



Nota técnica

## Evaluación de la eficiencia del crecimiento de la industria de cereales en América aplicando análisis envolvente de datos

Evaluation of the efficiency of the growth of the cereal industry in America by applying Data Envelopment Analysis

Ángel Alfredo Osorio-Oviedo<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Nestlé Venezuela S.A, Venezuela.

<sup>b</sup>Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre. Barquisimeto, Venezuela.

DOI: <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.19956.71044>

Recibido: 11-01-2019

Aceptado: 01-04-2019

### Resumen

La eficiencia técnica para la industria de cereales se logra cuando se produce lo máximo posible a partir de los insumos disponibles. Se presenta un análisis de eficiencia a través de la aplicación del Análisis Envolvente de Datos (DEA) a once (11) mercados de cereales en América para los rubros de maíz, arroz y trigo con la finalidad de determinar la eficiencia técnica en cuanto a la proyección o crecimiento de cada uno ellos en la bolsa de cereales a partir de las variables producción de cereales, rendimiento y exportaciones. Se usan los indicadores del Banco Mundial a fin de relacionar el factor agrícola de los países en función del crecimiento económico global. Se obtiene que los países con una eficiencia alta (100%) son Bolivia, Brasil, Costa Rica y República Dominicana, siendo mercados con volúmenes de producción menor a 30MM. Respecto a EEUU y Argentina presentaron eficiencia técnica de 86,8% y 39,3% respectivamente; y Chile un 4,2%. Las variables más representativas en este análisis de eficiencia técnica son la producción de cereales (64%) seguida por las exportaciones (24%).

**Palabras clave:** Eficiencia técnica; industria de cereales; análisis envolvente de datos; DEA; América.

**Código UNESCO:** 1207 – Investigación operativa.

### Abstract

The technical efficiency for the cereal industry is conceived as an achievement when it is produced or obtained as much as possible from the available inputs. Efficiency analysis is presented through the application of Data Envelopment Analysis to eleven (11) markets of cereals in America for the corn, rice and wheat sectors in order to determine the technical efficiency in terms of projection or growth of each of them in the grain bag from cereal production, yield and exports. The indicators of the World Bank are used, where the agricultural factor of all the countries is related to global economic growth. It is obtained that the countries with high efficiency (100%) are Bolivia, Brazil, Costa Rica, and the Dominican Republic, being markets with production volumes less than 30MM. This analysis shows that the technical efficiency of the countries that are leaders in the grain market such as the US and Argentina are not technically efficient, presenting values of 86.8% and 39.3% respectively; and Chile with 4.2%. The most representative variables within technical efficiency are cereal production (64%) followed by exports (24%).

**Keywords:** Technical efficiency; cereal industry; data envelopment analysis; DEA; America.

**UNESCO Code:** 1207- Operative investigation.

## 1. Introducción

Los cereales constituyen uno de los alimentos más importantes de la dieta del hombre a nivel mundial, siendo ésta una de las áreas con más explotación para la industria de alimentos. La importancia del suministro de cereales ante el preocupante desequilibrio de producción y consumo, ha generado a nivel internacional la alerta de analizar y trabajar sobre la necesidad de cuidar el modo de producción del cereal y su origen. La producción mundial de cereales en 2018 fue de 2.601 millones de toneladas a nivel mundial, 57 millones de toneladas (2,1%) por debajo del nivel récord de 2017, de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) [1]. Esta baja en los valores de producción se debe principalmente a las fluctuaciones de los rendimientos en los mercados de América y Asia [2].

La productividad de las industrias de cereales es definida por la FAO (2018)[1] como la interacción de cuatro factores claves en el mercado: producción, utilización, comercio y existencias finales. La producción es referida a la cantidad de cereales secos generados en la cosecha, mientras que la utilización es el consumo de los cereales; el comercio está relacionado con la cantidad de exportaciones de cereales que se realizan, y las existencias finales es la cantidad de cereal en stocks en cada uno de los mercados. Estos cuatro factores son los que definen las contribuciones y marginalidad de este tipo de industria y a su vez modelan el comportamiento de la bolsa de cereales a nivel mundial [3]. Torres y Vásquez (2008) [4] definen la productividad como una relación causal de factores intrínsecos presentes en sus procesos que originan resultados que satisfacen los objetivos establecidos y cuya mejora puede ser tratada en base a qué optimizar como efecto, y cómo lograrla a través del tratamiento de dichos factores intrínsecos. Esta afirmación aplica de manera explícita al sector de la producción de cereales ya que estos factores intrínsecos son producción, utilización, comercio y existencias finales; que al ser tratados con un enfoque de mejora continua generarán un efecto positivo en los diversos países productores de cereales como trigo, arroz y maíz.

Según Prokopenko (1989)[5] la productividad determina el grado de competitividad, por ello la competitividad de un mercado de cereales radica en el incremento de la cantidad de cereal a obtener en la cosecha para abastecer la demanda interna y externa de cada país [1]; en función de ello se derivan medidas o indicadores clave dentro del factor producción para los países que ejercen este tipo de comercio. Dentro de éstos se encuentran el rendimiento por hectárea y la cantidad de cereal neto generado. Si dentro del factor económico se mantiene en alza el indicador de las exportaciones entonces el retorno de la inversión para cada país es mayor, es decir, mientras más altas son las exportaciones las ganancias por las ventas son elevadas [6].

En América, las industrias de cereales mantienen una tendencia positiva en su producción, siendo uno de los principales mercados que aporta a la estadística mundial [1]; Argentina, Estados Unidos y Brasil son los principales contribuyentes en la producción de cereales. En la última década América ha incrementado su competitividad frente a mercados como Asia y Europa, lo cual ha permitido aumentar sus tendencias dentro la bolsa de cereales y además expandir la producción de maíz en América del Sur [2].

El cono sur americano se destaca entre los países y regiones productoras de granos, condicionando favorablemente la inserción comercial de la producción agrícola en el continente. El peso es más relevante en el caso de la soya, aunque también se verifica una importante presencia comercial de la región en los casos de trigo y maíz [6].

América del Norte cuenta con un gran competidor a nivel mundial como lo es Estados Unidos, su aporte al unificarse con el resto de los mercados del joven continente permitiría potenciar las exportaciones en los próximos dos años. Los países más importantes en la producción de cereales son Argentina, Brasil y Estados Unidos, como se mencionó anteriormente; esto lo han logrado a través de la transformación de los procesos de cultivos; sin embargo no demuestra que el mercado global del

continente sea eficiente, surgiendo la necesidad de maximizar y buscar estrategias que permitan incrementar los indicadores de producción del resto de los países americanos [6].

Los indicadores mencionados anteriormente en la producción de cereales modelan el comportamiento de esta industria en el continente americano, sin ninguna variación representativa en cuanto a los mercados europeos o asiáticos. Los mismos constituyen una medición importante de la eficiencia; la cual está relacionada con el uso de los recursos y con el cumplimiento de actividades [7]. Cuando se aborda el tema de eficiencia dentro de la industria alimentos, es referida al uso racional y óptimo de los recursos que se emplean en el proceso de transformación de un producto [8]. Farrel [9] señala que la eficiencia técnica consiste en el logro de producir lo máximo posible a partir de inputs dados, esto último se adapta perfectamente a este tipo de producción por existir variables de entrada (inputs) y salida (outputs) que deben ser medidos para conocer la evolución de cada uno de los contribuyentes en este sector. Considerando además que las empresas suelen producir múltiples outputs a partir de múltiples inputs, la eficiencia es además una variable multidimensional [10].

El Análisis Envolvente de Dato (DEA), como método de medición de eficiencia técnica, se ha empleado en diversos sectores de la economía y de la ingeniería en los últimos años [11]. DEA es una extensión del trabajo realizado por Farrel que usa la programación matemática para construir una superficie envolvente de datos, función de producción o frontera eficiente a partir de los valores de cada uno de los sujetos o unidades de estudios [10]. Ésta se ha aplicado en diversos sectores, tal es el caso del agronegocios en España [12], donde aplicaron un modelo de rendimiento cuyos inputs se basaron en las variables contenidas en la función de producción Cobb-Douglas (mano de obra y capital), y considerando como output los ingresos de explotación de la firma. La información sobre estas variables fue recopilada de los estados financieros depositados por las empresas del sector en registros oficiales; proporcionando como resultado que las empresas de agronegocios exhiben bajos niveles de rendimiento por el orden del 71,8%, al evaluarse su eficiencia técnica pura.

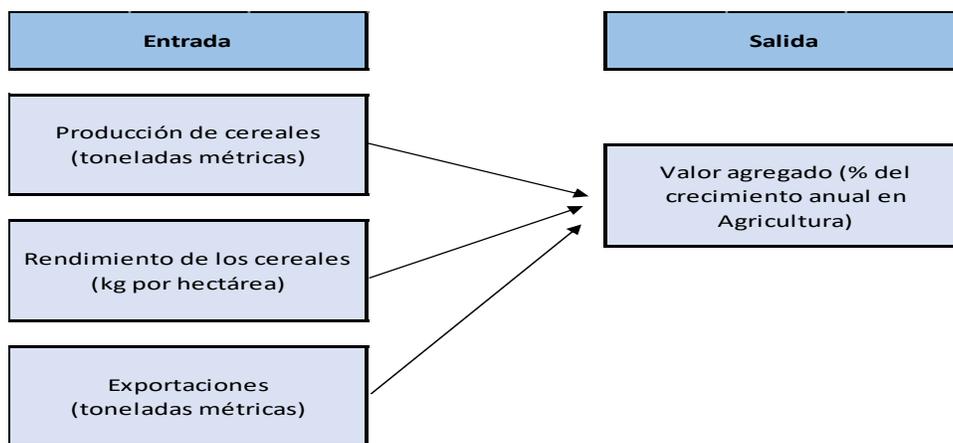
Así mismo esta metodología se empleó para cuantificar la eficiencia técnica-económica y el riesgo de las variables de producción del cultivo de arroz en la región del Maule y del Bío-Bío de Chile [13], obteniendo que los insumos que más aportan a la salida son la maquinaria y los fertilizantes; luego destaca la mano de obra como otro de los factores que incrementa las salidas. La eficiencia media de los productores alcanzo un 82% y los factores que disminuyen el riesgo son la mano de obra y el fertilizante, mientras los que lo aumentan son la maquinaria y los pesticidas. En otra aplicación en el área de cereales DEA es en la producción de arroz en Uruguay [14]; para ello empleó datos corresponden a 573 sembradíos de arroz de 26 productores diferentes y correspondiente a las zafas entre 2004/05 y 2008/09; obteniendo que 10 de los sembradíos definen la frontera de producción, considerando rendimientos constantes a escala (eficientes) y el promedio de eficiencia técnica es de 0,6. Otro estudio determinó qué tan eficientemente se utilizaron los recursos en la industria de alimentos, bebidas y tabaco de México, Estados Unidos, Canadá y Brasil, en el período 2000-2014 [15]; a través de un modelo orientado al output y rendimientos variables a escala, estableciendo como output las exportaciones y como inputs el costo de los materiales y el personal ocupado. Como resultado se obtuvo que las industrias de México y Brasil son ineficientes, mientras que Estados Unidos y Canadá son más eficientes en este período de estudio.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la eficiencia en el crecimiento anual o valor agregado de once países en América en función de la producción de cereales, el rendimiento y las exportaciones realizadas por cada uno de ellos, empleando los datos aportados por el Banco Mundial como fuente primaria de información. Se analiza la eficiencia técnica en las variables mencionadas anteriormente a través de la aplicación del Análisis Envolvente de Datos (DEA). Esto para contribuir con la identificación de la proyección de cada uno de los países en el crecimiento de la bolsa de cereales, la cual marca una tendencia positiva según los reportes anuales de la FAO.

## 2. Desarrollo

### 2.1 Metodología

Con la finalidad de evaluar la eficiencia del crecimiento de la industria de cereales en América, en términos de las entradas y salidas necesarios para la eficiencia en la industria de producción de cereales en los países a ser estudiados, se establece como entradas: la producción o volumen de cereales en toneladas métricas, el rendimiento de los cereales por hectáreas y las exportaciones que se realizan en el mercado; estas entradas impactan en el crecimiento de los países en esta industria [6], siendo el Valor Agregado la variable de salida para medir la eficiencia de los países productores de cereales (**Figura 1**).



**Figura 1.** Entradas y salidas para el crecimiento de los países productores de Cereales.  
Fuente: datos tomados de la FAO [1].

Una vez definidas las entradas y salidas para la medición de eficiencia se definen los pasos [16] para realizar este cálculo.

- Selección de la orientación del análisis de eficiencia: para el presente análisis de eficiencia se plantea un modelo de output-orientado ya que busca el máximo incremento proporcional de los outputs permaneciendo dentro de la frontera de posibilidades de producción.
- Selección de tipo de rendimiento a escala: los datos a ser analizados no presentan un comportamiento constante, por lo cual basado es su variabilidad se toma como premisa de partida que los datos son variables.
- Selección del modelo: modelo DEA. Este modelo [17] proporciona medidas de eficiencia radiales, con inputs orientado y rendimientos a escala variables [10] el cual modela el crecimiento anual de la industria de cereales.
- Selección de los datos e identificación de las Unidades Objeto de Análisis (DMU's): para la aplicación del Método DEA se han seleccionado 11 países americanos los cuales presentan datos disponibles y generan el mayor impacto con sus volúmenes de producción en la región (FAO, 2018). Así mismo la selección de los países se basó en los tipos de rubros que producen, en este caso se consideran los rubros de maíz, arroz y trigo. Los datos utilizados corresponden a los publicados por el Banco Mundial en el 2018 [18], presentados en el **Cuadro 1**.

- e) Utilización del software Frontier Analyst® para el cálculo de eficiencia.
- f) Definición de clúster de estudios: se generan tres clúster; el primero corresponde a los países en América que producen maíz, arroz y trigo (ver **Cuadro 1**). Del análisis de eficiencia del primer clúster se deriva el análisis para el segundo clúster (países con producción de cereales mayor a treinta millones) y el tercer clúster (países con producción de cereales menor a treinta millones).

**Cuadro 1.** Países productores de cereales en América [1]

País	Producción de cereales (toneladas métricas)	Rendimiento de los cereales (kg por hectárea)	Exportaciones (toneladas métricas)	Valor agregado (% del crecimiento anual)
Argentina	67.024.441	5.096,5	25.868.945	4,37
Bolivia	2.668.536	2.092,4	1.089.865	7,60
Brasil	84.128.482	4.180,8	38.974.255	13,00
Chile	3.872.402	6.858,2	1.657.894	0,32
Colombia	3.817.147	4.191,8	1.789.678	4,92
Costa Rica	213.473	4.027,0	2.786	3,77
República Dominicana	905.809	461,1	11.678	5,80
Ecuador	2.784.397	3.575,5	657.891	3,98
México	38.466.082	3.748,8	12.345.642	3,33
Uruguay	3.599.410	4.940,5	234.561	0,71
Estados Unidos	475.983.881	8.142,9	241.283.265	11,28

## 2.2 Resultados

Empleando DEA se obtiene tres escalas para la categorización de la eficiencia; presentándose la eficiencia baja en un rango de 0 a 80%, la media desde 81 a 90% y eficiencia alta al alcanzar el 100%. Así mismo se determina que siete países tienen una eficiencia baja en función del crecimiento o valor agregado de las industrias de cereales en América; mientras que un país presenta una eficiencia media y cinco una eficiencia alta. En la **Figura 2** se puede visualizar las tres escalas de eficiencia: baja en color rojo, media en amarillo y alta en verde.

Estratificando cada una de las escalas de eficiencia, se determina que los países con una eficiencia alta son Bolivia, Brasil, Costa Rica y República Dominicana; a pesar que estos no son líderes en volúmenes de producción a nivel del mercado americano[2], están focalizados en optimizar sus recursos y garantizar la disponibilidad de rubros en el continente de una forma eficiente. Brasil por su parte se mantiene como un productor de grandes volúmenes operando con una eficiencia alta (100%).

Como se destacó anteriormente, una tendencia alta en los rendimientos no garantiza la eficiencia técnica global de los mercados de cereales, debido a que estos son salidas fluctuantes que dependen de la interacción de los inputs para maximizar el output. Tal es el caso de Argentina y Estados Unidos; que habiendo incrementado sus volúmenes de producción de cereales en los últimos años [2], su eficiencia es apenas 39,3% y 86,8% respectivamente. Respecto a Argentina, su baja eficiencia se debe a la distribución inapropiada de la superficie cultivada con cereales lo cual no impacta en el crecimiento anual de la industria [3]. Adicionalmente el cereal presenta un importante nivel de producción en Buenos Aires, a pesar que en el centro de la región argentina, los ambientes bajos sufren anegamientos que limitan el crecimiento y desarrollo de etapas reproductivas empleando más

recursos para poder mantener el volumen de producción anual[6]. Por su parte EEUU posee el mayor número de volumen de cereales, pero su eficiencia alcanza 86,8%; motivado principalmente por el uso de gran cantidad de hectáreas de terreno y pocos rendimientos asociados[3].

El **Cuadro 2.** muestra la estratificación de cada uno de los países analizados; donde se aprecia como altamente eficientes aquellos cuyos valores son del 100%.

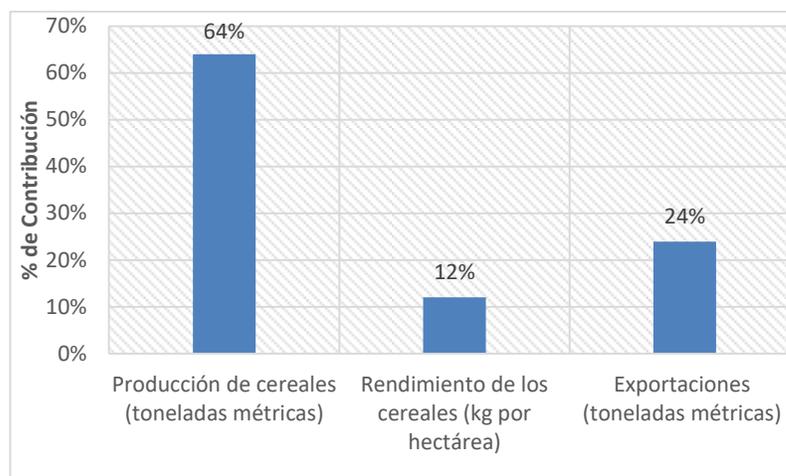


**Figura 2.** Niveles de eficiencia según la aplicación DEA.

**Cuadro 2.** Eficiencia calculada en los países estudiados

País	Eficiencia
Bolivia	100
Brasil	100
Costa Rica	100
República Dominicana	100
EEUU	86,8
Colombia	64,1
Ecuador	57,9
Argentina	39,3
México	36,2
Uruguay	11,5
Chile	4,2

Luego de obtener el valor de eficiencia de cada uno de los países, se análisis la contribución de cada uno de los inputs del estudio. La **Figura 3** muestra que el volumen de cereales (64%) al final de la cosecha es un factor determinante en el valor agregado de la agricultura al sistema económico de cada localidad, mientras que el segundo contribuyente de gran importancia son las exportaciones con una participación de 24%. Finalmente, el rendimiento por área cultivada (*kg/Ha*) solo aporta 12% lo cual es coherente dentro de este mercado, ya que este rendimiento depende de la superficie disponible según las condiciones climáticas.



**Figura 3.** Contribución de las variables de entrada en la eficiencia técnica de los mercados de cereales estudiados.

En análisis de eficiencia correspondiente a los países con volúmenes de producción de cereales mayores a treinta millones, se mantiene Brasil como uno de los productores con alta eficiencia y México se incorpora a esta categoría. La variable producción de cereales es la que determina la eficiencia con respecto al valor agregado (%) en la bolsa de cereales dentro de esta comparación, estos resultados se muestran en el **Cuadro 3**.

**Cuadro 3.** Contribución de las variables a la eficiencia de los países con volúmenes de producción mayor a 30MM.

País	Eficiencia	Producción de cereales (toneladas métricas)	Rendimiento de los cereales (kg por hectárea)	Exportaciones (toneladas métricas)
Brasil	100	99,9		
Argentina	53			99,9
EEUU	86,8	33,3	33,3	33,3
México	100	99,9		
Contribución total		233,1	33,3	133,2
Contribución países eficientes		199,8	0	0
% Contribución a los países eficientes		100%	0%	0%

Así mismo, y a partir del análisis de eficiencia para los países con volumen de producción menor a 30MM (ver **Cuadro 4**), se obtienen resultados con un comportamiento no variable con respecto al análisis de eficiencia para el clúster primario. Se mantienen Bolivia, Costa Rica y República Dominicana como países productores eficientes con respecto al valor agregado generado por cada uno de ellos. En cuanto a la contribución de las variables de entrada, se tiene que las exportaciones son las que determinan el perfil del output con un 75% de participación y el resto es atribuible a la producción de cereales. Los resultados se muestran en el **Cuadro 4**.

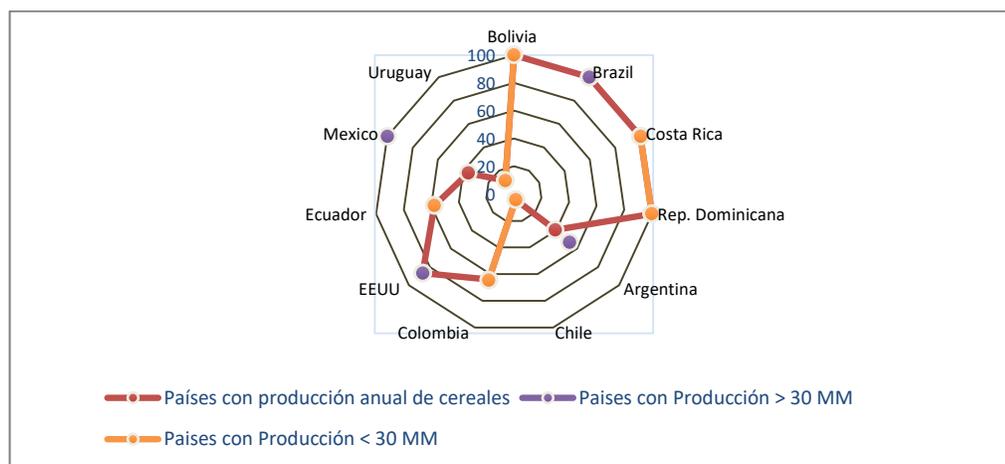
El país que presenta menor eficiencia calculada en el presente estudio corresponde a Chile (4,2%), a pesar que produce volúmenes de cereales mayores a Bolivia (100%). Particularmente en Chile, la mayor parte de las hectáreas (75%) están destinadas a producir maíz para la alimentación animal, en

tanto que una cantidad menor se dedica a la producción de maíz para consumo humano[2]. Debido a que las hectáreas no cubren lo requerido por el país, Chile ha importado para el cierre de 2017 un total de 830 mil 635 toneladas de maíz, las cuales provienen de Argentina (48,2%), Estados Unidos (45,2%) y Paraguay (6,5%)[2].

**Cuadro 4.** Contribución de las variables a la eficiencia los países con volúmenes de producción menor a 30MM.

País	Eficiencia	Producción de cereales (toneladas métricas)	Rendimiento de los cereales (kg por hectárea)	Exportaciones (toneladas métricas)
Bolivia	100	99,9		100
Costa Rica	100			99,9
Rep. Dominicana	100			99,9
Chile	4,2	34,4	34,1	31,6
Colombia	64,7	37,9	23,5	38,5
Ecuador	57,9			99,9
Uruguay	11,5			99,9
Contribución total		172,2	57,6	569,7
Contribución países eficientes		99,9	0	299,8
% Contribución a los países eficientes		25%	0%	75%

Finalmente realizando un estudio comparativo entre los valores de eficiente obtenidos para los once países objetos de estudio inicialmente y la estratificación posterior de países con volúmenes de producción mayor y menor 30MM, puede apreciarse en la **Figura 4**, que la eficiencia de Brasil es independiente de la clasificación en función del volumen de producción. México logra alcanzar una eficiencia de 100% y Argentina aumenta su eficiencia de 39,3 a 53%, comparados dentro de los países con volumen de producción mayor a 30 MM. En cuanto al grupo de países que poseen volúmenes de producción menor a 30 MM, puede evidenciarse que Bolivia, Costa Rica, República Dominicana, Chile, Colombia, Ecuador y Uruguay mantienen el mismo porcentaje de eficiencia con respecto a los valores obtenidos en la comparación inicial de los once países.



**Figura 4.** Comparación del porcentaje de eficiencia en función de los valores obtenidos en los clústeres analizados.

### 3. Conclusiones

Con base al análisis de eficiencia para los países: Brasil, Argentina, EEUU, Bolivia, Costa Rica, República Dominicana, Colombia, Ecuador, Argentina, Uruguay, México y Chile el 64% de contribución a esta eficiencia en el crecimiento de la industrial de cereal se debe al volumen de producción de cereales, 24% corresponde a las exportaciones y el 12% al rendimiento. Así mismo, grandes exportadores de cereales como EEUU y Argentina evidencian una eficiencia de 86,8% y 39,3% respectivamente; indicando que requiere mejoras en la optimización de los recursos, ya que con los insumos empleados pueden aumentar el valor agregado (%) dentro los mercados financieros de cereales.

La eficiencia en cuanto al output para los países de Bolivia, Costa Rica y República Dominicana es independiente de sus volúmenes de producción con respecto a los líderes del mercado en América. El país que presenta menos eficiencia respecto a la producción de cereales es Chile con 4,2% debido a que depende de importaciones para cubrir la demanda interna de cereales, tomando en cuenta que la mayor cantidad de cereales que produce está destinada a consumo animal.

### Referencias

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). *Situación Alimentaria Mundial*, 2018. [OnLine](#)
- [2] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). *Oferta y Demanda de Cereales*, 2018. [OnLine](#)
- [3] Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). *Boletín de Cereales*, 2018. [OnLine](#)
- [4] M.Torres; C.Vásquez. Estudio de sensibilidad de la eficiencia de la calidad percibida del servicio en empresas del sector eléctrico usando DEA. *II Simposio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias 2008. V Jornadas de Productividad, Calidad e Innovación*. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. pages 5, 2008.
- [5] J. Prokopenko. *La gestión de la productividad. Manual práctico*. Ginebra. Organización Internacional del trabajo, 1989.
- [6] G. Souto. Mercado Internacional de Granos: características principales, trayectoria reciente y articulación con el mercado local. Montevideo. pages 28-30, 2013. [OnLine](#)
- [7] J. Schermerhorn. *Administración*. Ed. Limusa. México, 2006.
- [8] M. Masana. Desarrollo sobre las exigencias sobre calidad e inocuidad de alimentos en el mundo, 2025. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Buenos Aires. Page 65. 2015.
- [9] M. Farrell. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120 (3):253-281, 1957.
- [10] O. Blasco; V. Coll. *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*. Universidad de Valencia, España, 2006.
- [11] J. Aparicio. *Una Introducción al Análisis Envolvente de Datos*. Centro de Investigación Operativa Universidad Miguel Hernández de Elche, 2007. [OnLine](#)
- [12] I. Guzmán; C. De Nieves; A.Briones. Evaluación de la eficiencia en el sector de los agronegocios en España: un estudio empírico para la región de Murcia. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 10(71):81-100. 2013. [OnLine](#)
- [13] C. Medina. Eficiencia técnica-económica y riesgo en la producción del cultivo de arroz. Trabajo de grado Universidad de Bío-Bío. Chile, 2014. [OnLine](#)
- [14] F. García. La metodología Análisis Envolvente de Datos (DEA): una aplicación a la producción de arroz en Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 20(1):99-112, 2016. [OnLine](#)
- [15] M.Torres; F. Ayvar; J. Navarro. La eficiencia de la industria de alimentos, bebidas y tabaco: un análisis a través de la envolvente de datos. *Revista Nicolaita de Estudios Económicos*, 8(1):29-52, 2018. [OnLine](#)

- [16] N. Cadenas; B. López. Evaluación de la eficiencia de morteros de revestimiento con aditivos reciclados aplicando Análisis Envolvente de Datos (DEA). *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, 12(1):33–41, 2018.
- [17] R. Banker; A.Charnes; W.Cooper. Some models for estimating technical and scale efficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9):1078–1092, 1984.
- [18] Banco Mundial. *Indicadores de Desarrollo Mundial*, 2018. [OnLine](#)

## **Sobre el autor**

### ***Ángel Alfredo Osorio-Oviedo***

Ingeniero Químico. Magister Scientiarum en Ingeniería Industrial. Experto en tecnologías de fabricación de cereales en Nestlé Venezuela S.A. Candidato a Doctor en la Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre. Barquisimeto, Venezuela.

Correos

aosorio.doctorando@unexpo.edu.ve

angelosoriooviedo@gmail.com

[ORCID](#)