectores (X_i, Y_i) constituye un proceso productivo. Si definimos Y como la matriz $s \times n$ de *outputs*, y X como la matriz $m \times n$ de *inputs* y λ como el vector intensidad $(n, 1)$ que pondera las actividades de cada explotación perteneciente al Grupo de Comparación Eficiente, el modelo se plantea del modo siguiente:

$$CRS(Y_i, X_i, u^i, v^i) = \min \left[- (u^i s + v^i e) \right]$$

$$Y\lambda - s = Y_i \quad \text{sujeto a:}$$

$$-X\lambda - e = -X_i$$

$$\lambda \geq 0, e \geq 0, s \geq 0$$

² Aigner, Lovell y Schmidt analizan el caso de la seminormal y la exponencial. Meussen y Van den Broeck estudian solamente este último caso. En nuestra aplicación también supondremos que la perturbación u_i se distribuye como una exponencial, porque se ajusta mejor a los datos disponibles.

El índice de eficiencia técnica global (ETG) θ_g^* es un escalar que representa la mínima proporción a la que se puede reducir el consumo de *inputs* sin alterar el nivel de *output*. Si el índice es igual a la unidad,³ la explotación es técnicamente eficiente. Si es menor que 1 existe ineficiencia técnica.

Esta medida de eficiencia puede ser el resultado de comparar unidades de gran escala con unidades hipotéticas de reducida escala y al contrario. Para solucionar este problema, Banker, Charnes y Cooper (1984) plantearon un modelo en el que se permite que los rendimientos a escala sean variables, en cuyo caso se debe añadir al problema anterior la restricción de que los λ_i sumen la unidad. A la medida resultante se le denomina Eficiencia Técnica Pura (ETP).

Dado que para hallar la ETP hemos restringido el Grupo de Comparación Eficiente, se cumple que $ETP_i \geq ETG_i$. Una vez conocida la ETG y la ETP, la relación entre ambas nos indica la eficiencia de escala (EE), que puede interpretarse como la reducción adicional en el consumo de *inputs* si la tecnología presentase rendimientos constantes a escala en el punto en el que se sitúa la unidad productiva evaluada, y viene dada por $EE_i = ETG_i / ETP_i$.

3. DATOS UTILIZADOS

Los datos utilizados, referentes al año 1994, proceden del Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno de Navarra, y son los empleados para elaborar la Red Contable Agraria de Navarra (RICAN). Se han seleccionado aquellas explotaciones en las que el espárrago y el tomate tienen una aportación significativa a la Producción Final Agraria. En concreto, se han analizado explotaciones con espárrago de secano extensivo como cultivo principal y con tomate como cultivo principal de regadío intensivo.

³ Tener un índice $\theta_g^* = 1$ garantiza que no pueda reducirse el consumo de todos los *inputs* a la vez, aunque podemos variar el consumo de uno de ellos y alcanzar mayor eficiencia. A esta condición hay que añadirle además que las variables de holgura sean cero para garantizar la eficiencia técnica.

El *output* (PBK) considerado ha sido las Ventas (en miles de pesetas) para el espárrago y la Producción Bruta⁴ en unidades monetarias para el tomate (miles de pesetas), y su elección depende de la calidad del ajuste.

Los *inputs*⁵ considerados, cuyas estadísticas básicas aparecen en la Tabla 1, son: el trabajo (HORAS) medido a través del número de horas trabajadas en un año; la tierra (SAU) medida por las hectáreas de Superficie Agrícola Útil; el capital (INVM) expresado como el inventario medio anual de maquinaria y edificios en miles de pesetas y los gastos de cultivo (GCULM), donde se incluyen semillas, abonos y otros gastos específicos de cultivo en miles de pesetas.

Tabla 1. Estadísticas básicas de los datos utilizados.

	ESPÁRRAGO (46 explotaciones)		TOMATE (46 explotaciones)	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
PBK	1170,2	1652,0	1672,2	825,6
HORAS	725,4	1036,0	1012,3	560,4
SAU	1,56	1,83	1,89	0,96
INVM	150,0	285,8	323,5	320,4
GCULM	261,6	357,8	353,6	199,3

Fuente: Elaboración propia.

4. RESULTADOS

4.1. Fronteras paramétricas

En primer lugar se debe especificar una forma funcional para la función de producción frontera a estimar. En este trabajo, se ha asumido que adopta la forma de una

función Cobb-Douglas, es decir, $y_i = A * \prod_{j=1}^n x_{ij}^{\beta_j} * e^{\varepsilon_i}$. Una vez linealizada y teniendo en

cuenta las variables consideradas en la aplicación, la función a estimar es:

$$\ln \text{PBK}_i = \alpha + \beta_1 \ln \text{HORAS}_i + \beta_2 \ln \text{SAU}_i + \beta_3 \ln \text{INVM}_i + \beta_4 \ln \text{GCULM}_i + \varepsilon_i$$

⁴ La producción bruta se calcula como las Ventas-Autoconsumo-Reempleo-Inventario de cierre+Inventario de apertura.

⁵ Dado que la información proviene de las contabilidades agrarias, los *inputs* hacen referencia al conjunto de la explotación (excepto la tierra), por lo tanto ha sido necesario asignarlos a cada uno de los procesos productivos presentes en cada explotación. Las horas trabajadas y los gastos de cultivo se han imputado en función del porcentaje del Producto Bruto correspondiente a cada proceso productivo, mientras que el capital se ha imputado en función de la superficie.

Los resultados de la estimación, recogidos en la Tabla 2, nos muestran diferentes funciones de producción para cada cultivo. En el caso del espárrago, los *inputs* considerados son significativos en el proceso de producción a excepción del inventario, siendo el trabajo y la tierra los que presentan las mayores elasticidades. En la función de producción del tomate, la tierra y el trabajo también presentan las mayores elasticidades, y resultan significativos el resto de *inputs*.

Tabla 2. Fronteras de producción Cobb-Douglas estimadas (1).

	ESPÁRRAGO	TOMATE
Constante	3,43* (6,17)	4,21* (9,21)
lnHORAS	0,31* (2,61)	0,23* (3,33)
lnSAU	0,44* (4,26)	0,32* (4,79)
lnINVM	-0,01 (-0,32)	0,05** (2,25)
lnGCULM	0,30* (3,31)	0,21* (3,37)
ϕ	3,97* (2,74)	7,99** (2,30)
σ_v	0,18* (3,53)	0,11* (2,60)
Log-Verosim.	-8,37	18,08

(1) Entre paréntesis los t-ratios. * Significativo al 1%. ** Significativo al 5%. *** Significativo al 10%.

Una vez estimada la función de producción, para estimar la eficiencia técnica de cada explotación se debe calcular $exp[-E(u_i|\varepsilon_i)]$. Las estadísticas básicas de los niveles de eficiencia así estimados (ETPAR) aparecen en el Tabla 3.

Los resultados nos indican que las explotaciones consideradas, podrían producir la misma cantidad de producto utilizando solamente un porcentaje de su consumo actual de *inputs*, un 80% en el espárrago y un 89% en el tomate.

Tabla 3. Estadísticas básicas de la eficiencia ETPAR.

	ESPÁRRAGO	TOMATE
Media	0,80	0,89
Desv. típica	0,13	0,07

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Fronteras no paramétricas

Resolviendo los dos problemas de programación matemática se han obtenido los diferentes niveles de eficiencia técnica global (ETG) y de eficiencia técnica pura (ETP), para posteriormente, y relacionando las anteriores, calcular la eficiencia de escala (EE).

Las estadísticas básicas de esos niveles de eficiencia para los dos cultivos considerados se recogen en la Tabla 4.

La producción de espárrago presenta una eficiencia global de 0,75, por lo que podrían producir lo mismo disminuyendo sus usos de factores. La ineficiencia se debe más a consideraciones técnicas que de escala. La producción de tomate presenta una eficiencia global media superior (0,81), aunque la eficiencia de escala es inferior, por lo que en este caso la ineficiencia técnica global se debe tanto a consideraciones técnicas como de escala.

Tabla 4. Estadísticas básicas de los niveles de eficiencia ETG, ETP y EE.

	ESPÁRRAGO		TOMATE	
	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.
ETG	0,75	0,18	0,81	0,14
ETP	0,80	0,17	0,89	0,12
EE	0,94	0,90	0,91	0,84

Fuente: Elaboración propia.

Para contrastar los resultados obtenidos a partir de los dos métodos, hemos calculado los coeficientes de correlación de Pearson entre el nivel de eficiencia ETPAR y la ETG y la ETP, así como el coeficiente de correlación de rangos de Spearman entre las ordenaciones que se originan con cada medida de la eficiencia técnica, que se incluyen en el Tabla 5.

Tabla 5. Coeficiente de correlación de Pearson y Spearman.

	ESPÁRRAGO		TOMATE	
	Pearson	Spearman	Pearson	Spearman
ETPAR-ETG	0,76	0,82	0,72	0,78
ETPAR-ETP	0,58	0,71	0,76	0,79

Fuente: Elaboración propia.

En todos los casos, los coeficientes son positivos y estadísticamente significativos al 1%. Por lo tanto, podemos concluir que los métodos utilizados producen resultados similares en cuanto a los niveles de eficiencia técnica y ordenaciones derivadas de los mismos. Por esta razón, el análisis posterior se realiza utilizando el nivel de eficiencia técnica calculado a partir de la frontera paramétrica estocástica.

5. ELEMENTOS EXPLICATIVOS DE LA EFICIENCIA.

A continuación se analiza la relación entre la eficiencia técnica y algunas variables relativas al tamaño y a los resultados de las explotaciones⁶. Las variables referentes al tamaño son la producción medida en miles de pesetas de producto (PBm) o como kilogramos de producto obtenido (PBk), la superficie (SAU) y el trabajo medido en Unidades de Trabajo Año empleadas por explotación (UTA). El resultado de las explotaciones se va a medir a través de las siguientes ratios: redimiendo de la tierra expresado en unidades físicas (RTO/SAUf); la misma ratio expresada en unidades monetarias (RTO/SAUm); el rendimiento esperado por unidad de trabajo año en unidades físicas (RTO/UTAf); la misma ratio en unidades monetarias (RTO/UTAm).

Por último recogemos una variable que mide la especialización de la explotación en el producto considerado y la expresamos como porcentaje de ventas de dicho producto en el total (ESP).

Para ello se ha realizado un análisis de la varianza, de forma que hemos clasificado las explotaciones en tres grupos en función de su eficiencia técnica como explotaciones con eficiencia baja, media y alta⁷. Para cada grupo se ha calculado la media de las variables señaladas anteriormente y se ha estudiado si las diferencias entre los tres grupos son estadísticamente significativas. Los resultados se recogen en los Tablas 6 y 7, mostrándose solamente las variables que han resultado significativas.

Tabla 6. Resultados del análisis de la varianza para el espárrago.

EFICIENCIA TÉCNICA					
	Baja	Media	Alta	Valor de F	Media
Nº Explotaciones	15	16	15		
Efic. técnica	0,636	0,834	0,904	48,072*	0,792
PBm	1273,9	518,3	1740,5	2,337***	1163,3
PBk	7446,6	2550,0	7873,3	2,567***	5882,6
SAU	2,2	0,7	1,7	3,040**	1,56
UTA	0,28	0,12	0,17	3,192**	0,19
RTO/SAUm	576,7	704,3	865,1	5,647*	715,1
RTO/UTAm	4263,1	5194,6	8300,9	5,699*	5903,8

⁶ También se han realizado análisis similares para variables referentes a la combinación de *inputs*, pero dado que los resultados no eran estadísticamente significativos, se ha optado por no presentarlos.

⁷ Para ambos productos hemos hallado los percentiles 33.3 y 66.6, lo que permite clasificar a las explotaciones en cada uno de los grupos según su nivel de eficiencia.

ESP(%)	24,4	11,1	17,2	2,72***	17,4
--------	------	------	------	---------	------

* Significativo al 1%. ** Significativo al 5%. *** Significativo al 10%.

Tabla 7. Resultados del análisis de la varianza para el tomate.

EFICIENCIA TÉCNICA					
	Baja	Media	Alta	Valor de F	Media
Nº de explotaciones	15	16	15		
Efic. técnica	0,800	0,904	0,948	43,7*	0,886
PBm	1326,8	1550,5	2147,3	4,606**	1672,2
PBk	71360,0	82018,7	112293,3	3,646**	88415,2
RTO/SAUf	41821,8	47877,6	56939,2	5,753*	48857,8
RTO/SAUm	795,7	912,3	1199,7	3,359*	968,0
RTO/UTAf	223910,8	355720,8	375454,3	4,523**	319174
RTO/UTAm	4358,0	6706,1	7297,8	4,620**	6133,3

* Significativo al 1%. ** Significativo al 5%.

La relación entre tamaño de las explotaciones y eficiencia técnica es un aspecto muy estudiado en la literatura⁸, si bien los resultados no son concluyentes. En nuestro caso, podemos señalar que sí existe una relación positiva entre dichas variables en el caso del tomate, ya que obtienen mayor producción física y monetaria las explotaciones de mayor eficiencia y los resultados no son concluyentes en el caso del espárrago .

En cuanto a la relación entre el rendimiento de los factores y la eficiencia, podemos señalar que los resultados son los esperados, ya que cuanto mayor es el nivel de eficiencia, mayor es el rendimiento. Esta relación resulta estadísticamente significativa en el caso del tomate y en el del espárrago.

6. EFICIENCIA Y COSTES DE PRODUCCIÓN.

En este apartado se pretende contrastar la relación existente entre costes unitarios y eficiencia y las ratios precedentes, a las que se han añadido los gastos de cultivo por SAU (GCUL/SAU) y la SAU por UTA (SAU/UTA), mediante el análisis de la varianza. Para ello se ha estratificado cada muestra en función del coste unitario como explotaciones con coste unitario bajo, medio y alto.

Tabla 8. Resultados del análisis de la varianza para el espárrago.

COSTE UNITARIO					
	Bajo	Medio	Alto	Valor de F	Media

⁸ Por ejemplo, Aly *et al.* (1987) obtienen una relación positiva y estadísticamente significativa entre eficiencia y tamaño para una muestra de productores de cereales de USA, mientras que Grabowski *et al.* (1990) utilizando también una muestra de productores de cereales de USA obtiene una relación negativa y estadísticamente significativa.

Análisis de la eficiencia técnica en explotaciones hortícolas

Nº de explotaci.	15	16	15		
COSUNI	121,00	175,75	254,97	43,907*	183,73
SAU	1,33	2,07	1,24	0,964	1,56
Efic. técnica	0,827	0,823	0,724	2,962***	0,792
UTA	0,12	0,19	0,26	2,405***	0,19
SAU/UTA	12,6	10,3	6,8	1,946****	9,94
GCUL/SAU	117,0	177,6	225,0	3,932**	173,3
RTO/UTAf	43988,4	35255,3	15562,9	6,643*	31681,6
RTO/UTAm	6752,9	7645,5	3196,8	7,691*	5903,8
ESP(%)	10,0	18,6	23,7	2,847***	17,4

* Significativo al 1%. ** Significativo al 5%. *** Significativo al 10%. **** Significativo al 15%.

Si observamos la Tabla 8, donde se recoge el análisis de la varianza para el caso del espárrago, las explotaciones con costes unitarios más bajos, tienen un mayor nivel de eficiencia técnica, una menor utilización del trabajo, una mayor ratio de SAU/UTA, menores gastos de cultivo por unidad de superficie, mayores ratios de producción por unidad de trabajo y un menor grado de especialización. En todo caso, no existe una diferencia notable de este grupo con el de explotaciones situadas en la zona media de los costes. Por contra, resultan patentes las diferencias entre las explotaciones situadas en los extremos de los costes unitarios.

A continuación se muestran en la Tabla 9 los resultados para el análisis del tomate.

Tabla 9. Resultados del análisis de la varianza del tomate.

	COSTE UNITARIO			Valor de F	Media
	Bajo	Medio	Alto		
Nº de Explotaci.	15	16	15		
COSUNI	11,85	14,98	21,66	47,396*	16,14
Efic. técnica	0,921	0,901	0,834	6,806*	0,886
UTA	0,241	0,337	0,326	2,138****	0,302
GCULSAU	139,8	203,9	229,0	5,526*	191,2
PFIS/UTA	373202,5	332383,1	251056,2	2,349***	319174,1

* Significativo al 1%. ** Significativo al 5%. *** Significativo al 10%. **** Significativo al 15%.

Como puede apreciarse el número de variables significativas es sensiblemente menor. Las explotaciones con menores costes presentan de nuevo las mismas relaciones

que en el caso del espárrago. Este conjunto de resultados están acordes con lo que suele ser habitual en la literatura.

7. CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos en este trabajo merecen destacarse los siguientes aspectos:

1. Las explotaciones productoras de hortalizas presentan unos valores de eficiencia relativamente altos. Ello se confirma con independencia del método empleado en la estimación de la eficiencia.

2. La evidencia obtenida entre tamaño de la explotación, medido de diversas formas, y eficiencia no resulta concluyente. Este resultado es muy común en la literatura. Así, en la producción de tomate existe una relación positiva y significativa entre ambas, mientras que en la producción de espárrago dicha relación no se detecta de forma tan concluyente.

3. En términos generales, la relación entre eficiencia y rendimientos de los factores productivos ha resultado positiva y significativa en ambos cultivos.

4. La relación obtenida entre eficiencia y costes de producción es negativa y significativa, tal como cabría esperar. Las explotaciones con menores costes también muestran mayores rendimientos factoriales.

8. BIBLIOGRAFIA.

AIGNER, D.J.; LOVELL, C.A.K.; SCHMIDT, P. (1977): "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models". *Journal of Econometrics*, 5 (1), pp 21-38.

ALY, H.Y.; BELEBASE, K.; GRABOWSKI, R.; KRAFT, S. (1987): "The technical efficiency of Illinois grain farms: an application of a ray-homothetic production function". *Southern Journal of Agricultural Economics*, 19 (1), pp 69-78.

BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. (1984): "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science*, 30 (9), pp 1078-1092.

CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. (1978): "Measuring the efficiency of decision making units". *European Journal of Operational Research*, 2 (6), pp 429-444.

FARRELL, M.J. (1957): "The Measurement of Productive Efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society*, ser. A, 120, part. III, pp 253-281.

GRABOWSKI, R.; KRAFT, S.; PASURKA, C.; ALY, H.Y (1990): "A ray-homothetic production frontier and efficiency: grains farms in Southern Illinois". *European Review of Agricultural Economics*, 17 (4), pp 435-448.

JONDROW, J.; LOVELL, C.A.K.; MATEROV, I.S.; SCHMIDT, P. (1982): "On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model". *Journal of Econometrics*, 19, pp 269-294.

MEEUSEN, W; VAN DEN BROECK, J. (1977): "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Function with Composed Error". *International Economic Review*, 18 (2), pp.435-455.