

Medición de la eficiencia en la industria del limón en Colima mediante el análisis envolvente de datos

Omar-Alejandro Pérez-Cruz^{1, A}

Recibido: 8 enero 2019 | Revisado: 28 abril 2019 | Aceptado: 1 mayo 2019

¹ Universidad de Colima, México

^A omar_perez@uclm.mx | <http://orcid.org/0000-0003-3367-8259>

RESUMEN

En este trabajo se analiza la eficiencia total de los factores de la industria del limón en el estado de Colima, México. Se utilizó la metodología no paramétrica del análisis envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés), para evaluar los niveles de eficiencia con que operan las empresas de este sector industrial, en los determinantes: desempeño económico, eficiencia gubernamental e infraestructura. Los resultados de eficiencia relativa muestran que solo el 22% de las empresas son eficientes. El promedio de las empresas estudiadas fue de 0.716296 y el 44% de las empresas se ubican arriba de esta categoría. Los resultados permiten identificar las industrias que presentan mayor eficiencia, mayor competitividad e índices de variación de productividad.

Palabras clave: eficiencia, análisis envolvente de datos, industria del limón.

Measurement of the efficiency in the lemon industry in Colima using the data envelopment analysis

ABSTRACT

This research analyzes the total efficiency of the factors from the lemon industry in the state of Colima, México. Non-parametric methodology from data envelopment analysis (DEA) was used to evaluate the levels of efficiency with which the companies of this industrial sector operate within determinants: economic performance, government efficiency, and infrastructure. The relative efficiency results show that only 22% of the companies are relatively efficient. The average of the reviewed companies was 0.716296 and 44% of the companies are placed above this category. The results allow us to determine the industries that present greater efficiency, which of those are more competitive, and the indices of variation of their productivity.

Keywords: efficiency, data envelopment analysis, lemon industry.

Introducción

El conocimiento de los procesos productivos, en específico la estimación entre los insumos requeridos y las salidas esperadas, es un análisis obligado para todo empresario o para los profesionales de las ciencias económicas, así como para las entidades reguladoras del ámbito gubernamental. Este análisis, aunado al desarrollo de la competitividad empresarial de las últimas décadas, ha potenciado el interés por el análisis y la evaluación de la eficiencia en los diversos ámbitos de la economía (Qi, 2017; Zou, Ma, & Xu, 2018), tanto a escala nacional (Hepu, Kanishka, & Wei, 2018; Leslie, 2015; Rubén, 2010), como regional (Liu, Zhang, Zhang, & Yang, 2017; Nieto del Valle, Barbosa, & Padilla, 2017; Paraskevas & Loukas, 2018).

Aunque el sector industrial ha sido referido en varias ocasiones en la temática de estas investigaciones, una revisión bibliográfica de este tipo de investigaciones evidencia la insuficiencia de aportaciones empíricas en el marco de las industrias y, en específico, del sector agroindustrial (Jolyi, Colineti, Gaunandi, Lemariéi, & Matti, 2016; Weibhuhn, Helming, & Ferretti, 2018). En el caso de la estimación de la eficiencia mediante la aproximación del DEA, las aportaciones referidas al caso de la agroindustria son prácticamente nulas y a nivel internacional, casi inexistentes.

Aspectos importantes relacionados con la gestión de empresas pueden beneficiarse con estos análisis de eficiencia, como es el caso de la evaluación de las relaciones con los clientes (Chienta, Ziping, Minliang, & Xinggui, 2018) o la capacidad de innovación (Wei, Qiankun, Yutong, & Changmin, 2017). Asimismo, estos resultan útiles en los procesos de toma de decisiones (Ming-Fu, Ching-Chiang, Sin-Jin, & Srikanta, 2018) o en los procesos de planificación estratégica, toda vez que al evaluar el desempeño de las unidades de negocio, se posibilita la comparación de las empresas de un mismo nicho de mercado, un país o un bloque económico. De manera ortodoxa las investigaciones sobre el desempeño de la industria generalmente utilizan ratios sobre los niveles de producción; sin embargo, las tasas de retorno de

la inversión y el valor de las ventas, la evaluación del desempeño en la industria por medio de estimadores de eficiencia resultan más prácticas, ya que permite a los directivos utilizar un único estandar que identifica a las industrias eficientes de las ineficientes, e identifica los niveles de ineficiencia (Jin-Peng, 2017).

De este modo, la presente investigación se justifica por la importancia de la industria del limón en Colima, en México y a escala mundial. Colima es el segundo productor a nivel nacional (Intagri, 2018) y México, el segundo productor mundial de esta fruta destinando sus exportaciones a EE. UU., país que consume el 91% de las 609 mil toneladas que envía México al extranjero (Hernández y Olvera, citado en Intagri, 2018). Dada esta posición estratégica, un mejor conocimiento de este sector industrial resulta relevante, con la finalidad de implementar estrategias que permitan adaptarse a las exigencias del entorno, impulsando así la integración de la cadena productiva, apalancando su competitividad y mejorando su posición en el sector económico. Lo anterior se auna al incremento acumulado que ha experimentado la industria del limón como consecuencia de diversos factores: la aplicación de paquetes tecnológicos, la plantación en altas densidades y la transferencia tecnológica de las universidades, entre otros (Conacyt, 2017). Así, esta investigación se posiciona en una de las betas de la economía, no solo nacional sino internacional.

En este sentido, la evaluación del desempeño en la industria del limón mediante estimadores de eficiencia proporciona un marco de análisis oportuno. Los factores exógenos que impactan la economía de manera global y el sector agroindustrial en particular posibilitan la implementación de esta investigación y la aplicación de modelos de eficiencia y productividad, que analicen las restricciones económicas a las que hace frente el sector y permitan evaluar la competitividad de la industria del limón.

El objetivo de este trabajo es analizar el desempeño de las industrias del limón diferenciando los patrones de comportamiento eficientes de los ineficientes. De este modo, frente al análisis de competitividad que ha sido habitual en estas industrias, se aplicó un modelo de eficiencia y productividad con metodología de análisis

envolvente de datos (DEA) con retornos constantes a escala (CRS). Como consecuencia de que los flujos de oferta y demanda varían en función de los recursos necesarios y de la infraestructura disponible, se espera encontrar variaciones entre las industrias colimenses del limón. Estas variaciones entre la infraestructura y la adaptación a cambios en el entorno económico y gubernamental, permiten obtener los índices de eficiencia y productividad de negocio.

La aportación de esta investigación en el contexto empírico de las industrias permite realizar conclusiones claramente diferenciadas con respecto a otros estudios aplicados en diversos sectores de la economía. Si se toma en cuenta que dos de los tres factores que inciden en el desempeño de la industria del limón se refieren al desempeño económico y a la eficiencia gubernamental, esta investigación puede servir de base para el diseño de políticas públicas que localmente contribuyan al desarrollo y la competitividad del sector agroindustrial, en general, y de la industria del limón en particular. Así, resulta de interés económico posicionar aquellas industrias con comportamientos ineficientes, mediante la implementación de estrategias que consoliden la competitividad y agreguen valor a sus procesos, por medio de estrategias de implementación de la calidad, orientación a los clientes, y la gestión de la cartera de productos y la penetración de mercados.

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa, 2018), en el mundo la cosecha de limones es liderada por India y México. De las 16.3 millones de toneladas de limones producidas a escala mundial, India aporta el 17% de esta producción, con 2,835,020 toneladas, mientras que México aporta el 13.6% a la producción mundial con 2,187,257 toneladas, con un valor de US\$465 millones. De esta producción, el 73.4% se destina al mercado nacional, con un consumo per capita de 14.3 kg, mientras que un 27.6% (609 millones de toneladas) se destinan al extranjero, específicamente al mercado de EE. UU., país que adquiere el 91.3% (556 millones de toneladas), mientras que otros como Polonia, Arabia Saudita y Ucrania compran el resto (56 millones de toneladas) de estas exportaciones.

De las 2,415,869 toneladas de limón persa que se produjeron en México en el año 2016, Veracruz aportó el 30% (716,955 toneladas); Michoacán 26% (619,577); Oaxaca 11% (263, 453); Colima 9% (224,389); y Tamaulipas 5% (113, 516), concentrado así el 80% de la producción nacional. Es así que, con un promedio de cosecha de 2,125 toneladas y un crecimiento del 340% en valor de la producción en 10 años, el limón mexicano se presenta como una ventana de oportunidad para su comercialización.

Metodología

Análisis envolvente de datos

Las investigaciones sobre la eficiencia productiva son una técnica que permite medir si las empresas de un determinado sector están trabajando de la mejor manera posible y si están produciendo al máximo, con los insumos que tienen a su alcance (Wei, Qiankun, Yutong, & Changmin, 2017). Comparado con otras técnicas de estimación de eficiencia y optimización (funciones de Cobb Douglas y análisis jerárquicos, entre otras) (Aldwaik & Pontius, 2012; Vargas, 2014), la técnica DEA muestra diversos aspectos de los comportamientos de las empresas, sin necesidad de especificar *a priori* una estrategia funcional para mejorar la eficiencia de las empresas analizadas. Además, conlleva otras ventajas como la flexibilidad de sus interpretaciones y el no requerir la homogeneidad de las unidades de medida. Esto ha potenciado la aplicación de múltiples investigaciones empíricas en las empresas bajo el análisis de DEA (Buitrago-Suescún, Espitia-Cubillos, & Molano-García, 2017).

Como regla general, se establece que la técnica DEA se orienta a los factores (*inputs-outputs* o entradas-salidas) en función de la huella de incertidumbre o FOU (por las siglas en inglés de *footdprint of uncertainty*). Así, dependiendo del tipo de variables que se integren en la metodología y de si estas son controladas o no por la empresa dependerá la orientación de los factores. Por ejemplo, si la empresa no tiene control sobre las entradas, la técnica más acorde a implementar será el DEA con orientación al *output*. Por

el contrario, si la empresa no controla las salidas, resulta adecuado implementar el DEA con orientación a las entradas (Cooper, Seiford, & Tone, 2017).

En el caso de las industrias, estas se encuentran inmersas en condiciones estables de demanda y pueden ajustar sus niveles de producción a los factores de ingresos. Específicamente en la eficiencia productiva industrial del limón, el modelo tradicional DEA es orientado a los *inputs*, partiendo del supuesto de que las restricciones de la capacidad productiva están sujetas a corto plazo, lo que se condiciona a los límites máximos de cosecha, y, por consiguiente, de producción y venta (Weibhuhn, Helming, & Ferretti, 2018).

Modelo DEA-CSR

Este modelo proporciona medidas de eficiencia de tipo radial orientadas a *inputs* y *outputs* y rendimientos constantes a escala, bajo el supuesto de flexibilidad y libre determinación de los *inputs* (Cooper, Seiford, & Tone, 2017). Las consideraciones básicas del modelo son:

1. Eficiencia: uso mínimo de insumos para obtener un producto específico;
2. DMU: unidad de decisión;
3. Productividad: relación entre el producto obtenido y los medios empleados para lograrlo;

$$\text{máx } h_o = \frac{\sum_{r=1}^S \mu_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}}$$

s.t.

$$\frac{\sum_{r=1}^S \mu_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \leq 1$$

s.t.

$$v_i u_i \geq 0; i = 1, \dots, m$$

Ecuación (1)

Donde:

1. Hay n cantidad de DMU que es utilizada como conjunto de referencia; cada una de las cuales emplea los mismos insumos (en m número), para obtener sus productos (en s cantidad).
2. x_{ij} ($x_{ij} \geq 0$) es el número de insumos i consumidas por la j -ésima DMU.
3. x_{i0} es el número de insumos i consumidas por la DMU que es utilizada como conjunto de referencia, DMU_0 .
4. y_{ij} ($y_{ij} \geq 0$) es el número de productos r producidos por la j -ésima DMU.
5. y_{r0} es el número de productos r producidos por la DMU que es utilizada como conjunto de referencia, DMU_0 .
6. μ_r ($r = 1, 2, \dots, s$) y v_i ($i = 1, 2, \dots, m$) son los pesos de las variables, las cuales son determinadas por la solución anterior. Esas designan un peso a los datos en todas las DMU que son utilizadas como conjunto de referencia.
7. λ_j es la participación de cada DMU que componen la muestra de las DMU que son utilizadas como conjunto de referencia.
8. $\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}$ es la suma ponderada de los *inputs*.
9. $\sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0}$ es la suma ponderada de los *outputs*.

De este modo es posible determinar la contribución de cada *input* respecto al total, así como la contribución de cada *output* a la puntuación de eficiencia. Estos resultados proveen una unidad de medida en que los factores de *input* y *output* son empleados para estimar la eficiencia (Cooper, Seiford, & Tone, 2017).

Variables objeto de estudio

La base de datos utilizada fue la de competitividad en el sector agroindustrial del limón. Se analizó la información de 9 de las 12 empresas (75%) de la industria del limón instaladas en la

ciudad de Tecomán, Colima, México (Magaña & Vargas, 2018). La selección de las variables del diseño metodológico de este trabajo fue agrupada en tres variables de entrada: desempeño económico (DE), eficiencia gubernamental (EG) e infraestructura (I); y una variable de salida: eficiencia de negocios (EN). Operacionalmente, las variables se basaron en un estudio previo de Magaña y Vargas (2018).

La primera variable se refiere a información del entorno económico en que se desenvuelven las empresas estudiadas; esta mide aspectos tales como: economía doméstica, comercio, inversión internacional, empleo y precios. La segunda evalúa aspectos relacionados con las finanzas gubernamentales, las políticas públicas, el aspecto institucional, la reglamentación empresarial y el contexto social. La tercera está relacionada con la infraestructura logística, las tecnologías de información y comunicación, las aportaciones científicas, la legislación medio ambiental y las competencias del personal. La eficiencia de negocio busca generar información sobre las normas internacionales, el mercado laboral, las finanzas, la gestión y las actitudes y los valores organizacionales.

Una vez integradas las variables, se realizó un análisis de correlación que se muestra en la Tabla 1. Los resultados evidencian una correlación positiva entre las variables de entrada y salida, resultados que están en consonancia con otros métodos de selección de variables propuestos por diferentes autores (Sözen, Alp, & Özdemirc, 2010; Zimková, 2014). De este modo, el diseño metodológico resulta factible para la implementación del DEA. Es así como las DMU utilizadas como conjunto de referencia de la industria del limón permiten estimar los índices de eficiencia y productividad de este sector en la ciudad de Tecomán, Colima.

Resultados

Inicialmente se determinó la correlación que existe entre cada una de las variables consideradas para determinar la eficiencia del negocio de las empresas estudiadas, la cual se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Valores de correlación existente entre las variables

	Desempeño económico	Eficiencia gubernamental	Infraestructura	Eficiencia de negocio
Desempeño económico	1.0000			
Eficiencia gubernamental	0.6202	1.0000		
Infraestructura	0.6460	0.3631	1.0000	
Eficiencia de negocio	0.2463	0.0580	0.1870	1.0000

Fuente: Elaboración propia con base en STATA 14.

Los resultados de la eficiencia técnica de las DMU se ilustran en la Tabla 2, donde aparece reflejada la información de la varianza registrada por el índice de eficiencia para cada una de las empresas utilizadas para este análisis con relación al estimador de eficiencia. Esto supone la aproximación de medidas de competitividad de las empresas del sector del limón en Colima.

Tabla 2

Estadísticos descriptivos de las variables utilizadas

DMU	DE	EG	I	EN	Media	Máx.	Mín.	Desv.
Frescar	5	8	3	2	4.5	8	2	2.65
Deshidratadora Tecomense	2	2	4	4	3	4	2	1.15
Puerta Caleras	7	4	1	5	4.25	7	1	2.50
Cítricos Tecomenses	9	9	9	8	8.75	9	8	0.50
Productos Taniart	4	5	5	6	5	6	4	0.82
Danisco	8	6	2	3	4.75	8	2	2.75
Citrojugo	6	7	7	9	7.25	9	6	1.26
SICAR	1	2	8	1	3	8	1	3.37
Fresco Cítrico	3	3	6	7	4.75	7	3	2.06

Fuente: Elaboración propia en STATA 14.

En la Tabla 3 se desglosan los resultados por cada una de las variables analizadas.

Tabla 3

Resultados generales de las dimensiones utilizadas

DMU	DE	EG	I	EN
Frescar	3	9	1	6
Deshidratadora Tecomense	9	1	5	2
Puerta Caleras	8	6	4	9
Cítricos Tecomenses	6	5	7	4
Productos Taniart	5	8	6	7
Danisco	7	7	3	8
Citrojugo	1	1	9	5
SICAR	2	1	1	1
Fresco Cítrico	4	4	8	3

Fuente: Elaboración propia en STATA 14.

El *ranking* varía respecto a qué empresa ocupa la primera posición. Así, la tabla anterior muestra que la dimensión de desempeño económico la lidera la empresa Citrojugo y la dimensión de eficiencia gubernamental es liderada por tres empresas: Deshidratadora Tecomense, Citrojugo y SICAR. En la tercera dimensión se ubican, en primera posición, SICAR y Frescar; y en la última dimensión lidera nuevamente SICAR.

Basado en los resultados arrojados por la técnica DEA se propuso clasificar las DMU mediante el procedimiento categorizar intervalos óptimos; y se transformó la variable eficiencia como una variable discreta a partir del promedio obtenido. Así, la clasificación quedó de la siguiente forma: empresas de eficientes óptima (eficiencia = 1), empresas eficientes ($1 > \text{eficiencia} \leq 0,70$), empresas de eficiencia media ($0,69 > \text{eficiencia} \leq 0,60$) y empresas de eficiencia baja ($\text{eficiencia} < 0,59 > \text{eficiencia} < 0,30$). Los resultados de esta clasificación se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

Clasificación de empresas de acuerdo con el nivel de eficiencia

Eficiencia Óptima	Eficientes	Eficiencia media	Eficiencia baja
Puerta Caleras	Frescar	Deshidratadora Tecomense	SICAR
Citrojugo	Danisco	Productos Taniart	Cítricos Tecomenses
		Fresco Cítrico	

Fuente: Elaboración propia en STATA 14.

Una DMU será eficiente si su valor es igual a 1 ($h_o = 1$); por el contrario, la DMU será ineficiente y su posición en el *ranking* depende del valor decreciente que obtenga. De esta forma, se realizó un posicionamiento de las nueve empresas analizadas en este estudio, a partir de la propuesta de supereficiencia de Andersen y Petersen (1993). Los resultados de este modelo permiten hacer el *ranking* de las empresas y en este se observa que el mejor desempeño de las empresas eficientes es DMU 4 y DMU 7. En la Tabla 5, se aprecia el *ranking* completo de las DMU analizadas.

Tabla 5

Ranking de eficiencia las empresas analizadas

DMU	Ranking	Theta
Frescar	3	.794976
Deshidratadora Tecomense	5	.640811
Puerta Caleras	1	1
Cítricos Tecomenses	8	.587513
Productos Taniart	6	.62315
Danisco	4	.782682
Citrojugo	1	1
SICAR	9	.395025
Fresco Cítrico	7	.622511
Promedio		0.716296

Fuente: Elaboración propia en STATA 14.

Bajo un modelo DEA CRS, las empresas de la industria del limón con un comportamiento más favorable en cuanto a su productividad son: Puerta Caleras y Citrojugos, las que comparten la primera posición con índices de eficiencia (valor theta) de 1. Por su parte, Frescar y Danisco se encuentran con índices de eficiencia menores a 1, pero presentan un buen desempeño con un índice de eficiencia por encima del promedio (0.86637). Bajo el modelo DEA CRS, el 44% de las empresas del sector del limón en Colima tienen un índice de eficiencia superior al promedio, pero solo el 22% del total de empresas se consideran eficientes.

Finalmente, se puede argumentar que las empresas que sirven como indicadores de *benchmarking* para las industrias que resultaron ineficientes son: Cítricos Tecomenses y Citrojugos. Estas empresas aparecen en el conjunto de referencia de los primeros lugares con un índice de eficiencia de 1, lo que sugiere la posibilidad de realizar posteriores investigaciones sobre eficiencia organizacional con estas empresas, y transferir las estrategias a las empresas ineficientes para mejorar su competitividad.

Conclusiones

En este trabajo se evaluó la productividad y el comportamiento eficiente de las empresas productoras de limón, a través de la aplicación de la metodología no paramétrica de análisis envolvente de datos. En este trabajo se evaluó la productividad y el comportamiento eficiente de las empresas productoras de limón, a través de la aplicación de la metodología no paramétrica de análisis envolvente de datos. Metodológicamente, el análisis DEA empleado en esta investigación no es la única herramienta para la evaluación de la productividad y la eficiencia de las unidades económicas; sin embargo, la dificultad para obtener información sobre la eficiencia de negocio, a partir de la infraestructura con la que cuenta y su relación con las reglas de operación gubernamental, en una lógica de *inputs* y *outputs*, hace necesaria la aplicación de métodos no paramétricos de evaluación. Uno de estos métodos no paramétricos es el DEA, orientado a los *outputs*, aquí aplicado; sin embargo, este

no es el único, ya que se pueden utilizar otros modelos alternativos que son objeto de otras investigaciones sobre el tema.

En términos generales y en sintonía con lo expuesto por otros autores (Espinosa, 2018), el incremento en la demanda del limón a escala mundial y la situación económica en que se encuentra la agricultura en México son factores que favorecen a la industria del limón en el País, lo que muestra una dinámica cíclica y sensible en la economía (Ortiz, 2018). Por su parte, la industria del limón en Colima es beneficiada por los factores ambientales, ya que puede cosechar el limón en todo el año; por esta razón, su producción es constante y controlada y, en periodos de invierno, la cosecha se mantiene, lo que permite atender la demanda del mercado. La productividad y la eficiencia en situaciones favorables conlleva un incremento en la rentabilidad y el ingreso de las familias de la región. Por consiguiente, una mayor rentabilidad potencia la inversión y la competitividad, y el poder adquisitivo se disemina en la economía local con mayor efectivo circulante, más empleos y mayores expectativas de bienestar social.

Como aportaciones al conocimiento de las ciencias económicas-administrativas, se puede argumentar que lo que caracteriza el comportamiento eficiente de una empresa no se determina por su desempeño económico, sino por las estrategias a implementar para gestionar las reglas de operación gubernamental y la eficiencia de negocio, a partir de la infraestructura con la que cuenta. En este sentido, se puede concluir la pertinencia de comenzar a limitar el enfoque administrativo que le otorga una eficiencia empresarial al desempeño económico y avanzar en el diseño de políticas públicas que faciliten las regulaciones gubernamentales para el sector del limón, en particular, y para la agricultura, en general, en México.

Referencias

- Aldwaik, S., & Pontius, R. (2012). Intensity analysis to unify measurements of size and stationarity of land changes by interval, category, and transition. *Landscape and Urban Planning*, 160(1), 103–114.

- Andersen, P., & Petersen, N. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management Science*, 39(10), 1261–1264. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1261>
- Buitrago-Suescún, O., Espitia-Cubillos, A., & Molano-García, L. (2017). Análisis envolvente de datos para la medición de la eficiencia en instituciones de educación superior: una revisión del estado del arte. *Revista Científica General José María Córdova*, 15(19), 147–173.
- Chienta, C., Ziping, C., Minliang, H., & Xinggui, Z. (2018). Applying the Data Envelopment Analysis to Discuss Performance Evaluation of Customer Relationship Management in Shipping Industry. *Journal of Coastal Research*, 83(1), 833–838.
- Conacyt. (2017). *Repunta producción de limón mexicano con biotecnología*. Recuperado de: <http://conacytprensa.mx/index.php/ciencia/ambiente/16040-produccion-limon-mexicano-biotecnologia>
- Cooper, W., Seiford, L., & Tone, K. (2017). *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and dea-solver software*. New York, NY: Springer.
- Espinosa, D. (2018). *Limón mexicano, el nuevo “oro verde” de la citricultura (II)*. Recuperado de <https://www.economista.com.mx/opinion/Limon-mexicano-el-nuevo-oro-verde-de-la-citricultura-I-20180619-0113.html>
- Hepu, D., Kanishka, K., & Wei, X. (2018). Evaluating the performance of e-government in developing countries. *Internet Research*, 28(1), 169–190.
- Intagri. (2018). La producción de limón en México. *Serie Frutales. Artículos Técnicos de INTAGRI*, (41), 1–5. Recuperado de: <https://www.intagri.com/articulos/frutales/la-produccion-de-limon-en-mexico>
- Jin-Peng, L. (2017). Total-factor energy efficiency (TFEE) evaluation on thermal power industry with DEA, malmquist and multiple regression techniques. *Energies*, 10(7), 10–39.
- Jolyi, P., Colineti, L., Gaunandi, A., Lemariéi, S., & Matti, M. (2016). Agricultural research impact assessment: issues, methods and

- challenges. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, 98(1), 1–51.
- Lesli, H. (2015). Show me the numbers: examining the dynamics between evaluation and government performance in developing countries. *World Development*, 70(1), 1–12.
- Liu, X., Zhang, S., Zhang, Q., & Yang, W. (2017). An extended ADOP for performance evaluation of single-frequency single-epoch positioning by BDS/GPS in Asia-Pacific Region. *Sensors*, 17(10), 1–30.
- Magaña, P., & Vargas, J. (2018). Competitividad en el sector agroindustrial: caso del limón en Colima. En O. Pérez-Cruz, *Agronegocios en México: competitividad y desafíos* (pp. 73–100). Hermosillo, México: Qartuppi.
- Ming-Fu, H., Ching-Chiang, Y., Sin-Jin, L., & Srikanta, P. (2018). Integrating dynamic Malmquist DEA and social network computing for advanced management decisions. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 35(1), 231–241.
- Nieto del Valle, C., Barbosa, P., & Padilla, L. (2017). Balance de la actuación de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte de 1994 al 31 de octubre de 2017. *Cimexus*, 12(2), 201–218.
- Ortiz, H. (2018). *Oportunidades en la red limón mexicano en Michoacán (I)*. Recuperado de: <https://www.economista.com.mx/opinion/Oportunidades-en-la-red-limon-mexicano-en-Michoacan-I-20180606-0101.html>
- Paraskevas, N., & Loukas, D. (2018). Evaluation of road safety policies performance across Europe: results from benchmark analysis for a decade. *Transportation Research Part A: Policy & Practice*, 116(1), 232–246.
- Qi, C. (2017). Empirical analysis of the impact of network marketing on the real economy and performance evaluation. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 32(12), 949–956.
- Rubén, A. (2010). SCImago Journal & Country Rank, a platform for performance evaluation of science according to documentary sources and countries. *ACIMED*, 21(2), 12–26.
- Sagarpa. (2018). *Atlas agroalimentario, 2017*. Recuperado de: <http://online.pubhtml5.com/clsi/ibhs/#p=102>

- Sözen, A., Alp, I., & Özdemirc, A. (2010). Assessment of operational and environmental performance of the thermal power plants in Turkey by using data envelopment analysis. *Energy Policy*, 38(10), 6194–6203. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.06.005>
- Vargas, B. (2014). La Función de producción COBB-DOUGLAS. *Fides Et Ratio. Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 8(8), 67–74.
- Wei, G., Qiankun, L., Yutong, S., & Changmin, W. (2017). Management innovation capability and performance evaluation of Chinese Textile enterprises based on DEA model. *Journal of Xi'an Polytechnic University*, 31(5), 675–681.
- Weibhuhn, P., Helming, K., & Ferretti, J. (2018). Research impact assessment in agriculture—A review of approaches and impact areas. *Research Evaluation*, 27(1), 36–42.
- Zimková, E. (2014). Technical efficiency and super-efficiency of the banking sector in Slovakia. *Procedia Economics and Finance*, 12(1), 780–787. [http://dx.doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00405-5](http://dx.doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00405-5)
- Zou, M., Ma, R. T. B., & Xu, Y. (2018). Towards an efficient market mediator for divisible resources. *Performance Evaluation*, 127–128(1), 212–234.

Cómo citar este artículo:

Pérez-Cruz, O. A. (2019). Medición de la eficiencia en la industria del limón en Colima mediante el análisis envolvente de datos. *Fórum Empresarial*, 24(1), 7–22.

© 2019 *Fórum Empresarial*. Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution–NonCommercial 4.0 International (CC BY–NC 4.0).