

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA) EN EL SECTOR AGROPECUARIO DE COLOMBIA

BIBLIOGRAPHIC REVIEW OF THE APPLICATION OF THE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) METHODOLOGY IN THE AGRICULTURAL SECTOR OF COLOMBIA

ARCADIO CERVERA MUÑOZ¹

 ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5810-537X>

¹Doctor en Administración Universidad de Celaya, México.
Profesor Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia
E-mail: arcervera@unisalle.edu.co

WILSON OVIEDO GARCÍA²

 ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5717-3872>

²Magíster en Administración, Universidad Nacional de Colombia.
Profesor Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia
E-mail: woviedo@unisalle.edu.co

RESUMEN

Este artículo resalta la importancia de las investigaciones realizadas en el Sector Agropecuario de Colombia, a partir de una revisión bibliográfica a la producción intelectual nacional, que utilicen la Metodología de Análisis Envolverte de Datos (DEA); como procedimiento no paramétrico que hace uso de la programación lineal para evaluar la eficiencia técnica relativa de unidades productivas similares. En tal sentido, se hallan los factores que son más relevantes y se analizan los elementos relacionados con esta herramienta de programación lineal en las investigaciones aplicadas en este sector en particular. Se concluye que, la aplicación de esta metodología en el sector agropecuario en Colombia es muy baja, donde las pocas investigaciones que se desarrollan las realiza las universidades, encontrándose muy poca participación en las empresas privadas y estatales.

PALABRAS CLAVE

Productividad,
Recursos económicos,
Agroindustria, Factor
de producción,
Planificación agrícola

“Artículo de revisión del arte es resultado del proyecto de investigación titulado: “Medición de la eficiencia técnica relativa en empresas de bienes y servicios en Colombia”, financiado por la Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.

Para citar este artículo | To cite this article

Cervera Muñoz, A. & Oviedo García, W.(2024). Revisión bibliográfica de la aplicación de la metodología de análisis envolvente de datos (dea) en el sector agropecuario de Colombia. Revista FACCEA, Vol. 14(1), 24-43pp. <https://doi.org/10.47847/faccea.v14n1a2>

Recibido/Received: 02/12/2023 | Aprobado/Approved: 19/01/2024 | Publicado/Published: 31/01/2024



Este artículo puede compartirse bajo la Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).

Revista FACCEA - Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas |
ISSN-e: 2539-4703 | Periodicidad: Semestral | Vol. 14, Núm. 1, enero - Junio 2024 |
Universidad de la Amazonia, Colombia
<https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/faccea>

ABSTRACT

This article highlights the importance of the research carried out in the Agricultural Sector of Colombia, based on a literature review of the national intellectual production, using the Data Envelopment Analysis Methodology (DEA); as a nonparametric procedure that makes use of linear programming to evaluate the relative technical efficiency of similar productive units. In this sense, the most relevant factors are found and the elements related to this linear programming tool in applied research in this particular sector are analyzed. It is concluded that the application of this methodology in the agricultural sector in Colombia is very low, where the few investigations that are developed are carried out by universities, finding very little participation in private and state companies.

KEYWORDS

Productivity, Economic resources, Agroindustry, Factor of production, Agricultural planning.

INTRODUCCIÓN

La actividad del sector agropecuario en Colombia ha sido muy afectada por el conflicto armado en los últimos 60 años, lo que obligó a muchos campesinos a desplazarse a los centros urbanos en busca de seguridad. Aunado a esto, el calentamiento global con olas de calor y lluvias extremas ha sobrellevado a la pérdida de las cosechas; en consecuencia, los precios de los productos agrícolas en el mercado se elevan por la escasez y por los altos costos de producción (Henao & Serna, 2021). De la misma manera, (Martínez, et al, 2022) afirman:

“...La sostenibilidad económica agropecuaria, está asociada con el logro de los objetivos (financieros) de las organizaciones agroindustriales y las personas, con apertura a la participación de capital de múltiples socios, excelentes relaciones con los clientes, buen trato y remuneración digna a los trabajadores”.

Entonces, la inseguridad alimentaria se ha convertido en una situación crítica que afecta al 14.9% de los hogares colombianos. Como resultado, la anemia por falta de alimentos ronda por el 17.9% en mujeres gestantes entre los 13 y 49 años y afecta al 7.9% de las mujeres en edad fértil (ICBF, 2018). En gran parte, este flagelo afecta algunos grupos de la población de bajos recursos en las zonas rurales y las periferias urbanas, lo que genera que la disponibilidad de productos agrícolas no es suficiente debido a un bajo nivel de productividad, que conlleva a elevados costos de producción (DNP, 2015). Por ende, fortalecer la productividad del sector agropecuario colombiano, ayuda a combatir la inseguridad alimentaria en la población vulnerable (Rodríguez & Dussan, 2018).

En consecuencia, la calidad está relacionada con una serie de beneficios para los procesos, ya que en la medida que se estandaricen y optimicen, se reducirá los costos ocasionados por errores, se incrementará la producción, y por consiguiente habrá una mejor percepción de los clientes internos y externos, ya que recibirán productos o servicios con una calidad apropiada Velasco, C, et al. (2015). Por lo tanto, se mejora la productividad en una organización ya que se reducen los reprocesos, retrabajos, desperdicios, etc. y por consiguiente se logra una mayor competitividad (Cervera, 2021).

Por otra parte, Colombia al igual que todos los países de América Latina han basado su crecimiento y desarrollo económico en el potencial agrícola que lo caracteriza (Mann, et al, 2022). A causa de esto, a finales del siglo XIX, el auge de la producción agrícola se dio en el cultivo del café; siendo así, hacia el año de 1927 nació la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Asimismo, con el advenimiento del siglo XX, la importancia se inclinó a la producción del banano y de las flores; siendo estos dos productos junto con el café, los que se han dado a conocer como productos de gran potencial exportador por su producción de alta calidad (INGAGROF, 2019).

De acuerdo con lo anterior, Colombia se instituye como un país esencialmente agrícola, debido a que posee ventajas comparativas por su relieve y sus pisos térmicos que lo hacen envidiable. Por esto mismo, cuenta con un potencial productivo promisorio por la gran extensión de tierras con vocación agrícola, que representa una gran oportunidad para mejorar la productividad, por su oferta de recursos naturales como: el agua, la biodiversidad y las mismas condiciones del clima que permiten realizar cosechas de alimentos durante todo el año (FINAGRO, 2020).

Ahora bien, identificar y comparar las investigaciones realizadas a partir del análisis envolvente de datos en el sector agropecuario en Colombia, permite obtener un conocimiento detallado y preciso sobre los niveles de eficiencia en los procesos productivos del campo colombiano (Peñaranda, et al, 2022). Por consiguiente, el propósito de esta investigación es ahondar más sobre los estudios que se han realizado sobre la aplicación de la metodología del Análisis Envolvente de datos (DEA) en Colombia

En este orden de ideas, hacer uso de metodologías para evaluar la eficiencia, como lo hace el Data Envelopment Análisis (DEA), que es una herramienta que se ha venido desarrollando a partir de los planteamientos teóricos de Farrell en el año de 1957.

Objetivo y alcance del estudio

El objetivo de este artículo es realizar una revisión bibliográfica de la producción intelectual nacional relacionada con la aplicación de la Metodología de Análisis Envolvente de Datos (DEA) en el sector agropecuario en Colombia, con el fin de aprender de la experiencia de otros investigadores e identificar oportunidades para iniciar nuevos proyectos de investigación. Exactamente, se busca conocer los objetos de estudio asociados a dichas investigaciones, así como la forma en que se ha empleado la metodología para efectuar evaluaciones relativas conducentes a optimizar y dar un uso adecuado de los recursos.

METODOLOGÍA

El objetivo de las revisiones bibliográficas presenta afirmaciones similares entre los autores que la abordan; por un lado se encuentra los que afirman que este tipo de documentos ayudan a encontrar nuevos parámetros de investigación sobre un tema en particular; también están los que opinan que a través de estos escritos se pueden hallar metodologías que estén enfocadas en buscar objetivos de estudio que representen los elementos característicos de un trabajo; y también están los que afirman que a través de una revisión bibliográfica se puede incursar en otros campos del saber. (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias, 2010; Sampieri, 2010; Parra & Toro, 2006), citados en Cervera, A., Oviedo, W., & Pineda, J. (2013). En este sentido, el trabajo de investigación se realizó de la siguiente manera: Primero se consultó las bases de datos con las que cuenta la Universidad de la Salle, las cuales son: AGRIS, BIBLAT, CLACSO, DIALNET, DOAB, DOAJ, EBSCO, JSTOR, LATINDEX, y ERIC, que se escogieron por tener relevancia con el tema agropecuario y la aplicación de la metodología DEA; de la misma manera se buscaron documentos relacionados con la aplicación de la metodología DEA en el sector agropecuario a nivel nacional, como el caso de los documentos del Banco de la República afines con este sector; así como publicaciones científicas de instituciones educativas reconocidas, como la Universidad de los Andes y la Universidad Nacional de Colombia

Posteriormente, para las consultas a través de las bases de datos citadas anteriormente, y también de los buscadores de GOOGLE ACADEMICO y GOOGLE se utilizaron las siguientes palabras claves: "DEA"; "eficiencia relativa"; "sector agropecuario en Colombia"; "agrícola"; "unidades productivas"; "DMU"; "producción agrícola"; "factor de producción"; "agroindustria"; "productividad"; "recursos económicos"; "planificación agrícola"; "input"; "output"; "variables de entrada"; "variables de salida"; "productividad"; "recursos"; "productos"; "modelos DEA", las cuales se seleccionaron porque hacen parte de la metodología y aplicación del Análisis Envolvente de datos DEA.

Luego, se realizó una matriz en Excel con los trabajos que estuvieran relacionados con las condiciones y características descritas precedentemente en torno a la aplicación de esta metodología en el sector agropecuario en Colombia, los cuales resultaron que 10 trabajos de investigación efectivamente plasmaban lo que se necesitaba en esta investigación. Esta matriz está conformada por los siguientes elementos: Nombre del documento; Palabras claves; Tipo de documento; Año de publicación; Lugar de publicación; Abstract; Tipo de institución; Universidad; Entidad; Cobertura; Número de DMUs; Descripción DMU; Tipo DMU; Modelo; Orientación; Variables de entrada; Variables de salida; Tipo de justificación; Justificación de la combinación de las variables; y Objetivo de medición de eficiencia.

Por último, y utilizando la matriz de Excel se procedió a realizar el análisis respectivo que se desarrolló a lo largo del artículo, incluyendo el análisis de los 4 objetivos que se identificaron en los trabajos estudiados, que son: eficiencia agrícola, eficiencia pecuaria, eficiencia en la creación de valor y eficiencia regional.

Exploración de las investigaciones

La exploración de los trabajos relacionados con la aplicación de DEA en el sector agropecuario en Colombia se operativizó en una hoja de cálculo, donde se registraron los datos en dos grupos grandes; por un lado está el que corresponde a los elementos que están presentes en todo artículo, tal es el caso del objetivo de la investigación, los keywords, el resumen, tipo de documento, entre otros; y el otro grupo está compuesto por las características propias de esta metodología, como lo es, el tipo de unidad de manejo de decisión, la denominación de los inputs y outputs, software que utiliza, entre otros.

Características generales de los documentos.

Realizando una exploración inicial de los documentos, se encuentra que el 75% están relacionados con artículos elaborados particularmente por instituciones educativas. Se destaca, la participación relativamente activa de las Universidades; donde los trabajos de grado y los artículos son los productos más destacados, presentando una tendencia de publicaciones en esta área (agropecuario) muy uniforme en los últimos años.

De igual manera, en lo que respecta a la aplicación de esta metodología (DEA) en el sector agropecuario se halla que la publicación de trabajos ha sido muy baja, por lo que falta más divulgación de esta herramienta.

Hallazgos en la aplicación de DEA en el sector agropecuario en Colombia

En esta sección se presenta cómo se ha abordado la metodología DEA en el sector agropecuario en Colombia.

Caracterización de las DMU analizadas.

En el análisis envolvente de datos las unidades sobre las cuales se va a tomar una decisión (DMU) pueden ser personas, grupos de investigación, empresas, fincas, sectores económicos, etc., y en general cualquier unidad productiva donde se pueda medir los recursos que utiliza frente a la producción que puede lograr (Ramírez, 2020). En tal sentido, las principales DMU analizadas en la revisión bibliográfica fueron: fincas (50%), departamentos y municipios (cada uno con 13%) y productores y empresas (cada uno con 12%); que son sobre las cuales se va a tomar algún tipo de decisión con el objeto de encontrar la forma de utilizarlas eficientemente (Herrera & Francke, 2009). De tal forma que, las DMU's comparan las eficiencias individuales, observando que tanto se alejan o se acercan a una frontera eficiente (De la Hoz, Fontalvo & Zuluaga, 2020).

En el mismo sentido, se ha podido encontrar que las instituciones educativas (universidades) son las que más presentan trabajos relacionados con esta herramienta, para lo cual es relevante para la generación de nuevo conocimiento Montoya, et al (2021).

Ahora, en cuanto a la cobertura del estudio, se pudo evidenciar que las unidades de manejo de decisión se distribuyeron teniendo en cuenta la composición geográfica de Colombia, donde el nivel más utilizado dentro de los estudios corresponde al de municipios con un 62%; de igual manera las regiones, en especial la región cafetera y la sabana de Bogotá tuvieron una connotación importante en los estudios analizados. Lo anterior, ratifica porque a través de la comparación entre las DMU's se puede observar que están haciendo para ser eficientes y productivas Arce, (2021).

Por otro lado, para el manejo de la extracción de las unidades de manejo de decisión (DMU) que son susceptibles de mejorarse al compararse con otras que están utilizando adecuadamente sus recursos, se realiza mediante un aplicativo que maneja este tipo de metodologías, Zhu, (2013) citado en Cervera et al, 2013). La revisión realizada, muestra que hay 6 aplicativos diferentes para ello, donde no hay una marcada diferencia por alguno en su uso. La utilización de estos aplicativos por parte de las instituciones educativas no establece una prioridad de uso por alguno en específico.

Siguiendo con la caracterización de las unidades de manejo, es preciso mencionar los modelos que utiliza esta metodología, los cuales varían de acuerdo a los objetivos que se quieren medir, por un lado si se desea mejorar los recursos teniendo en cuenta que para optimizarlos hay que utilizar menos de estos, con el objeto de permanecer los productos o salidas fijas; o si lo que se quiere es mejorar los productos para obtener mejores

resultados, donde los insumos no se alteran y permanecen invariables, se utilizan en ambos casos modelos con beneficios constantes y variables ,González & Verdugo, (2010); Oviedo & Rodríguez, (2011) citado en Cervera et al, (2013)

Resultados análisis envolvente de datos en el sector agropecuario

En este apartado se muestra el objetivo de la aplicación de DEA en el sector agropecuario en Colombia, donde se analiza los diferentes elementos esgrimidos en estos trabajos, la orientación de sus entradas y salidas, y los modelos utilizados.

Eficiencia evaluada

Se identificaron cuatro objetivos de medición de eficiencia en los documentos analizados y fueron: eficiencia agrícola, eficiencia pecuaria, eficiencia en la creación de valor y eficiencia regional. El objetivo más relevante fue el de eficiencia agrícola (50%), seguido por eficiencia pecuaria (26%).

Específicamente, se tiene que DEA se aplicó principalmente a fincas (cafeteras, ganaderas y lecheras) para optimizar y dar un uso adecuado a los diferentes recursos con los que cuentan (tierra, mano de obra, maquinaria, horas de asistencia técnica, entre otros. En cuanto a los departamentos, municipios y productores que fueron los tipos de DMU menos analizadas, estos tenían por objetivo la eficiencia regional y el manejo de recursos respectivamente.

Con los objetivos planteados anteriormente se tiene que no existe una preferencia de alguno por parte de las Instituciones de educación superior que realizaron las investigaciones.

Para realizar el análisis de los objetivos identificados, es preciso establecer relaciones o discrepancias a partir del estudio de variables y sus niveles de agrupación, dependiendo de su similitud., como se describe a continuación:

Eficiencia Agrícola

La mayoría de las investigaciones que se realizaron estuvieron enfocadas en este objetivo (Eficiencia Agrícola), donde se buscaba por parte de las organizaciones agrícolas una utilización adecuada de los recursos que utilizan para sus diferentes actividades, con el objeto de obtener una mayor cantidad de producción, (Henao et al, 2021). Lo anterior, también muestra que las organizaciones de productores agrícolas han enfocado su

atención en nuevas prácticas de innovación tecnológica, con el fin de poder responder a las necesidades de los mercados (Pérez, et al, 2022).

En el mismo sentido, las organizaciones buscan a través de los eslabones o actores que intervienen en la cadena de abastecimiento o suministro, incluyendo la parte de compras dentro de las empresas, generar un valor agregado, de manera que se responda a las expectativas de los Clientes con productos de calidad (Gómez, et al, 2019).

Específicamente, se analizaron cuatro estudios, de los cuales solo uno propende por optimizar los recursos de los cultivos. En éste, el objetivo incluye mano de obra directa e indirecta, total de hectáreas cultivadas, y total activos (Sepúlveda, 2014).

La utilización de los recursos fue abordado por el resto de estudios (3) que tuvieron en cuenta este objetivo, por ser un tema muy importante dentro de las actividades agropecuarias, ya que a partir del buen manejo que le den a estos se puede tener unas actividades optimas donde se le dé un buen uso a las tierras (Perdomo & Mendieta, et al 2004). De tal manera, que esto incide en los niveles de producción que pueden tener las DMU's (municipios) (Poveda, & Salcedo, 2018).

Ahora, los trabajos que se relacionaron con este objetivo (eficiencia agrícola) muestran que los insumos o recursos que más se utilizan dentro de la actividad agrícola y que están relacionados con el área o extensión de tierra para los cultivos, los fertilizantes que se usan, y el personal involucrado en estas operaciones; y los cuales repercuten directamente en el potencial productor del sector agrícola (Melo & Orozco, 2015). En consecuencia, esto llevaría a que se haga un uso adecuado altamente productivo y sostenible de las tierras con disposición agrícola, ganadera y forestal (Junguito & Perfetti, 2014).

De igual manera, los trabajos utilizaron en una gran mayoría el area dedicada a las siembras, siendo este elemento el mas importante para optimizar la cantidad de productos que pueden obtener ; en concreto, las variables mano de obra y total de activos son claves para el aumento en la producción de bienes agricolas y su participación activa en el mercado, además tienen especial significancia en materia social, cultural, política y ambiental para el país (Cruz, et al, 2020). De la misma manera, estas variables traen ventajas competitivas, ya que su uso intensivo repercute en que los productores participen activamente en las oportunidades crecientes que ofrecen los mercados agropecuarios nacionales e internacionales (Gómez, et al, 2011).

Ahora, teniendo en cuenta las salidas se pudo evidenciar que la cantidad de productos que se elaboran es el

que guarda mayor relación con este objetivo. Lo anterior, se debe a que se ha identificado ...“la posible asociación entre los niveles de eficiencia agrícola y un conjunto de variables de entorno productivo (disponibilidad de agua, calidad de la tierra y cantidad de lluvia), variables de política (acceso a material genético mejorado, acceso a crédito, asistencia técnica y capacitación), y variables vinculadas a la asociatividad que incluyen acuerdos para la comercialización de los productos o la coordinación entre los productores en la etapa de siembra“ (Ramírez, et al 2015).

De igual manera, es importante tener en cuenta que para lograr una mayor productividad en estos sistemas agropecuarios es necesario tener un manejo adecuado de los métodos de trabajo, que da como consecuencia que sean más competitivos en el mercado (Suarez, & Mejía, 2010). En este sentido, al hacer un uso adecuado y cobertura del suelo se logra una sustentabilidad para la producción agrícola (DANE, 2015).

Eficiencia pecuaria

El siguiente objetivo de investigación sobre el cual se enfocan dos estudios analizados es el de eficiencia pecuaria. Este hace referencia fundamentalmente dentro del sector agropecuario a la actividad económica ganadera; donde se tiene en cuenta la eficiencia reproductiva, los aspectos básicos de la cría de bovinos, evaluación y selección de características productivas, la producción anual de leche, entre otros (Ruiz & Peralta, 2022) y (Caballero, et al 2023)

Para la medición de la eficiencia pecuaria en Colombia y particularmente la que corresponde a la actividad ganadera, las organizaciones que se dedican al servicio de asistencia técnica han tenido en cuenta que esta contribuya a la conservación, recuperación y uso sostenible de la biodiversidad, a la vez que mejore sus indicadores productivos y de rentabilidad (Romero & Ferrer, 2019). Específicamente, el proyecto de ganadería colombiana sostenible tiene como propósito “promover la adopción de sistemas de producción amigables con el medio ambiente, como lo son los sistemas silvopastoriles, para mejorar la gestión de los recursos naturales, incrementar la prestación de servicios ambientales y elevar la productividad en las fincas participantes (Oviedo & Rodríguez, 2011).

Respecto al comportamiento de los insumos que se necesitan dentro de la actividad ganadera, se pudo evidenciar que no hay un manejo eficiente de los mismos, trayendo consigo que este sector no sea tan productivo, y por lo tanto pierde competitividad en el mercado (Leibovich & Estrada, 2016). Esto ratifica que, las organizaciones y el sector ganadero colombiano no han sido competitivos a través de la historia económica y empresarial en Colombia, lo cual se traduce en una baja productividad y calidad de sus productos con otros países (Pertuz

& Elias, 2019).

Por otro lado, para el manejo adecuado de los recursos o insumos que requieren cada actividad agropecuaria, sería necesario una medición de sus procesos, con el fin de tener un control y seguimiento de sus actividades (Galvis, et al, 2020). Complementando, el control de los procesos cuando se realiza a través de herramientas o métodos estadísticos resulta importante, ya que permite realizar un análisis más realista basado en datos (Acosta, et al, 2019).

Ya frente a la revisión realizada, se tiene que el 25% de las investigaciones trabajaron como objetivo la eficiencia pecuaria, y las variables de entrada están asociadas al mantenimiento, nutrición, número de cabezas de ganado, hectareas dedicadas a pastos y costos de maquinaria.

Ahora bien, en lo referente a las salidas, se tiene que las dos investigaciones analizadas trabajaron variables asociadas a las ventas, crías y carne. Lo anterior, confirma que las fincas ganaderas pueden mantener sus niveles de producción generando mayor cantidad de ingresos por ventas donde pueden reducir sus insumos y por consiguiente mejorando la productividad. (Oviedo & Rodríguez, 2011). En consecuencia, en la medida que haya un mejoramiento en la cadena de abastecimiento en este sector, esto traerá efectos en el incremento de su productividad y, por lo tanto un significativo impacto social y económico (López & García, 2020).

Eficiencia regional

El objetivo relacionado con la eficiencia regional representa el 13% de las investigaciones analizadas, enfocándose en las economías de los departamentos cafeteros. En general, se caracterizan por el control que ejercen los productores de estas economías en particular sobre sus recursos de producción, buscando la minimización de los insumos por un lado, y por el otro, la maximización de la producción (Suarez & Mejía, 2010); por lo tanto:

[...], las unidades empresariales emplean muy bien la cantidad de insumos para maximizar su producción pero no logran producir al mínimo costo, dada la ineficiencia asignativa. Mientras los minifundistas, los campesinos y el sector general no explotan sus factores óptimamente y tampoco llegan al menor costo en producción por tener ineficiencia técnica y asignativa. (Perdomo & Mendieta, et al 2004)

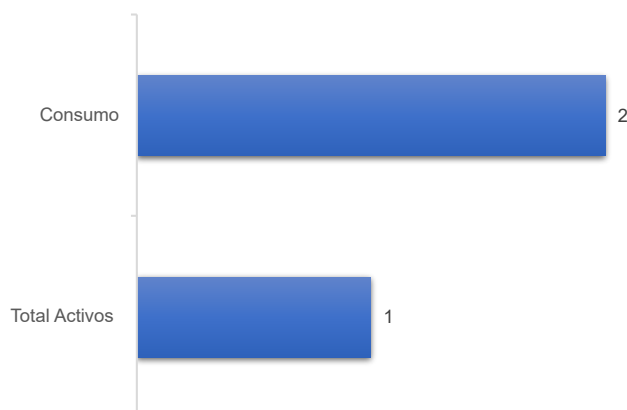
En sí, la actividad cafetera impacta más el crecimiento económico que ninguna otra industria, con la ventaja de que la caficultura emplea bastante población y fortalece la parte productiva de las regiones (Baena, 2019), De

la misma manera, se tiene que las buenas practicas que se realizan en la producción del café complementan el proceso y la obtención de la calidad óptima del producto para el consumidor (Tello, et al 2022).

Sin embargo, la afectación a la competitividad del sector cafetero en los últimos años esta dada por la renovación de cultivos que ha impactado el area productiva y la composición del área sembrada a nivel regional, además que se ha evidenciado una caída en los rendimientos del café y aumentos en el precio de los fertilizantes (DNP, 2013), por lo que se deduce, que la estructura de los costos de producción se ha visto perjudicada (Cárdenas, et al, 2018)

Específicamente, las variables de entradas asociadas a consumo y total de activos son las más representativas en el objetivo de manejo de eficiencia regional (Gráfica No. 1).

Gráfica No.1 Variables de entrada para eficiencia regional



Fuente: elaboración propia.

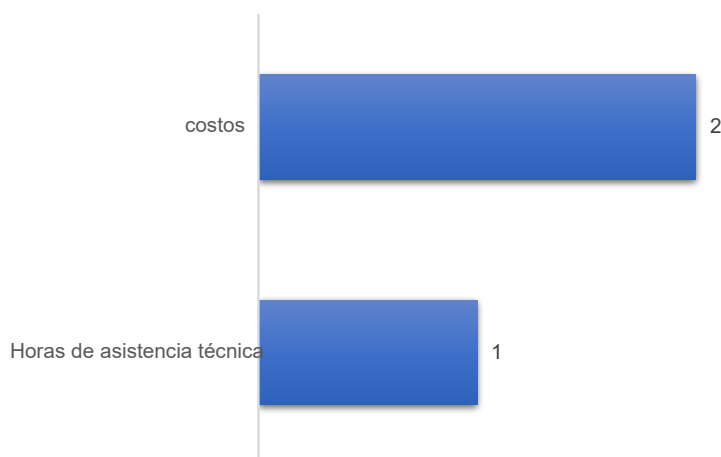
Eficiencia en la creación de valor

La eficiencia en la creación de valor esta relacionada con la capacidad de adaptación del sector agropecuario a la variabilidad y mejorar la eficiencia del uso de los recursos en los sistemas productivos (MINAGRICULTURA, 2017).

Con respecto a este objetivo de investigación, se observa que el 15 % de las investigaciones están enfocadas hacia su consecución. Específicamente, la variable de entrada costos es la más utilizada para valorar la efi-

ciencia de las fincas con respecto a sus procesos y practicas (Romero & Ferrer, 2019), pero tambien utiliza otra como las horas de asistencia tècnica (gràfica No. 2). Por lo tanto, en la medida que los productores agricolas optimicen sus costos para la producciòn agropecuaria, y logren un aprovechamiento adecuado de sus recursos internos, mejores indices de productividad tendran (Rodriguez, 2020).

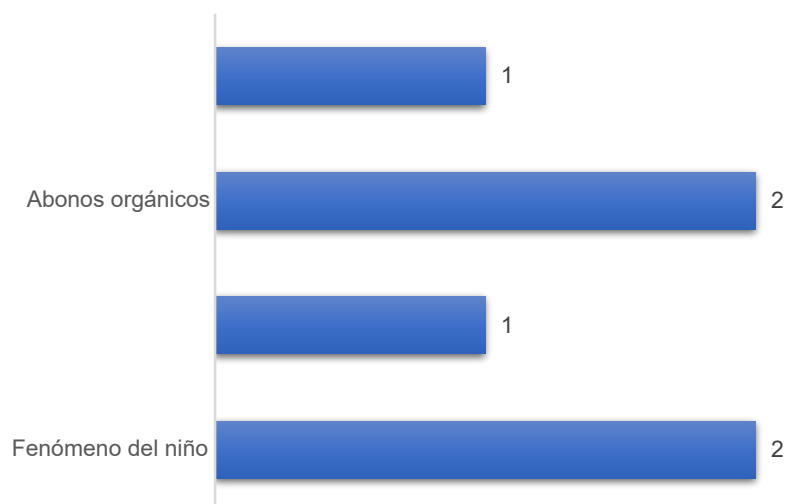
Gràfica No.2 Variables de entrada para eficiencia en la creaciòn de valor



Fuente: elaboraciòn propia.

Con respecto a las variables de salida (gràfica No.3), las investigaciones trabajaron variables asociadas a la producciòn y la conservaciòn de forrajes. Lo anterior, reafirma que los productores prestan una mayor atenciòn en la divisiòn del trabajo, la relaciòn establecida con el personal, la presencia en la finca para que se cumplan las ordenes y el control de resultados y la planificaciòn del pasto (Peña, 2012). Mas aùn, si se reafirma el hecho de que el aprovechamiento de la tierra depende en gran medida del uso y la vocaciòn real que se les da a los suelos, y la de atacar el mäs importante obstaculo para la competitividad de la agricultura, como lo es el costo de la tierra (Cano, 2015).

Gráfica No.3 Variables de salida para eficiencia en la creación de valor



Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

Los resultados de la presente revisión bibliográfica reflejan una baja utilización de la metodología de Análisis Envolvente de Datos DEA aplicada al sector agropecuario en Colombia, pese a su demostrada importancia en la optimización y manejo de recursos para lograr una producción adecuada en diferentes industrias (Cadena, 2022). Al respecto, la utilización de esta metodología permite una combinación específica de insumos y/o productos, de manera que se pueda alcanzar un máximo o mínimo de producción en cualquier sistema productivo utilizando los insumos o recursos de una manera eficiente, para alcanzar una productividad adecuada (Hincapié, et al, 2021)

Ahora, la aplicación de la metodología DEA en el sector agropecuario debería ser muy útil en países como Colombia con una tradición agrícola, si se tiene en cuenta que hay pocos estudios de evaluación de eficiencia; contrario a nivel mundial, está documentado una mayor variedad de estudios donde se analizan variables como: fertilizantes, mano de obra, maquinaria, costos, tamaños de las fincas como entradas, y, producción, costos de producción, edad de cultivos como salidas, y como unidades a evaluar las fincas, campesinos y cultivos, (Castillo, et al, 2019). Adicionalmente, las aplicaciones de esta metodología en las pocas investigaciones en el sector agropecuario en nuestro país dan cuenta de su importancia, ya que sus resultados muestran la ineficiencia que

tienen los grandes cultivadores en la asignación de sus recursos, mientras que los pequeños y medianos son más ineficientes a la hora de minimizar costos, (Henao, et al, 2021).

Por otro lado, las escasas investigaciones que se han presentado en Colombia en torno a la aplicación de DEA en este sector particularmente han sido enfocadas en uno o dos productos agrícolas muy tradicionales, como es el caso del café, y se han materializado fundamentalmente desde la academia a través de artículos (Tello, et al, 2022). En el mismo sentido, hay investigaciones muy puntuales relacionadas con la aplicación de metodologías no paramétricas como DEA en el sector agropecuario a través de documentos de trabajo realizados por entidades del estado, particularmente del Banco de la Republica y del Departamento Nacional de Planeación como se han mencionado anteriormente.

De este modo, y teniendo en cuenta la importancia del análisis envolvente de datos DEA para el uso adecuado de los recursos como se ha mencionado en apartados anteriores, sería indispensable desde los organismos estatales una discusión en torno al manejo de temas como: los insumos agrícolas, el precio de los fertilizantes, la cantidad de tierra para cultivar, los costos de la tierra, los hatos ganaderos (Cadena, et al, 2022); y en general todo lo que necesita como recursos primarios las empresas agropecuarias para obtener unos resultados que respondan a las necesidades actuales del mercado en torno a este sector.

CONCLUSIONES Y/O COMENTARIOS

Teniendo en cuenta la revisión realizada al sector agropecuario y frente al uso de la metodología DEA, se puede concluir:

No se ve un interés en aplicar DEA en el sector agropecuario colombiano por parte de las instituciones privadas y públicas, pese a la gran importancia que tiene a nivel mundial. La utilización de la metodología en el sector agropecuario es aún incipiente y con mucho potencial.

Los estudios principalmente están enfocados a nivel región y municipio, lo que indica que aún hay diferentes niveles por investigar.

El objetivo más estudiado es el de eficiencia agrícola. Por lo que es necesario que se apoye el sector agrícola con el manejo eficiente de sus recursos o insumos para que logren niveles de productividad.

La aplicación del análisis envolvente de datos en Colombia es muy incipiente todavía, falta más desarrollo de estudios en todos los sectores, especialmente el agrícola.

Las investigaciones realizadas se plasman generalmente en artículos y trabajos grado.

REFERENCIAS

- Acosta, R. J. H., Manga, P. M. R., & Moreno, K. P. J. (2019). Cartas de control con variables convolucionadas1 Control charts with convolutioned variables. *Revista de Investigaciones*, 13(1), 82-87.
- Arce Coaquira. R. (2021). Medición de la eficiencia técnica de las escuelas profesionales de la universidad nacional del antiplano: una aplicación del DEA. *Semestre Económico*. 9(2), 45-57. <https://doi.org/10.26867/seconomico.v9i2.387>
- Baena, J. (2019). La política de comercio exterior y las exportaciones colombianas (The Foreign Trade Policy and Colombian Exports). *Revista de Economía Institucional*, 21(41).
- Cárdenas, M., Echavarría, J., Hernández, G (2018). Coyuntura del sector agropecuario colombiano. Recuperado de: <https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/informe-congreso-marzo-2018-recuadro-2.pdf>
- Cano, C. G. (2015). Carestía e inflación: que esperar de la política agrícola y los gravámenes a la tierra y el carbono. *Borradores de Economía*, 836. Bogotá, Colombia: Banco de la República. Recuperado de: <https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/6123>
- Caballero Márquez, J., Gómez Lindarte, V., & Ortega Arias, L. (2023). La tecnología blockchain como potenciador de la cadena de suministro: oportunidades desde el sector agropecuario. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/handle/10251/193111>
- Cruz, J. M., Fuentes, Q., & Cruz, O. (2020). Modelo diagnóstico empresarial: caso "Fábrica de café y chocolate El Agrario" San Vicente de Chucurí, Santander. *Revista Ciencia y Agricultura*, 17(3).
- Cervera, A., Oviedo, W., & Pineda, J. (2013). Revisión bibliográfica de la aplicación de la metodología DEA en el ámbito educativo colombiano. *Revista Civilizar Ciencias Sociales y Humanas*. 13(25), 133-156.

- Cervera-Muñoz, A. (2021). Análisis factorial de elementos de gestión de calidad en los procesos de las empresas de reciclaje en Bogotá. Estudio de caso: empresas de reciclaje de la localidad Rafael Uribe Uribe. *Gestión y Ambiente*, 24(Supl3), 81–93. <https://doi.org/10.15446/ga.v24nSupl3.96104>
- Castillo, A., Londoño, A., & Pinzón, W (2019). Evaluación de la eficiencia relativa en la producción de café en Huila, Colombia, utilizando Análisis Envolvente de datos. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/profile/Wilson-Rueda/publication/351286000>
- Cadena, M., Riascos, E., Castro, A., Delgado M., Zambrano Moreno, G., & Vásquez, R. (2022). Impacto de las variedades obonuco andina y San Isidro en el departamento de Nariño, Colombia. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(4), 257-266
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Minagricultura). (2015). Uso, cobertura y tenencia del suelo – 3er Censo Nacional Agropecuario 2014. Resultados entrega 1 – septiembre 2 de 2015. Recuperado de: https://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/3053/dtser_227.pdf
- De la Hoz, E., Fontalvo, T., & Zuluaga, R. (2020). Evaluación de la productividad académica de las competencias ciudadanas en la enseñanza de la ingeniería por medio del índice Malmquist. *Revista Formación Universitaria*, 13(5), 27-34. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000500027>
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2015). Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018. Todos por un Nuevo País: Paz, Equidad y Educación. Tomo I. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/PND%202014-2018%20Tomo%201%20internet.pdf>
- DNP-Departamento Nacional de Planeación-República de Colombia (2013). Documento COMPES 3763 El café: camino hacia la justicia y la modernidad – comisión de expertos para la caficultura colombiana.
- Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario [FINAGRO]. (2020). El momento del Agro. Recuperado de <https://www.finagro.com.co/noticias/el-momento-del-agro>
- Galvis, J. F. R., Hernández, Y. G., & Campos, J. A. C. (2020). Indicadores de gestión como herramienta de diagnóstico para pymes. *I+ D revista de investigaciones*, 15(2), 119-134.

- Gómez, H. J., Restrepo, J. C., Nash, J., Valdés, A., Reina, M., Zuluaga, S., ... Perfetti, J. J. (2011). La política comercial del sector agrícola en Colombia. Cuadernos de Fedesarrollo, 48. Fedesarrollo, Colombia. Recuperado de: https://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/3053/dtser_227.pdf
- Gómez-Montoya, R. A., Zuluaga-Mazo, A., Ceballos-Atehortua, N. P., & Palacio-Jiménez, D. (2019). Gestión de la cadena de suministros y productividad en la literatura científica. I+ D Revista de Investigaciones, 14(2), 40-51.
- Henao, C. A. R., & Serna, O. L. L. (2021). Análisis envolvente de datos y sus aplicaciones en sostenibilidad. Revista Ingeniare, (31), 11-19. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8686310>
- Herrera, P., & Francke, P. (2009) Análisis de la eficiencia del gasto municipal y de sus determinantes. Revista Economía, 32(63), 113-178.
- Hincapié, T. C. C., Gómez, H. A. G., & Cruz, H. W. H. (2021). Metodología para la medición de la productividad en instituciones prestadoras de servicios de salud. SIGNOS-Investigación en Sistemas de Gestión, 13(2).
- Ingenieros Agroforestales SAS [INGAGROF]. (2019). Evolución del sector agropecuario. Recuperado de <https://ingagrof.com.co/etiquetas/pib/>
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar [ICBF]. (2018). Guía alimentaria para mujeres gestantes, madres en periodo de lactancia, niños y niñas menores de 2 años en Colombia. Recuperado de https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/gabasmenor2_anos_documentotecnico_2018.pdf
- Junguito, R., Perfetti, J. J. y Becerra, A. (2014). Desarrollo de la agricultura colombiana. Cuadernos de Fedesarrollo, 48. Fedesarrollo, Colombia. Recuperado de: https://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/3053/dtser_227.pdf
- Leibovich, J., & Estrada, L. (2016). Competitividad del sector agropecuario colombiano. Bogotá D.C.: Consejo Privado de Competitividad
- López, C., & Garcia, R. (2020). Characterization of the supply chain of bovine meat in Colombia. Revista Ingeniería y Desarrollo. 38(1), 44-65. <http://dx.doi.org/10.14482/inde.38.1.338.17>

- Montoya, L., & Giraldo, Á. (2021). Emprendimiento e innovación social: Experiencia de jóvenes rurales en Caldas-Colombia. *Revista de ciencias sociales*, 27(4), 108-126
- Martínez, A. P. P., Caro, J. E. E., & Escobar, Á. E. S. (2022). Sostenibilidad del sector ganadero colombiano: Una aproximación historiográfica. *Revista de ciencias sociales*, 28(4), 245-263.
- Melo, L., Orozco, A. (2015). Eficiencia técnica de los hogares con producción agropecuaria en Colombia. Bogotá D.C.: Banco de la República.
- MINAGRICULTURA-Ministerio de Agricultura y desarrollo rural (2017). Informe de gestión 2017.
- Mann, G. A. L. B., Aspillaga, J. O. D. V., & Scoth, W. A. L. (2022). Planeamiento estratégico en la agroindustria del Perú. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 4(7), 99-111.
- Oviedo, W., & Rodríguez, L. (2011). Medición de la eficiencia técnica relativa de las fincas asociadas a Comunidad en Guasca Cundinamarca. *Revista MVZ Córdoba*, 16(2), 2616-2627
- Pérez-Ortega, D. J., Bolaños-Alomia, F. A., & Marco da Silva, A. (2022). Variables que influyen en la aplicación de la agricultura de precisión en Colombia: revisión de estudios. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(1).
- Perdomo, J., & Mendieta, J. (2004). Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos. *Desarrollo y Sociedad* No. 60.
- Pertuz, A., & Elías, J. (2019). Competitividad en el sector ganadero en Colombia: Enfoque desde la historiografía económica, social y empresarial. *Panorama Económico*, 27(2), 453-480. <https://doi.org/10.32997/2463-0470-vol.27-num.2-2019-2637>
- Poveda, W., & Salcedo, A. (2018). Eficiencia técnica en la producción de papa en el departamento de Boyacá usando DEA (Análisis Envolvente de Datos). Facultad de Ingeniería. Bogotá: Universidad de la Salle
- Peña, M. (2012). Análisis de la gestión empresarial en bovinos doble propósito y su relación con la eficiencia técnica. Caso Municipios Catatumbo y Colon, Estado Zulia. (Tesis doctoral inédita no publicada). Córdoba: Universidad de Córdoba. Escuela técnica superior de ingenieros agrónomos y de montes.

- Peñaranda, L. P. P., Andrade, J. M. M., Osorio, L. M. B., & Ramírez, O. A. M. (2022). EL CATATUMBO Y SU POTENCIALIDAD ECONÓMICA Y PRODUCTIVA. *Revista Investigación & Gestión*, 5(1), 10-10.
- Romero, M., & Ferrer, A. (2019). Gestión de costos de producción en ganadería bovina del Municipio Valmore Rodríguez, Zulia-Venezuela. *Revista de ciencias sociales*, 25(4), 250-264.
- Ruiz, S., & Peralta, A. (2022). Manejo Sostenible de la ganadería en Latinoamérica: Revisión Sistemática 2018-2021. *Revista Ambiente, Comportamiento y Sociedad*, 5(1), 1-18.
- Ramírez-Gutiérrez, Z., Barrachina-Palanca, M., & Ripoll-Feliu, V. (2020). Eficiencia en la educación superior. Estudio empírico en universidades públicas de Colombia y España. *Revista de Administração Pública*, 54, 468-500.
- Ramírez, J., Perfetti, J., & Bedoya, J. (2015). Estimación de brechas tecnológicas y sus determinantes en el sector agropecuario colombiano. Bogotá D.C.: Fedesarrollo Centro de investigación económica y social.
- Rodríguez, L. (2020). Evaluación de la resiliencia socioecológica en escenarios de agricultura familiar en cinco provincias de Cuba. *Revista Pastos y Forrajes*, 43(4), 304-314. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/2691/269167438010/269167438010.pdf>
- Rodríguez-Soto, J. R., & Dussán-Pulecio, C. (2018). La informalidad empresarial, evolución literaria que denota un fenómeno complejo. *Revista Polo del conocimiento*, 3(8), 561-578.
- Sepúlveda, G. (2014). Análisis de eficiencia técnica y estudios de casos en los cultivos de flores de la Sabana de Bogotá. *Revista Pensamiento y Gestión* No. 60.
- Suarez, O., & Mejía, J. (2010). Estimación de la eficiencia técnica de las economías de los departamentos cafeteros de Colombia, por el método de programación lineal análisis envolvente de datos (DEA). *Revista Scientia et Technica*, 16(44), 348-353.
- Tello, M., Fernández-Sánchez, F., Cruzado, P. R., Robles, C. S., Morán, C., López, A. C & Vieira, A. (2022). Seguridad alimentaria y fortificación de alimentos a base de pulpa de café en tiempos pandémicos. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 51(1).

Velasco, C., Cuerda, C., Alonso, Alba., Frías, L., Cambor, M., Bretón, I., Plá, R., Izquierdo, I., & García, P. (2015). Implantación de un sistema de gestión de calidad en una unidad de nutrición según la norma UNE-EN-ISO 9001:2008. *Nutrición Hospitalaria*, 32(3), 1386-1392. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.3.9403>