

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA INDUSTRIA DEL MEZCAL PRODUCIDA EN LAS ENTIDADES FEDERATIVAS DE MÉXICO: UN ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)

ALEJANDRO RODRÍGUEZ GARCÍA¹, ALBERTO ORTIZ ZAVALA^{2*}

¹FACULTAD DE CONTABILIDAD Y ADMINISTRACIÓN, UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO; CIUDAD UNIVERSITARIA, MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO; 1650945x@UMICH.MX  [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0001-9413-1295](https://orcid.org/0000-0001-9413-1295)

²FACULTAD DE CONTABILIDAD Y ADMINISTRACIÓN, UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO; CIUDAD UNIVERSITARIA, MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO; 1650943D@UMICH.MX  [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0001-5510-1536](https://orcid.org/0000-0001-5510-1536)

*AUTOR CORRESPONSAL

Citación: Rodríguez García, A. & Ortiz Zavala, A. (2022). Evaluación de la eficiencia de la industria del mezcal producida en las entidades federativas de México: un análisis de la envolvente de datos (DEA). *Inquietud Empresarial*, 22(1), 81-97. <https://doi.org/10.19053/01211048.13886>

Editor: Blanco-Mesa, Fabio

Recibido: 15/01/2022

Aceptado: 03/05/2022

Publicado: 01/06/2022

Códigos JEL: C14

Tipo de artículo: Investigación



Resumen: la presente investigación tiene como objetivo determinar cuáles son las entidades federativas más eficientes en México. La metodología utilizada para la evaluación de la eficiencia es con métodos no paramétricos; se emplea el método de análisis envolvente de datos, la metodología de matriz de eficiencia cruzada que robustece la metodología DEA y la metodología de operadores ponderados de Wang (OWA) (2011). Para realizar estas mediciones se utilizan los datos proporcionados por el Consejo Regulador del Mezcal (2017). Los resultados muestran que la entidad federativa más eficiente es Puebla y la menos eficiente es Oaxaca. Respecto a la eficiencia cruzada, se encuentra que la producción del agave como materia prima es altamente eficiente. Como conclusión, se observa que la eficiencia de las entidades federativas no depende del tamaño de las hectáreas cultivadas. En cuanto a la originalidad, esta evaluación de la eficiencia de la industria del mezcal a las entidades federativas mexicanas utiliza la metodología DEA, la metodología de matriz de eficiencia cruzada y los operadores ponderados de Wang (OWA) en un mismo estudio.

Palabras clave: mezcal, eficiencia, DEA, entidades federativas, denominación de origen.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE MEZCAL INDUSTRY PRODUCED IN THE MEXICAN STATES: A DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)

Abstract: the objective of this research is to determine which are the most efficient states in Mexico. The methodology employed for the evaluation of efficiency is based on non-parametric methods; the data envelopment analysis method, the cross-efficiency matrix methodology that strengthens the DEA methodology, and the Wang weighted operators (OWA) methodology (2011) are used. For these measurements, the data provided by the Mezcal Regulatory Council (2017) were utilized. The results show that the most efficient federal entity is Puebla and the least efficient is Oaxaca. Regarding cross-efficiency, it is found that the production of agave, as a raw material, is highly efficient. As a conclusion, it is observed that the efficiency of the states does not depend on the size of the cultivated hectares. Regarding originality, this evaluation of the efficiency of the mezcal industry in the Mexican states uses the DEA methodology, the crossed efficiency matrix methodology and Wang's Weighted Operators (OWA) in the same study.

Keywords: mescal, efficiency, DEA, states, designation of origin.

INTRODUCCIÓN

La industria del mezcal en México está dedicada a la fabricación de bebidas provenientes del agave y con contenido de etanol. Cuenta con su Denominación de Origen Mezcal (DOM), publicada por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial en el Diario Oficial de la Federación, el 28 de noviembre de 1994, la cual consagra que será de uso exclusivo la utilización del nombre del mezcal en el territorio mexicano, en las siguientes entidades federativas: Oaxaca, Guerrero, Durango, San Luis Potosí, Zacatecas, Guanajuato, Michoacán, Tamaulipas y Puebla. Son nueve entidades mexicanas con este derecho, las cuales generan 17 000 empleos directos y más de 70 000 empleos indirectos (Consejo Regulador del Mezcal, 2020). Por otra parte, la entidad federativa con mayor eficiencia en la industria del mezcal es Oaxaca, ya que es la que cuenta con la mayor extensión de hectáreas cultivadas y cosechadas de agave.

México es el lugar de origen del agave —materia prima para el mezcal— y concentra la mayoría de estas especies a nivel mundial. Existen 125 especies de agaves (Cervantes, 2002), de las cuales el *Agave angustifolia* es el mayormente utilizado para elaborar el mezcal, variedad que en el 2016 se utilizó para producir el 76 % del volumen total del mezcal (Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, 2017).

Como antecedentes históricos se encuentra que en el México independiente (siglo XIX) se consumía el pulque, el tequila y el mezcal. Durante el siglo XX, el consumo del mezcal estuvo asociado a un grupo de gente, generalmente a obreros o personas de ingresos no muy elevados, con temperamento agresivo, pero esto cambió para el siglo XXI: en la Ciudad de México se inició el consumo del mezcal por personas de ingresos elevados, que gustan de consumir productos orgánicos, costosos y de elaboración tradicional. Dicho grupo, conocido como *hipsters*, ha provocado que sea imitado por otros miembros de la sociedad, lo que ha traído como consecuencia la elevación del consumo del mezcal en fechas recientes (Zizumbo & Villareal, 2009).

A continuación, se muestra un aspecto relevante e indispensable en México por considerar para la elaboración de las bebidas alcohólicas, así como para la fabricación del mezcal, que cuenta con un permiso especial relacionado con su denominación de origen.

La Norma Oficial Mexicana (NOM) señala los requisitos que debe reunir la producción de bebidas fermentadas o destiladas (NOM-070-SCFI-2016), establece las características de producción, envasado, comercialización y etiquetado NOM-070-SCFI-2016, especificaciones sanitarias NOM-142-SSA1/SFCI-2014, prácticas de higiene en el proceso de elaboración de alimentos y bebidas NOM-251-SSA12009, métodos de ensayo y prueba sobre bebidas alcohólicas NMX-V-004-NORMEX-2013, regulaciones sobre su contenido alcohólico en cuanto a su porcentaje NMX-V-013-NORMEX-2013, así como la resolución en la que se le otorga la protección a la Denominación de Origen Mezcal (DOM) publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de noviembre de 1994.

Enseguida se presenta información sobre el Consejo Regulador del Mezcal en México, institución que participa de forma reguladora en la producción del mezcal.

Con la finalidad de crear y proteger la Denominación de Origen del mezcal, el 12 de diciembre de 1997 se forma la asociación civil denominada Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, A.C., (CRM), con el propósito de ser un Organismo de Certificación del Mezcal, basado en la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994, Bebida Alcohólica-Mezcal. Corresponde al CRM salvaguardar la Denominación de Origen Mezcal (DOM), vigilando el cumplimiento de normas de calidad en la producción, el envasado, el etiquetado y la comercialización del mezcal. Esta asociación, avalada por el Gobierno Federal Mexicano, inicia la supervisión desde la plantación de maguey o agave, cultivado o silvestre, constatando la ubicación de los predios, garantizando que se encuentren en la zona geográfica protegida por la Denominación de Origen (Consejo Regulador del Mezcal, 2020).

El mercado internacional para la comercialización del mezcal es de relevancia económica, ya que los precios ofrecidos en los mercados internacionales alcanzan un precio promedio de venta mayor al 100 % del precio ofrecido dentro del territorio mexicano; de ahí la importancia que tiene este producto en el ámbito internacional tanto para los productores como para los comercializadores relacionados con esta bebida. Las exportaciones se concentran en un porcentaje relevante hacia Estados Unidos de América. Después de este país, los consumidores de mezcal, en mayor volumen, son Alemania, seguido de

Australia, Reino Unido, Chile, España, Francia Canadá y Holanda, así como otros de menor relevancia. Cabe mencionar que Alemania ha llegado a superar a Estados Unidos de América en el consumo anual de mezcal (Consejo Regulador del Mezcal, 2020).

En el período de 2012 al 2016, el valor de las exportaciones del mezcal tuvo un incremento, pasando de vender a los mercados internacionales 260 000 USD en 2012 a 27 000 000 USD para 2016, lo que representa un incremento muy significativo de las ventas en ese lapso (Consejo Regulador del Mezcal, 2020).

Respecto a los países que ofrecen la mayor cantidad de efectivo por el litro de mezcal, se encuentra en primer lugar Hong Kong, que demanda el mezcal ofreciendo pagarlo hasta cinco veces más que lo pagado por Estados Unidos de América, seguido de Suecia, que ofrece pagarlo hasta dos veces más que Estados Unidos de América, seguido de Singapur, Italia, Colombia, Suiza, Japón, Canadá, Holanda, entre otros (Consejo Regulador del Mezcal, 2020).

A continuación, se presenta una revisión de diversos autores que han hecho estudios sobre la eficiencia.

Para Chowdhury y Haron (2021), la eficiencia puede ser medida utilizando la información obtenida tanto en el estado de pérdidas y ganancias como de los datos del balance general de las diversas Data Management Unit (DMU, por sus siglas en inglés), unidades de evaluación o de toma de decisiones, utilizando como *inputs* las inversiones en capital fijo, así como los gastos por diversos conceptos. Serán utilizados como *outputs* los rendimientos (Chowdhury & Haron, 2021). Melone y Rojas (2020) consideran que, para evaluar la eficiencia en las empresas e instituciones, se debe considerar al activo invertido por la institución como insumos o *inputs*. Y consideran como *output* o producto a lo obtenido como resultado de lo invertido en la empresa (Melone & Rojas, 2020).

Gutiérrez *et al.* (2007) señalan que la evaluación de la eficiencia mediante la envolvente de datos debe hacerse teniendo en cuenta diversas variables para la obtención de un resultado final. Señalan a los insumos ingresados como *inputs* para la evaluación de esta. Para la determinación de los *outputs* se utilizan los montos de las ventas de diversas formas, como lo son las ventas en efectivo o las ventas a crédito a los diversos clientes de la empresa. Farfán y Ruiz (2019) opinan que para establecer la eficiencia mediante un análisis envolvente de datos, se debe estimar la cuenta de gastos de operación de la empresa como *inputs* para la evaluación, y se debe conocer el monto las ventas, tanto en efectivo como a crédito, como *outputs*, para determinar la eficiencia, así como considerar, en general, lo producido o lo obtenido como *output* (Farfán & Ruiz, 2019).

Torres (2017) realiza diversos estudios para determinar las variables por utilizar para la evaluación de la eficiencia, buscando establecer cuáles son los *inputs* y los *outputs* que se han de emplear. Encuentra que en la industria de las bebidas se pueden usar diversos *inputs* relacionados con los gastos que se destinen para crear un producto, así como también se puede tener en cuenta todo lo ingresado para lograrlo. Respecto a los *outputs* por seleccionar, se consideran los relacionados con lo producido, tanto en especie como en efectivo, relativos a las ventas del producto.

Una vez realizada esta revisión de literatura de diversos autores, se procede a definir el objetivo de la presente investigación, el cual es la evaluación de la eficiencia en la industria del mezcal en las entidades federativas mexicanas que cuentan con la Denominación de Origen Mezcal (DOM) para la

elaboración de esta bebida, mediante la utilización de la envolvente de datos (DEA), así como también la obtención de la eficiencia cruzada promedio, buscando determinar la brecha existente entre la determinación de la eficiencia por entidad federativa, así como el mayor número de hectáreas cultivadas o cosechadas de agave. También se utiliza la metodología de operadores ordenados ponderados de Wang (2011).

El presente artículo tiene la siguiente estructura. Inicialmente está la introducción, que presenta los antecedentes históricos y una contextualización del mezcal, así como una revisión de literatura de diversos autores que han realizado estudios sobre esta bebida. Después se expone el marco teórico, con conceptos relacionados con la eficiencia y sus definiciones conceptuales. Posteriormente, se enuncia la metodología utilizada en el presente artículo para la evaluación de la eficiencia. Así mismo, se muestran los datos que serán tomados como base para la estimación de las evaluaciones. Finalmente se exponen los resultados encontrados, las conclusiones, discusiones, así como las limitaciones halladas, las futuras líneas de investigación y la originalidad del artículo.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de la eficiencia

En la primera mitad del siglo XX, el concepto de eficiencia se analiza desde la perspectiva de Pareto, según la cual la eficiencia se logra si ninguna persona puede mejorar sin que alguien empeore. En el marco de los supuestos de la existencia de mercados para los productos hay competencia de mercado competitivo, los costos de transacción no son considerados como relevantes. Para la segunda mitad del siglo XX se pusieron en duda los supuestos de la economía clásica, a partir de un análisis de la eficiencia interna de la empresa. Farrell (1957), inspirado en los trabajos de Koopmans, presenta novedades en el enfoque de eficiencia permitiendo la inclusión de múltiples insumos y múltiples productos.

1.2 Definición de eficiencia

La eficiencia muestra una relación con la economía de recursos, es la relación entre los resultados producidos y los ingresos usados, logrando una magnitud multidimensional producto de una diversidad de *inputs* y de *outputs* (Coll & Blasco, 2006). Es la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera, buscando la utilización menor de recursos posibles (Real Academia Española, 2019). Es un índice de costo-efectividad que mide el objetivo logrado, señalando lo gastado y lo producido (Cooper et al., 2006).

Farrell (1957) menciona que la eficiencia logrará producir el mayor *output* posible, a partir del grupo de *inputs*. Él señala que existe eficiencia técnica, eficiencia de precios y eficiencia global:

- Eficiencia técnica: es lograr obtener el mayor *output*, dado un grupo de ingresos.
- Eficiencia de precios: es lograr elegir un conjunto óptimo de *inputs* de forma mínima.
- Eficiencia global: será el producto de las dos anteriores.

1.3 *Envolvente de datos (DEA): datos introductorios*

La evaluación de la eficiencia muestra la distancia de la unidad analizada a la frontera eficiente y podrá ser medida mediante métodos paramétricos y no paramétricos. En los métodos no paramétricos, el conjunto de opciones de producción se da a partir de supuestos que definen una frontera eficiente; cabe señalar que la eficiencia que se obtiene con esta medición será una eficiencia relativa. El análisis envolvente de datos (Data Envelopment Analysis [DEA]) es adecuado para evaluar las eficiencias de los sectores relevantes de la economía y obtener una frontera eficiente y una distancia eficiente relativa (Guede-Cid, 2011).

1.3.1 Ventajas y desventajas de la metodología DEA

La metodología DEA presenta limitaciones, es sensible a errores y pueden existir observaciones que sesgan el resultado. Funciona mejor con un mayor número de unidades de medición (DMU por sus siglas en inglés), por lo que presenta ventajas y desventajas que ayudan en la decisión de su utilización (Rodríguez et al., 2007). A continuación, la Tabla 1 muestra algunas ventajas y desventajas.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la metodología DEA

Ventajas	Desventajas
1. No es necesario especificar los costos o la forma funcional de producción.	1. Este método es sensible a los datos atípicos en la muestra.
2. Flexibilidad en el uso de información, cualquiera que sea la unidad de medida.	2. Se requiere información completa, homologada.
3. Es menos susceptible a errores de especificación.	3. Se obtienen resultados puntuales de eficiencia, sin poder analizar su precisión.
4. Su comprensión no es muy difícil.	4. Los resultados muestran diferencias que no detallan si la diferencia se debe a errores en los datos.
5. Evalúa presencia de economías a escala.	5. No se pueden predecir comportamientos.

Fuente: elaboración propia con datos de Navarro (2005).

La Tabla 1 muestra que existen ventajas en la utilización de la metodología DEA, así mismo se muestra el hecho de que esta metodología contiene limitantes; una de estas limitantes es que el análisis de la envolvente de datos (DEA) requiere que las unidades de decisión (Decision-Making Unit [DMU]) sean homogéneas, es decir, que la estructura de los indicadores de insumos y productos sea similar para todas las DMU (Ramanathan, 2003). A continuación, se muestra la metodología DEA.

2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la evaluación de la eficiencia de los datos por medir mediante la envolvente de datos (DEA), recaba información tanto de los insumos o materiales, utilizados o gastados, a los que se les llamará *inputs*. Asimismo, conseguirá la información de los productos obtenidos, los cuales pueden ser un producto en litros, en dinero o en producción de materia prima, a lo que se le llamará *outputs*. Dicha combinación, entre lo ingresado y lo producido, nos mostrará un índice de

eficiencia, el cual tenderá al número 1, siendo este el más eficiente, y tenderá a cero el menos eficiente (Thanassoulis, 2001).

A continuación, se presenta el modelo DEA CCR

2.1 Forma general del Modelo CCR DEA

Siguiendo la formulación de Ramanathan (2003), un modelo CCR DEA de maximización de la producción general se puede representar de la siguiente manera:

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^J V_{jm} Y_{jm} \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^I U_{im} X_{im} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^J V_{jm} Y_{jn} - \sum_{i=1}^I U_{im} X_{in} \leq 0; \quad n = 1, 2, K, N \quad (3)$$

$$V_{jm}, U_{im} \geq \varepsilon; \quad i = 1, 2, K, I; \quad j = 1, 2, K, J \quad (4)$$

Este programa se puede representar en forma de matriz como se muestra a continuación:

$$\text{Max } Z = V_m^T Y_m \quad (5)$$

Sujeto a:

$$U_m^T X_m = 1 \quad (6)$$

$$V_m^T Y - U_m^T X \leq 0 \quad (7)$$

$$V_m^T, U_m^T > \varepsilon \quad (8)$$

Donde X es la matriz de *inputs*, mientras que Y es la matriz de los *outputs*. V es el peso asignado para el *output*, U es el peso asignado para el *input*, Z es la eficiencia de la m -ésima DMU, Y_{jm} es la j -ésima de la m ésima DMU, X_{im} es la i -ésima de la m -ésima DMU, Y_{jn} y X_{in} son el j -ésimo *output* y el i -ésimo *input*, respectivamente de la n -ésima DMU.

De manera similar, un modelo CCR DEA de minimización general de *input* puede representarse de la siguiente manera (Ramanathan, 2003):

$$\text{Min } Z' = \sum_{i=1}^I U'_{im} X_{im} \quad (9)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^J V'_{jm} Y_{jm} = 1 \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^J V'_{jm} Y_{jn} - \sum_{i=1}^I U'_{im} X_{in} \leq 0; \quad n = 1, 2, K, N \quad (11)$$

$$V'_{jm}, U'_{im} \geq \varepsilon; \quad i = 1, 2, K, I; \quad j = 1, 2, K, J \quad (12)$$

Para enfrentar el problema de la eficiencia en la parte relacionada con el precio, la envolvente de datos DEA propone hacer que las ponderaciones de cada DMU (unidad de decisión) estén sujetas a un rango de pesos de las otras DMU (Ramanathan, 2003). Esta propuesta de estrategia no permitirá visualizar exactamente la eficiencia en precios, pero sí será posible homogeneizar las DMU, unidades

de decisión, en su estructura referente a los *inputs*. Sexton *et al.* (1986) señalan que al procedimiento de la eficiencia cruzada de la DMU j medida por la DMU k , que consiste en medir el cociente entre las ponderaciones de los productos entre las ponderaciones de los insumos obtenidos cuando se usan los niveles de insumo y de producto de la DMU j y las ponderaciones de los insumos y productos de la DMU k , se le puede denominar *eficiencia cruzada* (Sexton *et al.*, 1986):

$$Ek_j = \frac{\sum_{r=1}^s U_{rk} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_{ik} X_{ij}} \quad (13)$$

Donde Ek_j es la entrada en la fila k , de la columna j , en una matriz n -por- n , V es el peso asignado para el producto (*output*), U es el peso asignado para el *input*. La ponderación del insumo (*input*) está representada por la letra U ; U_{rk} , son las ponderaciones de los *inputs*, V_{ik} , son las ponderaciones de los *outputs*; Y_{rj} , es la r -ésimo producto de la j -ésima DMU y X_{ij} , es la i -ésimo insumo asociado a la j -ésima DMU (Sexton *et al.*, 1986). En este caso, las eficiencias del modelo CCR se presentan en la diagonal de la matriz de eficiencia cruzada y se conocen como eficiencias autoevaluadas.

Un factor que posiblemente reduce la utilidad percibida de la eficiencia cruzada es que las ponderaciones de U_{rk} y de V_{ik} que maximizan la eficiencia de cada DMU k , pueden no ser únicos. Por lo tanto, los pesos k de las otras DMU de cuál de las soluciones alternativas al problema de programación lineal pueden depender. Una respuesta a esta limitación sería introducir un objetivo secundario (Sexton *et al.*, 1986).

De acuerdo con Wang (2011), en el uso de pesos iguales para la eficiencia cruzada la agregación tiene un inconveniente importante, las eficiencias llamadas de autoevaluación no desempeñan un papel lo suficientemente importante en la evaluación y clasificación final. Además, cuando los pesos son equivalentes en el agregado, no existe una forma clara de tomar en consideración las preferencias subjetivas del tomador de decisiones (Decision Maker [DM]) sobre cual deben ser las mejores eficiencias relativas en la evaluación general. Para solventar esta situación se propone el uso de operadores de ponderaciones promedio (OWA, por sus siglas en inglés). El procedimiento incluye, para diferentes niveles de optimismo de las DMU, la selección de las ponderaciones OWA que se deben cumplir (Wang, 2011):

$$\text{Optimismo } (W) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (n-1) w_i \quad (15)$$

Donde *Optimismo* (W) es la función para la toma de decisión más optimista de acuerdo con el criterio de maximización, donde n es la dimensión del operador OWA, donde w es el operador (vector de peso de 1, hasta n , que debe tener valores en el intervalo $[0,1]$).

La obtención de las ponderaciones w_i , se puede generar a través de (Wang, 2011):

$$\text{Maximizar Disp } (W) = - \sum_{i=1}^n w_i \ln w_i \quad (16)$$

Donde (Wang, 2011) *Maximizar Disp* (W) es la identidad para la toma de decisión más optimista en base al operador OWA (criterio de maximización), donde w_i es el operador (vector de peso de 1 hasta n).

Sujeto al nivel de optimismo

$$W = \alpha = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (n-i) w_i, \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (18)$$

$$w_i \geq 0, i = 1, \dots, n \quad (19)$$

En la introducción de este artículo se encuentra una revisión de literatura donde se presentan algunos autores que han utilizado esta metodología para la evaluación de la eficiencia, quienes mencionan que serán utilizados como *inputs* los gastos o materiales utilizados en la producción de los *outputs*, donde estos, los segundos, serán el resultado de haber ingresado los *inputs*. Enseguida, se presentan los datos utilizados como *inputs* y como *outputs* para la evaluación de la eficiencia.

2.2 Datos

La Tabla 2 indica datos de las entidades federativas en México que cuentan con la DOM, muestra las superficies sembradas de agave, la superficie de agave cosechada (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2018), así como también la producción en toneladas y el valor de la producción mostrada en miles de pesos, considerando el valor del peso mexicano a un tipo de cambio de 1 a 20.00 pesos 00/100 M.N., en el momento de la investigación (Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, 2017), con el fin de obtener equivalencias para lectores extranjeros o futuras lecturas con otro valor de mercado. Los datos mostrados en las tablas 3, 4, y 5 son obtenidos del informe del Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (2017), los cuales son los más actuales y sirven como base para realizar las mediciones que se van a utilizar. Estos datos se dividen en dos tipos: datos *inputs* y los datos *outputs*, que se utilizan combinadamente para obtener un resultado mostrando la eficiencia de cada entidad.

Tabla 2. Entidades federativas que cuentan con la DOM mostrando insumos en hectáreas (ha) y mostrando producción en toneladas (t) y en miles de pesos

Estado (2016)	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Superficie siniestrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	PMR (\$/t)	Valor producción (miles de pesos)
Durango	343	26	0	2912	112	4217.58	12281.59
Guanajuato	14596	2740	0	194174	1499.25	46100.64	649529.36
Guerrero	1840.81	1399.8	0	97206.83	592.54	29346.4	354851.53
Michoacán	4387.69	2222.75	0	151999.9	1840	103740.01	614546.72
Oaxaca	8211.07	1747.35	0	103383.46	4762.26	180812.77	245109.36
Puebla	195.5	26	0	2549.7	196.84	7648.99	9805.11
San Luis Potosí	0	0	0	0	0	0	0
Tamaulipas	3396.07	0	0	0	0	0	0
Zacatecas	1494	0	0	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia con base en el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (2018).

La Tabla 3 muestra la producción de mezcal en litros, señala el monto en litro producido por cada una de las entidades federativas. Los datos de esta tabla son utilizados como datos *outputs*, para la determinación y evaluación de la eficiencia.

Tabla 3. Producción en litros

Producción de mezcal en litros por estado (2016)	
Oaxaca	2,528,380
Guerrero	105,980
Durango	48,448
San Luis Potosí	21,196
Zacatecas	281,604
Guanajuato	15,140
Tamaulipas	0
Michoacán	24,224
Puebla	3,028
Total	3,028,000

Fuente: elaboración propia con base en el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (2017)

La Tabla 4 muestra la producción del mezcal en pesos mexicanos de cada una de las entidades federativas que cuentan con la DOM. Los datos de esta tabla son utilizados como datos *output* para la determinación de la eficiencia de cada una de las entidades.

Tabla 4. Producción del mezcal en pesos mexicanos

Producción de mezcal en pesos por estado (2016)	
Oaxaca	2,432,355,000
Guerrero	101,955,000
Durango	46,608,000
San Luis Potosí	20,391,000
Zacatecas	270,909,000
Guanajuato	14,565,000
Tamaulipas	0
Michoacán	23,304,000
Puebla	2,913,000
Total	2,913,000,000

Fuente: elaboración propia con base en el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (2017).

A continuación, se muestra la producción nacional del mezcal, detallada por entidades federativas, de acuerdo con su destino, detallando el monto de la producción que tiene como destino al mercado mexicano y la producción que tiene como destino al mercado no mexicano (Tabla 5). Los datos de esta tabla son utilizados como datos *output* para la determinación de la eficiencia de cada una de las entidades.

Tabla 5. País destino de la producción del mezcal mexicano

Mezcal envasado para el mercado nacional en litros por estado (2016)			Mezcal envasado para el mercado de exportación en litros por estado (2016)		
Oaxaca	0.6510	1,207,500.84	Oaxaca	0.9110	1,689,759.24
Guerrero	0.0120	22,258.08	Guerrero	0.0060	11,129.04
Durango	0.0140	25,967.76	Durango	0.0100	18,548.40
San Luis Potosí	0.0100	18,548.40	San Luis Potosí	0.0050	9,274.20
Zacatecas	0.0700	129,838.80	Zacatecas	0.0080	14,838.72
Guanajuato	0.0290	53,790.36	Guanajuato	0.0050	9,274.20
Tamaulipas	0.0000	0.00	Tamaulipas	0.0010	1,854.84
Michoacán	0.0300	55,645.20	Michoacán	0.0040	7,419.36
Puebla	0.0000	0.00	Puebla	0.0010	1,854.84
Total	1	1,854,840	Total	1	2,013,184

Fuente: elaboración propia con base en el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (2017)

Con los datos presentados en las tablas 2, 3, 4, 5, se procede a realizar las mediciones, tomando los recursos utilizados como *inputs*, para ser sustituidos en las fórmulas correspondientes. De forma semejante se emplean los recursos producidos como *outputs*, para ser sustituidos en las fórmulas correspondientes para la determinación de la eficiencia para cada entidad federativa mexicana (o también llamadas estados de México).

3. RESULTADOS

Inicialmente, se utilizó la superficie sembrada al igual que la superficie cosechada como *input*, y la producción en toneladas como *output*.

Posteriormente, se obtuvo lo que se muestra en la Tabla 6. En esta se exponen los resultados encontrados mediante el análisis de la envolvente de datos (DEA). Se halló que el estado de Puebla tiene la mayor eficiencia (1.00) considerando la superficie sembrada de agave en toneladas, la superficie cosechada de agave en toneladas y la producción lograda de agave como materia prima para la elaboración del mezcal. Se muestra también la eficiencia, en cuanto a la producción del agave producido como materia prima para la elaboración del mezcal. En este aspecto, el estado de Oaxaca se encuentra como la entidad federativa menos eficiente en esta medición, siendo el resultado de 0.69492275, donde el valor de 1 es el más alto.

Los resultados de la Tabla 6 muestran que, a pesar de la producción relativamente elevada en toneladas de agave, como materia prima para elaborar mezcal, la evaluación de la eficiencia de Oaxaca es inferior a la de Puebla. Pues Puebla, con menores recursos, obtuvo una eficiencia relativa mayor que Oaxaca, que utiliza la mayor cantidad de recursos.

Tabla 6. Eficiencia obtenida por entidad federativa

fx	DMU	output	input	input	
		Producción, toneladas	Sup. sembrada	Sup. cosechada	
0.9999631	DMU 1	2912	343	26	Durango
0.8043438	DMU 2	194174	14596	2740	Guanajuato
0.9996759	DMU 3	97206.83	1840.81	1399.8	Guerrero
0.9428192	DMU 4	151999.9	4387.69	2222.75	Michoacán
0.6949227	DMU 5	103383.46	8211.07	1747.35	Oaxaca
1.000001	DMU 6	2549.7	195.5	26	Puebla

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 7, complementaria de la anterior, indica la ineficiencia encontrada en cada entidad federativa. El estado de Oaxaca tiene una ineficiencia de 0.30507725, siendo esta la ineficiencia más grande respecto al estado de Puebla, que mostró una ineficiencia de 0, donde el valor de 0 es el más eficiente para este caso.

Tabla 7. Ineficiencias encontradas por entidad federativa

	DMU	
Durango	DMU 1	3.6898E-05
Guanajuato	DMU 2	0.19565617
Guerrero	DMU 3	0.00032406
Michoacán	DMU 4	0.05718078
Oaxaca	DMU 5	0.30507725
Puebla	DMU 6	0

Fuente: elaboración propia.

Respecto a la eficiencia cruzada promedio, encontrada mediante los operadores ponderados de Wang (2011), OWA, el resultado arroja que la eficiencia en el cultivo del agave, tanto por el número de hectáreas sembradas como por el número de hectáreas cosechadas, es una eficiencia muy elevada en general para todas las entidades federativas que cuentan con la DOM, con un promedio de la eficiencia ponderada de 0.94191857.

Se continúa con la obtención de la siguiente eficiencia, la cual considera la superficie sembrada como *input*, la superficie cosechada como *input* y la producción en litros de mezcal como *output*.

La Tabla 8 expone los resultados encontrados mediante el análisis de la envolvente de datos (DEA). Aquí, el estado de Durango presenta la mayor eficiencia (1.00) considerando la superficie sembrada de agave en toneladas y la superficie cosechada de agave en toneladas y la producción lograda en litros de mezcal. Se muestra también que en lo relativo a la eficiencia, en cuanto a la producción del agave producido como materia prima para la elaboración del mezcal, el estado de Guanajuato se encuentra como la entidad federativa menos eficiente en esta medición, con un resultado de 0.00296019.

Tabla 8. Eficiencia en litros producidos por entidad

fx	DMU	output	input	input	
		Producción, litros	Sup. sembrada	Sup. cosechada	
0.9999631	DMU 1	48448	343	26	Durango
0.0029602	DMU 2	15140	14596	2740	Guanajuato
0.1869096	DMU 3	105,980	1840.81	1399.8	Guerrero
0.0162464	DMU 4	24,224	4387.69	2222.75	Michoacán
0.7757597	DMU 5	2,528,380	8211.07	1747.35	Oaxaca
0.0734644	DMU 6	3.028	195.5	26	Puebla

Fuente: elaboración propia.

Los resultados indican que Durango utilizó menor cantidad de *inputs* en relación con Guanajuato, pero el primero obtuvo un resultado mayor que el segundo. Se observa que Durango consigue una mayor cantidad de litros producidos con poca cantidad sembrada o cosechada, en relación con otros estados como Oaxaca que tiene que sembrar grandes cantidades; de modo que Durango obtiene una eficiencia relativa mayor que el resto en cuanto a producción de litros de mezcal se refiere.

Respecto a la eficiencia cruzada promedio, encontrada mediante los operadores ponderados de (Wang, 2011), OWA, el resultado arroja que la eficiencia en el cultivo del agave, tanto por el número de hectáreas sembradas como por el número de hectáreas cosechadas, es una eficiencia intermedia, no muy elevada, para las entidades federativas que cuentan con la DOM, con el promedio de la eficiencia ponderada de 0.45175034.

Posteriormente, se evalúa la eficiencia utilizando la superficie sembrada como *input*, la superficie cosechada como *input* y la producción de mezcal en pesos como *output*.

La Tabla 9 presenta los resultados encontrados mediante el análisis de la envolvente de datos (DEA). Aquí, el estado de Durango muestra la mayor eficiencia (1.00) considerando la superficie sembrada de agave en toneladas, la superficie cosechada de agave en toneladas y la venta del mezcal en pesos mexicanos. Se observa también que en lo relativo a la eficiencia, en cuanto a la venta del mezcal, el estado de Guanajuato se encuentra como la entidad federativa menos eficiente en esta medición, con un resultado de 0.00296533.

Tabla 9. Eficiencia del mezcal en pesos mexicanos

fx	DMU	output	input	input	
		Producción, miles de pesos	Sup. sembrada	Sup. cosechada	
0.9999631	DMU 1	46608	343	26	Durango
0.0029653	DMU 2	14565	14596	2740	Guanajuato
0.1869096	DMU 3	101955	1840.81	1399.8	Guerrero
0.016236	DMU 4	23304	4387.69	2222.75	Michoacán
0.7757597	DMU 5	2,432,355	8211.07	1747.35	Oaxaca
0.073466	DMU 6	2913	195.5	26	Puebla

Fuente: elaboración propia.

Los resultados indican que Durango ingresó menores *inputs* que Guanajuato, pero el primero obtiene un mayor *output* que el segundo. Durango, con una superficie sembrada y con una superficie cosechada, logra realizar una producción valuada en pesos mexicanos mayor que otras entidades federativas, obteniendo con esto una mayor eficiencia relativa que el resto de los estados mexicanos.

Respecto a la eficiencia cruzada promedio, encontrada mediante los operadores ponderados de (Wang, 2011), OWA, el resultado arroja que la eficiencia en el cultivo del agave, tanto por el número de hectáreas sembradas como por el número de hectáreas cosechadas, reflejado en la venta en pesos mexicanos, es una eficiencia intermedia, no muy elevada, para las entidades federativas que cuentan con la DOM, con un promedio de la eficiencia ponderada de 0.49546299.

4. DISCUSIÓN

Se muestran opiniones diferentes respecto a la revisión de literatura consultada para la realización de este artículo, así como opiniones diferentes respecto a las variables que se deben utilizar para la evaluación de la eficiencia.

Navarro y Delfín (2014) consideran que, al descartar información proporcionada por las industrias, pero al no estar homologadas, la información tiene que ser descartada para la evaluación de la eficiencia utilizando la metodología DEA. Al finalizar la evaluación se obtiene un valor que señala el nivel relativo de eficiencia, pero se descartan algunos valores, como es el caso del análisis detallado de los *inputs* o los *outputs*, ya que se obtuvo un resultado de eficiencia al finalizar la evaluación. El empleo de la metodología DEA no detalla si la eficiencia se debe a los *inputs* o a los *outputs* (Navarro & Delfín, 2014).

El Consejo Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM) difiere un poco en cuanto a la obtención de la eficiencia, ya que la metodología utilizada en este artículo propone la obtención y evaluación de la eficiencia mediante la combinación de datos, tanto de los gastos como de los productos, lo que aquí se le llama combinación de datos *inputs* y datos *outputs*, buscando la obtención de un indicador que muestre una eficiencia relativa, mientras que para COMERCAM la eficiencia está determinada por la infraestructura innovadora. El Consejo menciona que la eficiencia estará auxiliada por la utilización de tecnología, así como por la consideración del lugar en donde se encuentra localizada la unidad productiva (Financiera Rural, 2021), con lo cual se observa una perspectiva diferente, pero apropiada para la determinación de la eficiencia. Para Sánchez (2020), la eficiencia en la producción de mezcal en las entidades federativas de la República Mexicana se encuentra asociada a los procesos de fermentación y elaboración del mezcal, cuidando de que los procesos sean cuidadosos en cada uno de los pasos durante la elaboración, y señala que existen variables diversas por tener en cuenta para mejorar la eficiencia de la producción del mezcal.

Saldaña (2012), por su parte, muestra una opinión diferente a la de los autores del presente artículo, al afirmar que la eficiencia del mezcal se encuentra en los procesos de cultivo cuidando los detalles de la obtención de un agave robusto para posteriormente continuar con el proceso de utilizar correctamente el agave como materia prima para la elaboración del mezcal. López (2020) considera que la eficiencia en la producción del mezcal depende de la optimización de los recursos y el manejo adecuado de la logística durante el proceso de la cadena de suministro en la elaboración del mezcal como producto terminado, desde el cultivo del agave, el cuidado de la planta y posteriormente convertirlo en materia prima para lograr que sea utilizado correctamente en la producción.

4.1 Futuras líneas de investigación

Existen otros fenómenos que inciden en la medición de eficiencia presentada en esta investigación. Uno de ellos se debe a que existe movilidad de agave cosechado entre los estados productores de mezcal, y más aún, entre estados productores de mezcal y tequila, bebidas destiladas de agave de representación nacional. Y también hay estados con doble denominación de origen, tanto de mezcal como de tequila, por lo que en cierta medida comparten agave para la producción de ambas medidas. Por consiguiente, se recomienda incluir, en estudios posteriores, un análisis con los datos de producción de tequila para estos casos. Así mismo, atendiendo la discusión anteriormente descrita, se pueden utilizar para futuras líneas de investigación las siguientes variables para ser asumidas como *inputs* en la evaluación de la eficiencia: la utilización de tecnología, la infraestructura innovadora, los gastos en mejores ubicaciones de las áreas de cultivo, los gastos en mejoras en la calidad en la fermentación y elaboración del mezcal, mejoras en los procesos de cultivo, así como también la inclusión de mejoras en la planeación logística como *input*.

4.2 Limitaciones

La investigación realizada encontró como limitación que los datos más recientes proporcionados por las fuentes son del año 2016. Otra limitación es el hecho de que algunas entidades federativas enviaron datos incompletos, los cuales se depuraron, ya que la metodología utilizada en esta investigación (DEA) necesita que los datos estén homologados.

5. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que la presente investigación tiene como objetivo la estimación de la eficiencia técnica del mezcal en las entidades federativas mexicanas utilizando la envolvente de datos (DEA) para la evaluación de la eficiencia con los datos proporcionados por el Consejo Regulador del Mezcal (CRM, 2016), se encontró que la entidad federativa más eficiente es Puebla y que menos eficiente es Oaxaca. Respecto a la eficiencia cruzada, se halla que la producción del agave como materia prima es altamente eficiente, siendo de 0.94191857, cercana a la unidad. Nótese que los datos estuvieron limitados a los más recientes para su evaluación.

Respecto a la respuesta a la hipótesis de investigación, se observa que la eficiencia de las entidades federativas no depende del tamaño de las hectáreas cultivadas o cosechadas, sino que responde a los valores utilizados en los *inputs* y en los *outputs*.

El presente artículo contribuye a la investigación científica, ya que en el área de la industria del mezcal no existen muchos artículos que evalúen la eficiencia utilizando la metodología DEA, tomando en consideración la limitante de las organizaciones o cámaras de la industria del mezcal que en ocasiones no proporcionan los datos completos o muy actualizados. Por lo que se recomienda para futuras investigaciones incluir una investigación exploratoria que complemente la investigación, contando con que la fracción arancelaria propia del mezcal es reciente y ha sido desde entonces que se formalizó un poco más la industria del mezcal de forma separada de la industria del tequila, con lo que cada vez será posible la obtención de mayor información en esta industria.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Alejandro Rodríguez-García contribuyó con la conceptualización, validación y metodología. Alberto Ortiz-Zavala contribuyó con la redacción, el borrador, la revisión y edición. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

FINANCIACIÓN

Esta investigación no recibió financiación externa.

DECLARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los datos utilizados para la realización de esta investigación fueron aportados por el Consejo Regulador del Mezcal (2016), que es la máxima autoridad del estudio del mezcal, y por el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de México.

AGRADECIMIENTOS

Los autores son alumnos de Doctorado en Administración de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, y agradecen al CONACYT por la beca otorgada a ambos autores durante la realización del Doctorado.

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Cervantes, R. M. C. (2002). *Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/127/120/416-1>
- Chowdhury, M., & Haron, R. (2021). The Efficiency of Islamic Banks in the Southeast Asia (SEA) Region. *Future Business Journal*, 7(16) 200-230. <https://doi.org/10.1108/08288660810851450>
- Coll, S. V. & Blasco, B. O. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*. Eumed.net. Recuperado el 17 de noviembre de 2020, de <https://www.eumed.net/libros-gratis/2006c/197/index.htm>
- Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal. (2017). *Informe de actividades*. Consejo Regulador del Mezcal.
- Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal. (2020). *Informe de actividades*. Consejo Regulador del Mezcal.
- Cooper, W., Seiford, L., & Tone, K. (2006). *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses*. Springer.
- Diario Oficial de la Federación. (1994, 28 de nov.). *Resoluciones. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial*. DOF.
- Farfán, H. J. & Ruiz Fernández, F. A. (2019). *Eficiencia en instituciones microfinancieras*. Universidad del Pacífico.
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253-290.
- Financiera Rural. (2021). *Monografía del mezcal*. Dirección Ejecutiva de Análisis Sectorial.
- Guede-Cid, M. (2011). *La eficiencia de los centros públicos de investigación en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología*. Universidad Rey Juan Carlos. <http://hdl.handle.net/10115/11651>
- Gutiérrez, N. B., Mar, M. C., & Serrano, C. (2007). Microfinance Institutions and Efficiency. *Omega*, 35(2) 131-142. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.04.001>
- López, N. G. (2020). La cadena de suministro del mezcal del estado de Zacatecas. *Contaduría y Administración*, 59(2), 227-252. [https://doi.org/10.1016/S0186-1042\(14\)71261-6](https://doi.org/10.1016/S0186-1042(14)71261-6)
- McGlynn, E. A. (2008). *Identifying, Categorizing, and Evaluating Health Care*. U.S. Department of Health and Human Services. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0009.2008.00537.x>
- Melone, G., & Rojas, C. (2020). *Eficiencia de la banca microfinanciera venezolana*. Universidad Católica Andrés Bello.

- Navarro, J. C. (2005). *La eficiencia del sector eléctrico en México*. ININEE-UMICH.
- Navarro, J. & Delfín, O. (2014). *La eficiencia de los puertos en México* (1.ª ed.). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Ramanathan, R. (2003). *An Introduction to Data Envelopment Analysis*. Sage Publications.
- Real Academia Española. (2019). *Eficacia*. <https://dle.rae.es/eficacia>
- Rodríguez, J. M., Angón, E., González, M. A., Perea, J., Barba, C., & García, A. (2017). Allometric Relationship and Growth Models of Juveniles of *Cichlasoma festae* (Perciforme: Cichlidae), a Freshwater Species Native in Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 65(3), 1185-1193.
- Saldaña, R. A., (2012). Estudio de la eficiencia del agave tequiliana weber. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(4), 609-616.
- Sánchez, D. G. (2020). Aislamiento y eficiencia de levaduras nativas de tinas fermentadoras para maguey (*Agave cupreata* Trel. & Berger). *Agro Productividad*, 13(3) 45-60. <http://dx.doi.org/10.32854/agrop.vi.1639>
- Sexton, T. R., Silkman, R. H., & Hogan, A. J. (1986). *Data Envelopment Analysis: Critique and Extensions*. Jossey-Bass. <https://doi.org/10.1002/ev.1441>
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. (s.f.). Reportes. gob.mx: <https://www.gob.mx/siap>
- Thanassoulis, E. (2001). *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis: A Foundation Text with Integrated Software*. Springer.
- Torres S. M. (2017). *La eficiencia de la industria de alimentos, bebidas y tabaco en México, Estados Unidos, Canadá y Brasil, en el período 2000-2014, un análisis a través de la envolvente de datos (DEA)*. ININEE, UMSNH.
- Wang, Y. M. (2011). The Use of OWA Operator Weights for Cross-Efficiency Aggregation. *Omega*, 39(5), 493-503. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2010.10.007>
- Zizumbo Villarreal, D. G. (2009). Destilados en Mesoamérica oriental antes de la llegada de los europeos. *Economic Botany*, 63(4), 413-426.