

## “ANÁLISIS DEA DE LA EFICIENCIA-PAÍS EN LA APORTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA ECOLÓGICA EN LA UNIÓN EUROPEA 27”

**Antonio Colom Gorgues\*<sup>a</sup>, Rosa M. Florensa Guiu<sup>b</sup>, Eduardo Cristóbal Fransi<sup>c</sup>**

<sup>a)</sup> *Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, Departamento de Administración de Empresas, Universidad de Lleida; email: antonio\_colom@hotmail.com ; ORCID: 0000-0001-7129-2539*

<sup>b)</sup> *Escuela Superior Politécnica, Departamento de Administración de Empresas, Universidad de Lleida; email: rosa.florensa@udl.cat ; ORCID: 0000-0002-1791-3266*

<sup>c)</sup> *Facultad de Derecho, Economía y Turismo, Departamento de Administración de Empresas, Universidad de Lleida; email: eduard.cristobal@udl.cat ; ORCID: 0000-0003-1795-6263*

### Resumen:

La UE plantea que la producción ecológica es un sistema general de gestión agraria y producción de alimentos que combina las mejores prácticas en materia de medio ambiente y clima, un elevado nivel de biodiversidad, la conservación de los recursos naturales y la aplicación de normas exigentes sobre bienestar animal y sobre producción sostenible de cara a un creciente número de consumidores, de productos obtenidos a partir de sustancias y procesos naturales. Se conoce que la producción ecológica forma parte de regímenes de calidad de los productos agroalimentarios de la UE, junto con DOP-IGO-ETG, de conformidad con el Reglamento (UE) 1151/2012.

El objeto de esta comunicación es resumir una investigación basada en la metodología de Data Envelopment Analysis (DEA) para evaluar técnicamente el nivel de eficiencia-país en la aportación de la producción agroalimentaria ecológica por cada país de la Unión Europea 27. España lidera la superficie cultivada de producción agrícola ecológica, aunque mantiene un lugar discreto en cuanto a consumo. Los resultados de esta investigación permitirán conocer el ranking de los países que más eficientemente se preocupan y se comportan en dicho tipo de producción sostenible, considerando los inputs y outputs que se relacionan con dichas prácticas productivas.

**Palabras Clave:** Producción Ecológica, Producción Sostenible, Data Envelopment Analysis, Eficiencia Técnica, Eficiencia-País.

### Introducción. Objetivo de la comunicación

Como es sabido, la Unión Europea como bloque socioeconómico propugna la atención, actuaciones y seguimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) promovidos y planteados por Naciones Unidas en su Agenda 2030. El elemento clave, que es el Desarrollo Sostenible, tiene mucho que ver con la cadena alimentaria, es decir, con la agricultura, la ganadería, los recursos naturales y la producción y distribución de alimentos.

Por un lado, y en relación con dicha sostenibilidad, la Unión Europea declara y tiene en cuenta que la producción ecológica es un sistema general de gestión agraria y producción de alimentos que combina las mejores prácticas respecto el medio ambiente y clima, un elevado nivel de protección a la biodiversidad, la conservación de los recursos naturales y la aplicación de normas exigentes sobre el bienestar animal y sobre la producción sostenible de cara a un creciente número de consumidores, de productos obtenidos a partir de sustancias y procesos naturales. Por otro lado, se sabe que la producción ecológica forma parte de los regímenes de calidad de los productos agroalimentarios de la UE, junto con DOP-IGO-ETG, de conformidad con el Reglamento (UE) 1151/2012.

El objetivo de esta comunicación es resumir, en términos de eficiencia-país, la producción sostenible de los 27 países de la Unión Europea determinando el ranking de los países que más eficientemente se preocupan y se comportan en dicho tipo de producción sostenible, considerando los inputs y outputs que se relacionan con dichas prácticas productivas.

### Esquema metodológico.

La metodología prevista para el proceso investigador necesario para realizar esta comunicación se esquematiza:

1. Búsqueda de datos sobre producción ecológica en la Unión Europea-27 a través de Eurostat, FiBL-IFOAM, y obtención de los inputs y outputs decididos en el modelo DEA. Al mismo tiempo contextualización teórica del cálculo de la eficiencia a través del Data Envelopment Analysis (DEA).
2. Aplicación del DEA a los inputs y outputs del modelo para el cálculo de la Eficiencia-país en la UE-27 utilizando la Hoja de Cálculo Excel con macros a través de Solver.
3. Presentación de resultados, análisis de estos, y ranking de países por su eficiencia.
4. Conclusiones.

**Data Envelopment Analysis (Dea). Aplicación del modelo Dea**

El científico pionero de la Eficiencia en procesos productivos, y su medición, fue Farell (1957) que consideró la *Eficiencia Técnica* y la *Asignativa*. La primera se refiere a la habilidad de una empresa para obtener el máximo nivel de producción dado un conjunto de cantidades de inputs o, a partir de un nivel dado de producto, obtenerlo con la menor combinación de cantidades de inputs. La segunda muestra la habilidad de una empresa para usar los inputs en proporciones óptimas, dados los precios de éstos, y obtener un determinado nivel de producción con el menor coste o, para determinado nivel de costes, obtener la máxima cantidad de producto. Ambas medidas, combinadas, definen la medida de la *Eficiencia Económica*. En su acepción maximalista, Farrell planteó que las empresas que estuvieran en la frontera (maximizando la producción dado un conjunto de inputs; o minimizando la combinación de inputs para obtener un nivel productivo dado) gozarían del rango máximo de Eficiencia del 100% (o Eficiencia 1), mientras que las empresas que no llegaran a dicha frontera, relativamente serían Ineficientes con grado de medida < 100% (o Eficiencia < 1).

A partir de la segunda mitad y finales del siglo XX, los investigadores crearon y desarrollaron diversos métodos para medir la eficiencia, algunos paramétricos y otros no paramétricos. Destacan por sus numerosas aplicaciones dos metodologías: la estimación de Fronteras Probabilísticas o Estocásticas; y la aplicación del Análisis Envoltante de Datos (en términos anglosajones, Data Envelopment Analysis o DEA). Este segundo método, que goza de gran aceptación y grado de utilidad, es el que se aplica aquí.

DEA utiliza un conjunto de inputs y un conjunto de outputs utilizados y obtenidos por una Unidad de Gestión de Datos o de Toma de Decisiones (originalmente, DMU o Data Management Unit), y aplica la programación lineal para, a través de la envoltente de dichos datos, discernir el grado o medida de eficiencia de las DMU's. Inicialmente el modelo DEA fue propuesto por Rhodes (1978) en su Tesis Doctoral, y posteriormente publicado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) y se trataba de un modelo fraccional (ver gráfica 1) con la búsqueda de la solución mediante programación lineal.

**Gráfica 1. Modelo DEA original de Rhodes (1978) y modelo posterior de Charnes et al (1978)**

$\text{Max}_{u,v} \quad h_o = \frac{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{ro}}{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{io}}$ <p>S . A . :</p> $\frac{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{ij}} \leq 1 \quad \forall j : 1 \dots n$ $U_r, V_i \geq 0 \quad \forall r : 1 \dots s \quad \forall i : 1 \dots m$	$\text{Max}_{u,v} \quad h_o = \frac{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{ro}}{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{io}}$ <p>S . A .</p> $\frac{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{ij}} \leq 1 \quad \forall j : 1 \dots n$ $U_r, V_i \geq \varepsilon > 0 \quad \forall r, i$
--	---

Fuente: Elaboración propia

... donde:

$h_o$ : Función Objetivo. Medida de la Eficiencia.

$Y_{rj}$ : Output i-ésimo (hay "s" outputs) de la DMU j-ésima (hay "n" DMU's).

$X_{ij}$ : Input i-ésimo (hay "m" inputs) de la DMU j-ésima.

$V_i, U_r$ : Ponderaciones de inputs y outputs respectivamente (soluciones del programa).

$\varepsilon$ : Número real positivo y pequeño (usualmente, en cálculos empíricos,  $10^{-6}$ )

Para que el cálculo fuera más operativo se linealizó el modelo, llegando a la expresión de la figura 2.

**Gráfica 2. Modelo DEA de Charnes et al (1978) linealizado**

$\text{Max}_{u,v} \quad h_o = \sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{ro}$ <p>S . A .</p> $\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{io} = 1$ $\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{ij} \leq 0 \quad \forall j : 1 \dots n$ $U_r, V_i \geq \varepsilon > 0 \quad \forall r, i.$
--

Fuente: Elaboración propia

Este modelo anterior, que en reconocimiento a sus autores se denominó CCR (Charnes, Cooper, Rhodes), fue primeramente aplicado asumiendo Rendimientos Constantes a Escala (CRS, en inglés) de las DMU. Posteriormente, Banker, Charnes y Cooper (1984) propusieron el modelo BCC que asumía Rendimientos Variables a Escala (VRS). Las DMU que obtuvieran un índice “ $h_0 = 1$ ” serían globalmente eficientes, mientras que aquellas que obtuvieran “ $h_0 < 1$ ” serían ineficientes. La puntuación de VRS sólo mide la eficiencia técnica pura. Sin embargo, para fines comparativos, se pueden calcular tasas de rendimientos constantes de escala, que comprende una combinación no aditiva de eficiencias técnicas puras y de escala. La relación entre el índice de eficiencia global (puntuación CRS) y el índice de eficiencia técnica pura (puntuación VRS) proporciona una medida de la eficiencia de escala.

En aplicación a este caso, se han considerado para cada uno de los 27 países de la UE, los INPUTS: 1. Superficie Ha de cultivo ecológico; 2. Número de Explotaciones solo ecológicas; 3. Número de Explotaciones parciales ecológicas; y 4. Cabezas Ganado Bovino ecológico (carne+leche); y por otro lado los OUTPUTS: 1. Cifra de Ventas de Productos Ecológicos en Retail, Millones €; y 2. Ratio de Standard Output (SO) en € / Unidad Trabajo Anual. Estos datos se muestran en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Conjunto de Inputs (4) y Outputs (2) considerados en el modelo DEA**

Nº	DMU: País de la UE-27	Input1: Superficie Ha de cultivo ecológico	Input2: Número de Explotaciones solo ecológicas	Input3: Número de Explotaciones parciales ecológicas	Input4: Cabezas Ganado Bovino ecológico	Output1: Cifra Ventas Productos Ecológicos en Retail, Millones €	Output2: Ratio de Standard Output (SO) en € / Udad Trabajo Anual
1	Bélgica	93.119	1.000	490	130.139	979	96.585,70
2	Bulgaria	117.779	2.160	2.150	12.435	30	12.185,60
3	Rep. Checa	535.185	2.930	50	270.157	164	31.310,50
4	Dinamarca	285.526	1.420	1.150	302.511	1.979	170.593,10
5	Alemania	1.290.839	19.800	490	1.097.284	11.970	60.746,20
6	Estonia	220.737	1.570	100	44.125	55	42.384,10
7	Irlanda	73.952	200	1.380	69.501	206	18.950,20
8	Grecia	528.752	4.580	8.080	159.565	66	20.197,50
9	España	2.354.916	14.550	13.610	226.215	2.133	35.921,40
10	Francia	2.240.797	21.620	6.630	990.499	11.295	52.839,40
11	Croacia	108.127	1.250	2.270	21.915	99	17.984,30
12	Italia	1.993.225	56.060	9.220	469.207	3.625	53.893,80
13	Chipre	6.240	270	300	1.327	2	25.964,70
14	Letonia	289.796	420	3.250	117.158	51	14.526,30
15	Lituania	242.118	890	1.580	72.509	51	29.866,80
16	Luxemburgo	5.814	83	50	5.531	160	0,00
17	Hungría	303.190	780	1.730	28.207	30	26.011,30
18	Malta	55	20	15	0	0	0,00
19	Holanda	68.068	970	400	109.719	1.211	114.114,00
20	Austria	671.703	21.990	520	536.064	1.870	42.052,90
21	Polonia	507.637	2.130	17.500	41.169	314	22.426,80
22	Portugal	293.213	740	1.310	95.308	21	19.186,30
23	Rumania	395.228	630	1.750	33.240	41	29.309,60
24	Eslovenia	49.638	2.910	680	37.126	49	13.944,30
25	Eslovaquia	197.565	340	90	67.191	4	30.780,50
26	Finlandia	306.484	3.040	1.190	86.197	368	33.216,40
27	Suecia	613.964	4.040	1.610	389.989	2.144	98.049,60

Fuente: Elaboración propia con datos del año 2019 obtenidos de Eurostat y FiBL-IFOAM, 2021

A continuación se ha aplicado este modelo DEA CCR a los datos anteriores, considerando pues los 4 Inputs o Entradas y los dos Outputs o Salidas referidos.

## RESULTADOS, ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO

Se ha aplicado en la Hoja de Cálculo Excel el DEA Spreadsheet Solver, versión 1.1 (6 de marzo de 2021), diseñado en formato de programa informático libre por el Dr. Güneş Erdogan, de la Management School de la University of Bath (UK).

**Gráfica 3. Datos de partida para la programación lineal del DEA**

Secuencia	Parámetro	Valor	Observaciones
0. Interfaz	Idioma	Española	Consulte el manual para modificar la interfaz.
1. datos	Número de unidades de toma de decisiones (DMU)	27	[1,99]
	Número de parámetros de entrada (inputs)	4	[1,20]
	Número de parámetros de salida (outputs)	2	[1,20]
2. Solución	Modelo DEA	CCR	
	¿Mostrar modelo primario?	Sí	
	¿Mostrar modelo dual?	Sí	
3. Visualización	Límite inferior para la visualización del gráfico	Automático	

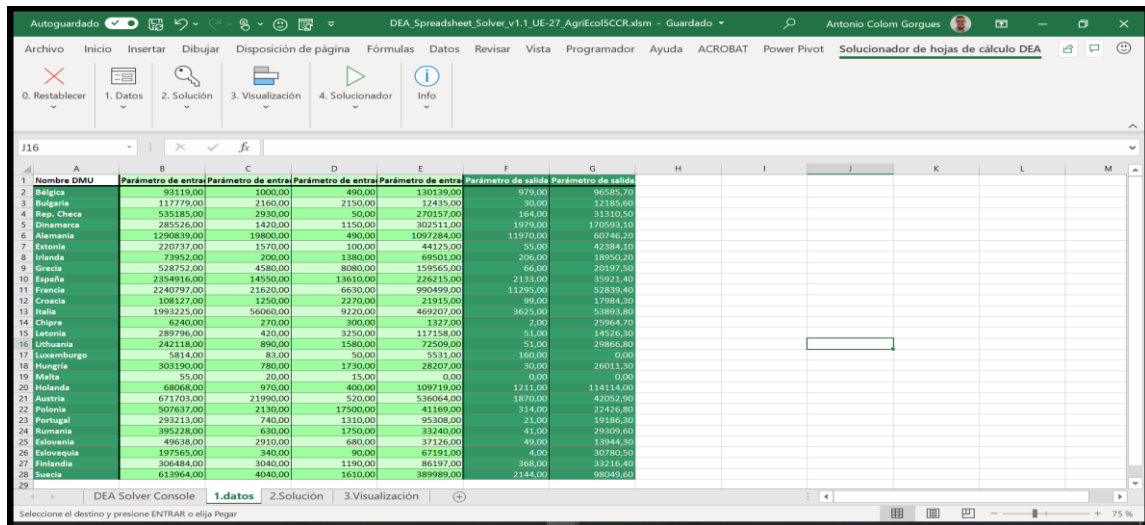
Fuente: Aplicación propia en DEA Spreadsheet Solver v. 1.1

Se ha procedido a entrar los primeros datos según se refleja en la gráfica 3 y se han seguido las instrucciones para poner en marcha el programa lineal que se ha ejecutado a través de una macro que ha activado el módulo Solver de Excel.

En segundo lugar se ha activado la entrada de datos, la hoja de soluciones y la hoja de visualización de resultados, tal como se observa en la gráfica 4.

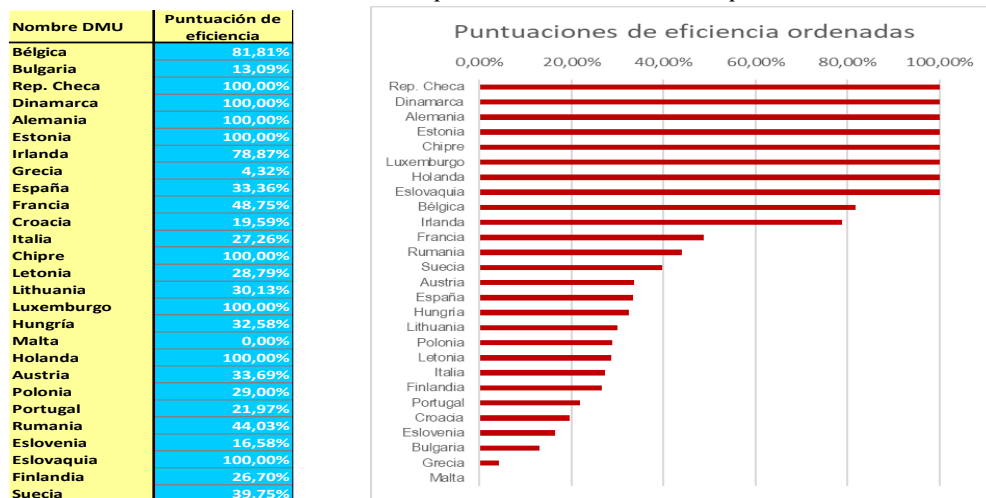
Finalmente se ha pulsado el botón 4. Solucionador, para poner en marcha la macro que acciona el módulo de Solver de la Hoja de Cálculo Excel y así acceder al Análisis Envoltante de Datos CCR, cuyos resultados se muestran en la gráfica 5.

Gráfica 4. Aplicación del DEA Spreadsheet Solver en nuestro caso



Fuente: Aplicación propia en DEA Spreadsheet Solver v. 1.1

Gráfica 5. Resultados obtenidos de la aplicación del DEA a los 27 países de la Unión Europea



Fuente: Aplicación propia en DEA Spreadsheet Solver v. 1.1

**CONCLUSIONES**

Se destaca la Eficiencia Global de países como Alemania, Dinamarca y Holanda, que aunque no lideran los inputs de producción ecológica (excepto Alemania que si lidera el número de cabezas bovinas ecológicas), tienen una gran distribución y consumo de productos ecológicos. España, que se encuentra en el nivel de eficiencia de países como Austria, Hungría y Lituania, no sabe cómo impulsar la distribución y el consumo ecológico en nuestro país. No obstante, la tendencia al crecimiento de consumo de estos productos vaticina una mejora de la situación del sector, que a veces está forzado a aceptar precios parecidos a los productos convencionales, a sabiendas que los costes de producción son claramente más elevados.

**BIBLIOGRAFIA**

Banker R., Charnes A., Cooper W.W. (1984). "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science*, vol. 30, n.º 9, pp 1078-1092.

Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. (1999). *Data Envelopment Analysis A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Kluwer Nijhoff Publishing, Boston (USA).

Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. (1978). "Measurement the efficiency of decision making units". *European Journal of Operational Research*, vol. 2, pp 429-444.

- Charnes A., Cooper W.W., Lewin A.Y., Seiford L.M. (1995). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*. Kluwer Nijhoff Publishing, Boston (USA).
- Farrell M. (1957). "The measurement of productive efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society (Series A)*, 120, part. III, pp 253-290.