



Evaluación de la eficiencia productiva en las instituciones prestadores de servicios de salud de Caldas*

Fabio Andrés Hincapié Mesa^a ■ Alexa Juliana Montoya Morales^b

Resumen: Las instituciones prestadoras de servicios de salud a nivel mundial se han enfrentado a un desafiante escenario debido a la pandemia por COVID-19. Esta situación ha suscitado el interés por estudiar la eficiencia y productividad que permita la mejora en la toma de decisiones y aumente la capacidad de respuesta de los hospitales, optimizando los recursos con los que cuenta cada institución para atender adecuadamente a sus pacientes, a pesar de que estos recursos generalmente son escasos. Para lograrlo, se utilizó el análisis envolvente de datos y el índice de Malmquist, a fin de evaluar el desempeño de catorce instituciones hospitalarias de Caldas que disponen de camas UCI, entre los años 2020 y 2021. Dentro de los principales hallazgos durante el periodo de análisis se encuentra el mejoramiento de desempeño de los hospitales en un 4,6 %, aunque se evidencian algunas instituciones que se alejaron de la frontera. Además, se realizó un análisis descriptivo que determinó un aumento en el número de casos de pacientes recuperados, así como de aquellos que requirieron hospitalización. No obstante, se estableció una disminución de los pacientes que necesitaron el servicio de cama UCI y del total de fallecimientos. Se determinó que la mayoría de pacientes fallecidos tenían comorbilidades y preexistencia médica.

Palabras clave: análisis envolvente de datos; DEA; eficiencia productiva; COVID-19; instituciones hospitalarias

Recibido: 14/05/2023 **Aceptado:** 12/02/2024 **Disponible en línea:** 12/07/2024

Cómo citar: Hincapié Mesa, F. A., & Montoya Morales, A. J. Evaluación de la eficiencia productiva en las instituciones prestadores de servicios de salud de Caldas. *Revista Facultad De Ciencias Económicas*, 32(1), 103-121. <https://doi.org/10.18359/rfce.6747>

Código JEL: C67; H21; I11; P47

-
- * Artículo de Investigación. Trabajo de investigación realizado con apoyo de Minciencias y la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.
- a** Magíster en Ciencias Económicas, magíster en Economía, economista, docente de planta de la Universidad de Caldas. Manizales, Colombia.
Correo electrónico: fabio.hincapie@ucaldas.edu.co; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9945-9476>
- b** Magíster en Ciencias Económicas, magíster en Administración, docente de contrato Universidad del Quindío. Armenia, Colombia.
Correo electrónico: mmalexa@uniquindio.edu.co; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9735-4136>

Assessment of Productive Efficiency in Healthcare Service Providers in Caldas

Abstract: Healthcare service providers worldwide have faced a challenging scenario due to the COVID-19 pandemic. This situation has sparked interest in studying efficiency and productivity to improve decision-making and increase hospitals' responsiveness, optimizing the resources available to each institution to adequately serve their patients, despite these resources generally being scarce. To achieve this, Data Envelopment Analysis (DEA) and the Malmquist index were used to evaluate the performance of fourteen hospital institutions in Caldas with ICU beds between 2020 and 2021. Among the main findings during the analysis period is a 4.6 % improvement in hospital performance, although some institutions are observed to have moved away from the frontier. Additionally, a descriptive analysis determined an increase in the number of recovered patients and those requiring hospitalization. However, there was a decrease in patients needing ICU bed service and total deaths. It was found that the majority of deceased patients had comorbidities and pre-existing medical conditions.

Keywords: Data Envelopment Analysis; DEA; Productive Efficiency; COVID-19; Hospital Institutions

Avaliação da eficiência produtiva nas instituições prestadoras de serviços de saúde de Caldas

Resumo: As instituições prestadoras de serviços de saúde a nível mundial enfrentaram um cenário desafiador devido à pandemia de COVID-19. Esta situação suscitou o interesse em estudar a eficiência e produtividade para melhorar a tomada de decisões e aumentar a capacidade de resposta dos hospitais, otimizando os recursos disponíveis para atender adequadamente os pacientes, mesmo que esses recursos geralmente sejam escassos. Para isso, foi utilizada a análise envoltória de dados e o índice de Malmquist, a fim de avaliar o desempenho de catorze instituições hospitalares de Caldas que dispõem de leitos de UTI, entre os anos 2020 e 2021. Entre as principais descobertas durante o período de análise, encontra-se a melhoria do desempenho dos hospitais em 4,6%, embora algumas instituições tenham se afastado da fronteira. Além disso, foi realizada uma análise descritiva que determinou um aumento no número de casos de pacientes recuperados, bem como daqueles que necessitaram hospitalização. No entanto, foi estabelecida uma diminuição dos pacientes que precisaram do serviço de leito de UTI e do total de óbitos. Determinou-se que a maioria dos pacientes falecidos tinha comorbidades e condições médicas preexistentes.

Palavras-chave: análise envoltória de dados; DEA; eficiência produtiva; COVID-19; instituições hospitalares

Introducción

En la actualidad, la crisis económica que se vive a nivel mundial ha afectado a los países de América Latina, incluido Colombia, a raíz de la llamada pandemia COVID-19, originada en Wuhan, China, situación que trajo grandes consecuencias para los países emergentes o que se encuentran en desarrollo, ya que profundizó aún más los problemas de estas regiones, entre ellos, el incremento del desempleo, pobreza extrema, desigualdad y endeudamiento de las familias, con casos en donde las empresas familiares, pequeñas y medianas, han tenido que adaptarse a las nuevas condiciones del mercado para poder sobrevivir a la crisis. Frente a este escenario, en todos los países afectados, las instituciones prestadoras de servicios de salud y sus sistemas de salud se han convertido en un actor fundamental, pues gracias a su atención oportuna y su arduo trabajo dan un parte de tranquilidad que permite tomar decisiones gubernamentales hacia la reactivación económica y social de las organizaciones.

De otro lado, las organizaciones tienen una preocupación constante por mejorar su desempeño, pues este es un determinante de la competitividad. En ese sentido existen diferentes métodos para medirlo, los más frecuentes son los indicadores; no obstante, dentro de las organizaciones es indispensable aplicar otro tipo de medidas que vayan más allá de la rentabilidad y den cuenta del manejo de los recursos y la productividad. De allí que la medición de la eficiencia y la productividad sean aspectos cruciales para los encargados de la gestión, al permitir identificar la cantidad de insumos que está utilizando para producir sus bienes y servicios, y determinar si esas cantidades son indicadores de buenas prácticas de eficiencia.

Tal situación no es ajena a los hospitales y las diferentes instituciones que hacen parte del sistema de salud, pues al medir su eficiencia y productividad podrán administrar en óptimas condiciones los recursos que les son asignados para la atención de pacientes. De hecho, se han llevado a cabo varios estudios a nivel internacional que reflejan la importancia para un sistema de salud conocer su eficiencia y productividad, al brindar información

sobre cómo ha evolucionado, cuáles aspectos o insumos son fundamentales y qué tipo de decisiones se pueden tomar para mejorar la eficiencia de las instituciones, mediante la utilización adecuada de los insumos necesarios (personal médico y administrativo, valor de los gastos y costos de operación, infraestructura: camas, equipos médicos), para llevar a cabo una mayor cantidad de servicios: pacientes atendidos, cantidad de cirugías y procedimientos realizados, pacientes satisfechos y reingresos (Bahrami *et al.*, 2018; Iyengar *et al.*, 2020; Kocisova *et al.*, 2018).

Ahora bien, la emergencia sanitaria en Colombia ocasionada por la propagación de la pandemia de COVID-19, sumado a las problemáticas estructurales del sector, como falta de recursos e infraestructura hospitalaria, han generado colapsos en el sistema de salud del departamento de Caldas, sobrepasando la capacidad instalada, la cual ha alcanzado el 100 % de ocupación en las camas de la unidad de cuidados intensivos (UCI) en algunas semanas del año 2021 (*La Patria*, 2021).

Entonces, es importante para las instituciones prestadoras de salud de Caldas y el Gobierno departamental estimar la eficiencia de las entidades para enfrentar la pandemia, al identificar las organizaciones eficientes y a partir de estas adoptar medidas correctivas y diseñar acciones estratégicas que permitan mejorar la distribución de recursos y la capacidad de atención (Kamel y Mousa, 2021). Al tiempo se le da cumplimiento a la Ley 100 de 1993, por medio de la cual se señala la eficiencia como un objetivo prioritario del sistema de salud colombiano para garantizar una mayor cobertura de la población (Giménez *et al.*, 2019).

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar la eficiencia productiva de 14 instituciones prestadoras de salud de Caldas durante la pandemia COVID-19 entre los años 2020 y 2021, a partir de la metodología de análisis envolvente de datos (DEA) y el índice de Malmquist, al ser considerado uno de los mejores métodos para evaluar la eficiencia operativa en hospitales, con un enfoque multicriterio: utilización de múltiples insumos y salidas.

El resto del documento está conformado por la sección 2, que abarca la revisión de la literatura existente; seguida de la sección 3, que contiene la

metodología y las variables utilizadas para desarrollar el modelo de eficiencia, y en la sección 4 se muestran los resultados obtenidos una vez es ejecutado el modelo de Malmquist index en el *software* R y la discusión del mismo; además se muestran otros resultados mediante un análisis descriptivo. En la sección 5 se presentan las conclusiones, y, por último, las referencias utilizadas y los anexos.

Revisión de la literatura

Teniendo en cuenta que la emergencia sanitaria ocasionada por el coronavirus es reciente, ya que la Organización Mundial de la Salud declaró la COVID-19 como pandemia el 11 de marzo de 2020 (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020), existen pocos trabajos empíricos que evalúen la productividad y eficiencia hospitalaria en este escenario. No obstante, los estudios realizados hasta el momento describen los aspectos negativos de la COVID-19 para el uso de los recursos, y revelan la capacidad limitada de algunos sistemas de salud e instituciones para atender los casos probables y confirmados, por lo cual es importante realizar una evaluación de la eficiencia para tomar decisiones gerenciales sobre la asignación asertiva de los insumos en pro de mejorar la atención y respuesta frente a la crisis de salud.

Para el presente estudio se tuvieron en cuenta investigaciones de eficiencia y productividad hospitalaria a través de la metodología DEA tanto en contexto de pandemia como sin él, para tener una mirada más integradora de cómo evaluar unidades eficientes y no eficientes.

Eficiencia hospitalaria

Dentro de los antecedentes de la literatura identificados de eficiencia y productividad hospitalaria se encuentra la investigación de Vrabková y Vaňková (2021), que define las diferencias en la eficiencia técnica de hospitales públicos, en cuanto al tamaño de los hospitales y tipos parciales de recursos humanos, seleccionando como insumos la cantidad de camas y médicos y número de tratamientos, consultas y cirugías como salidas. Allí se determinó que los hospitales de tamaño medio

presentan tasas de eficiencia mayor, mientras que los hospitales grandes fueron los más ineficientes.

Además, Gandhi y Sharma (2018) determinaron el desempeño de los hospitales de la India para obtener conocimientos significativos dirigidos a los responsables de la formulación de políticas y los administradores en ejercicio en esta área, mediante las metodologías DEA, índice de Malmquist y regresión Tobit, utilizando como insumos el costo de la mano de obra, los activos fijos netos, activos circulantes y otros gastos operativos para la producción de las salidas: ingresos totales y ganancias y después de impuestos. La investigación concluye que existe un mayor número de hospitales eficientes bajo el modelo BCC respecto al CCR y que los resultados empíricos indican un progreso general de la productividad en el sector hospitalario privado debido al avance tecnológico, además de que los hospitales más especializados y afiliados a cadenas presentan una mayor eficiencia técnica. Dentro de las limitaciones señalan la falta de datos de los *inputs* más utilizados para estos análisis (número de médicos, enfermeros, camas).

También se encuentra el estudio de Kocisova *et al.* (2018), para comparar la eficiencia relativa de los hospitales polacos por provincias, a fin de definir, medir y mejorar su desempeño, teniendo en cuenta la identificación de las mejores prácticas que sirvan de experiencia para el diseño de planes de mejora para los demás hospitales del estudio. Adicionalmente, menciona la importancia de realizar estas mediciones para mejorar la eficacia organizacional, con el establecimiento de los objetivos de la institución, teniendo en cuenta prioridades para gerentes y empleados; garantizar la rendición de cuentas y supervisar la gestión y fomentar la colaboración entre instituciones y otras partes interesadas.

Otra investigación midió la eficiencia de los hospitales del servicio nacional de salud griego entre 2009-2013, dividiéndolos en cuatro grupos con características comunes para realizar comparaciones con mayor homogeneidad, con el método de ventana-DEA, ya que conduce a una mayor discriminación en los resultados cuando se aplica a muestras pequeñas, además de permitir

comparaciones anuales. Para ello, se analizaron tres insumos: camas hospitalarias, médicos y otros profesionales de la salud, y tres salidas: casos hospitalizados, cirugías y visitas ambulatorias, fueron elegidos como variables de producción (Flokou *et al.*, 2017).

Por su parte, Cetin y Bahce (2016) evaluaron la eficiencia de los sectores de salud de 26 países de la OCDE, teniendo en cuenta el número de médicos, camas, el gasto en salud per cápita y la esperanza de vida al nacer, así como la tasa de mortalidad infantil, como productos, donde identifica once países que tienen sistemas de salud eficientes y las oportunidades de mejora de eficiencia en el sector de la salud en los quince países restantes.

Así mismo, la investigación de Najarzadeh *et al.* (2014) tuvo como fin medir la productividad hospitalaria mediante DEA y el índice de Malmquist en doce hospitales entre docentes y no docentes del condado de Ahvaz, donde el resultado indicó que la tasa de productividad de los hospitales tuvo una tendencia creciente en general, y no se encontró diferencia significativa entre los dos tipos de hospitales en cuanto a los cambios de productividad. Esto mediante el uso de las variables de entrada, número de enfermeras, camas ocupadas y médicos; en cuanto a las salidas: número de pacientes ambulatorios y hospitalizados, promedio de la estancia hospitalaria y número de operaciones importantes.

Con relación al contexto nacional se hallaron las investigaciones de Fontalvo y De la Hoz (2016), quienes analizan la eficiencia de 44 hospitales de Bolívar, en Colombia, en el año 2010, e identificaron los hospitales eficientes e ineficientes con la metodología DEA, orientada al producto mediante el uso de estados financieros para la selección de *inputs* y *outputs*; dentro de los hallazgos principales se concluye que 35 de 44 hospitales presentaron baja eficiencia, lo que demuestra la fragilidad del sistema de salud del país.

Finalmente, el estudio de Giménez *et al.* (2019) evalúa la evolución de la productividad mediante el análisis del desempeño de 602 hospitales colombianos de primer nivel, posreformas de la salud, en el periodo 2009-2013, e indicó que los hospitales podrían mejorarse en cerca de un 44 % a través de

la reducción del gasto en personal, medicamentos y compras.

Eficiencia hospitalaria frente a la COVID-19

Respecto a los estudios empíricos que evalúan la eficiencia de los hospitales en tiempos de COVID-19, se ubica el trabajo de Kamel y Mousa (2021), quienes midieron y evaluaron la eficiencia operativa de 26 hospitales de aislamiento en Egipto durante la pandemia COVID-19, además de identificar los insumos más importantes que afectan su eficiencia a través del modelo DEA combinado con la regresión Tobit, y un análisis de sensibilidad, donde se encontraron solo cuatro hospitales eficientes en el enfoque CCR y doce con BCC; como factores comunes de la eficiencia operativa se ubicó el número de enfermeras y de camas, mientras que los médicos no fueron significativos.

Adicionalmente, las investigaciones se proponen ir más allá de la evaluación de la eficiencia para proporcionar información sobre el número óptimo de camas hospitalarias que pueden ser evacuadas de algunos centros de salud y asignadas para hospitalizaciones urgentes; esto mediante un análisis DEA y de complejidad de las necesidades en salud para identificar las mejores prácticas, como una alternativa de redistribución que solucione la carencia de camas ante la insuficiencia de recursos de algunos hospitales para enfrentar la pandemia (Nepomuceno *et al.*, 2020).

Continuando con la revisión de los trabajos empíricos, en Eslovaquia se llevó a cabo una exploración del compromiso entre la producción de servicios y su calidad en la atención de salud durante el periodo 2015-2018, donde se reveló que la eficiencia técnica general aumentó en los años analizados, y se encontraron diferencias significativas de eficiencia entre los hospitales estudiados; se halló así un margen para reducir la ineficiencia, identificando las mejores prácticas. La información previa se hace importante para la toma de decisiones en materia de salud pública, a fin de aumentar la capacidad instalada, mejorar la asignación de recursos y mejorar la satisfacción de los usuarios de su atención en periodos normales y en época de

crisis sanitarias como la de COVID-19. (Gavurova y Kocisova, 2020)

Adicionalmente, Xu *et al.* (2021) se plantean responder algunas preguntas que ha generado la pandemia COVID-19, como “¿Con qué eficacia han respondido los gobiernos de EE. UU. [sus Estados] a la pandemia de COVID-19?” o “¿qué factores podrían afectar la eficiencia?”, teniendo en cuenta que existen pocos estudios al respecto y que estos se han enfocado en la identificación de la eficiencia para contraer los insumos o expandir la producción cuando se mejora el nivel de eficiencia productiva, ignorando las salidas indeseables. Por tanto, el objetivo del estudio consistió en predecir el desempeño de la respuesta del Estado a la COVID-19, utilizando DEA, la disposición jerárquica de nodos de decisión CART y la regresión logística LR. La investigación concluyó que 23 de 50 Estados han sido eficientes frente a la COVID-19, y se encuentra una asociación entre la eficiencia y 15 variables ambientales, como el distanciamiento social, política de salud y medidas socioeconómicas, que sirven de base para la toma de decisiones gubernamentales en la lucha contra el brote.

Otro estudio utilizó el modelo DEA y la regresión Tobit, considerando el número de casos afectados, médicos, camas de hospital y pruebas realizadas como *inputs*, y el número de casos recuperados y fallecidos como *outputs*, con el objetivo de evaluar el desempeño de los sistemas de salud de los países con más de cincuenta millones de ciudadanos frente a la propagación de la pandemia COVID-19 desde finales de diciembre de 2019. Dentro de los principales resultados, se identificó que el 45 % de los sistemas de salud son eficientes, con un rango entre 87,1 % y 88,3 %, y se brindaron recomendaciones para los países ineficientes frente a las mejores prácticas (Mourad *et al.*, 2021).

Por último, Ferraz *et al.* (2021) diseñaron un índice COVID para analizar la infraestructura hospitalaria de Brasil en 543 microrregiones, y encontraron que las microrregiones en el norte y noreste de Brasil requieren mayor atención desde la formulación de políticas públicas para mejorar su eficiencia en la atención de los casos, así como la

identificación de un empeoramiento de la eficiencia entre abril y mayo de 2020.

Teniendo en cuenta lo anterior, se identifica en la literatura las presiones a las que se encuentran sometidas las instituciones de salud para enfrentar la pandemia, pues cuentan con pocos recursos tecnológicos, humanos y económicos para responder a situaciones de crisis, como brotes de enfermedades. Por esta razón, la evaluación de la eficiencia y productividad de las instituciones se convierten en una herramienta de gestión muy importante para administrar de forma adecuada los recursos, además de servir como insumo base para la toma de decisiones gubernamentales conducentes al diseño y aplicación de políticas públicas que fortalezcan los sistemas de salud.

Así mismo, se reconocieron las variables de *inputs* y *outputs* más utilizadas para llevar a cabo los estudios de eficiencia hospitalaria y las limitaciones que se presentan por la dificultad en la obtención de los datos de manera oportuna, siendo estas: número de camas, médicos, enfermeros, cantidad de horas trabajadas, gasto per cápita en salud, inventarios, activos, cantidad de casos y gasto en medicamentos como principales *inputs*. En cuanto a *outputs* se tuvieron en cuenta: número de pacientes atendidos y hospitalizados, cantidad de cirugías realizadas, número de casos, tasa de mortalidad, utilidad, ingresos, número de fallecidos, cantidad de recuperados.

En la tabla 1 se puede apreciar un análisis sintético de cada uno de los principales artículos estudiados, contiene el nombre del autor, año y revista, objetivo, las variables que utilizaron como *inputs* y *outputs*, la metodología y el tipo de rendimiento que utilizaron en el modelo DEA.

Una vez realizada la revisión de la literatura sobre la forma de evaluación de eficiencia productiva en las instituciones hospitalarias y las variables que se utilizan en la construcción de modelos DEA, surge el siguiente interrogante: ¿cuál es el índice de eficiencia productiva de las instituciones hospitalarias del departamento de Caldas dotadas con camas de la Unidad de Cuidados Intensivos, UCI, durante el período de la pandemia por COVID-19?

Tabla 1. Revisión sintética de la literatura, eficiencia productiva con DEA

Autor	Objetivo	Inputs	Outputs	Metodología	Rendimiento
Ouellette y Vierstraete, (2004) <i>European Journal of Operational Research</i>	Proponer un DEA modificado que introduce entradas cuasifijas y aplica el método a servicios de emergencia hospitalarios	Horas trabajadas; gastos en mobiliario y equipo; # camillas y equivalente a tiempo completo; # médicos	# casos	Modelo DEA Malmquist Index	CRS VRS
Torabipour <i>et al.</i> , (2014) <i>Iranian Journal of Public Health</i>	Medir la productividad hospitalaria en 12 hospitales docentes y no docentes del condado de Ahvaz	# enfermeras; # camas ocupadas; # médicos	# pacientes ambulatorios y hospitalizados; promedio de estancia hospitalaria; # operaciones importantes	Modelo DEA Malmquist Index	VRS
Cetin y Bahce, (2016) <i>Applied Economics</i>	Evaluar la eficiencia de los sectores de salud de 26 países de la OCDE	# médicos; # camas de pacientes; gasto en salud per cápita	Esperanza de vida al nacer; Tasa de mortalidad infantil	Modelo DEA	CRS VRS
Fontalvo y De la Hoz, (2016) <i>Dimensión Empresarial</i>	Evaluar la eficiencia de los hospitales y ese del departamento de Bolívar	Inventario; activo; propiedad planta y equipo	Utilidad bruta	Modelo DEA	CRS
Flokou <i>et al.</i> , (2017) <i>Plos One</i>	Medir la eficiencia de los hospitales del NHS griego entre 2013-2009	Camas hospitalarias; médicos; otros profesionales sanitarios	Casos hospitalizados; Cirugías; consultas externas	Modelo DEA con Boostraping. Malmquist Index	CRS VRS
Da Silva <i>et al.</i> , (2017) <i>Revista de Gestao Em Sistemas De Saude</i>	Analizar la eficiencia técnica hospitalaria de las regiones de Brasil en 2014 y 2015	# camas; # médicos; # enfermeras	# pacientes hospitalizados; # muertes hospitalarias	Modelo DEA	CRS
Gandhi y Sharma, (2018) <i>Benchmarking Internatioal Journal</i>	Determinar el desempeño de los hospitales de la India y obtener conocimientos significativos para la formulación de políticas	Costo mano de obra; Activos fijos netos; activos corrientes; otros gastos operativos	Ingresos totales; ganancias después de impuestos	Modelo DEA Malmquist Index Regresión de Tobit.	CRS VRS
Mollahaliloglu <i>et al.</i> , (2018) <i>International Journal of Organization Theory and Behavior</i>	Modificar la estructura del sistema actual para mejorar la productividad, la calidad y el acceso del sistema de salud en el sistema	# especialistas; empleados por hospitales; # profesionales; empleados por hospitales; # total de camas disponibles en hospitales.	Visitas ambulatorias; días de hospitalización; cirugía ajustada a los procedimientos.	Modelo DEA Malmquist Index	n/a
Kohl <i>et al.</i> , (2018) <i>Health Care Management Science</i>	Investigar el impacto de la formulación de políticas, como las reformas a los sistemas de salud, sobre la eficiencia hospitalaria	Camas; médico; enfermeras; personal general; suministros; infraestructura; total costos; servicio y desempeño; otros costos	Pacientes ambulatorios; total casos; pacientes hospitalizados; cirugía; servicios; rendimiento/calidad; otros ingresos; mezcla de casos	Modelo Básico DEA Malmquist Index	CRS VRS

Continúa

Continuación Tabla 1. Revisión sintética de la literatura, eficiencia productiva con DEA

Autor	Objetivo	Inputs	Outputs	Metodología	Rendimiento
Kalis y Stracová, (2019) <i>Ekonomický časopis</i>	Proponer un modelo DEA en dos etapas para calcular el número eficiente de camas	# total camas; # total personal empleados	# total hospitalizaciones; # total intervenciones; # total muertes	DEA Modelo CCR	CRS VRS
Akkan, <i>et al.</i> , (2019) <i>Socio-Economic Planning Sciences</i>	Identificar las entradas y salidas más importantes, indicadores y desarrollar modelos para medir la eficiencia en situaciones de emergencia	# camas; # médicos; # enfermeras; # personal clínico; # personal no clínico; costes laborales; costes de suministro y no laborales; otro	# visitas médicas; # casos; # pacientes; # cirugías; # días hospitalización; # admisiones; # descargas; calidad servicios	Modelo DEA Técnica de escalamiento multidimensional	CRS VRS
Songul Cinaroglu, (2020) <i>Socio-Economic Planning Sciences</i>	Examinar el efecto del tamaño del hospital sobre los cambios en eficiencias de los hospitales públicos	# camas; médicos	Pacientes hospitalizados; operaciones	DEA con bootstrap. Regresión logística.	VRS
Chen, <i>et al.</i> , (2020) <i>International Journal of Organization Theory and Behavior</i>	Evaluar la eficiencia de los hospitales públicos que operan en las 31 regiones de China	# médicos; # personal técnico; # gerentes; # camas	# pacientes ambulatorios; # pacientes hospitalizados; # pacientes infecciosos tratados hospitales públicos	Modelo DEA en tres etapas.	n/a
Vrabková y Vanková, (2021) <i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i>	Definir diferencias en la eficiencia técnica de hospitales públicos, en cuanto al tamaño y tipos parciales de recursos humanos	# médicos; # camas	# consultas; # tratamientos; # cirugías	DEA Análisis de regresión y el método Bootstrap.	CRS VRS
Giménez, <i>et al.</i> , (2021) <i>Socio Economic Planning Sciences</i>	Analizar el desempeño de 602 hospitales colombianos de nivel 1 para el período 2009-2013.	Gasto bienes y servicios; gasto medicamentos; gasto mensual personal administrativo; gasto mensual en personal médico.	Pacientes satisfechos; espera total en días; total minutos de espera en sala de emergencias; reingreso dentro 20 días; pacientes referidos a niveles superiores.	DEA Índice Mamlquist-Luenberger.	n/a

Fuente: elaboración propia.

Con base en la pregunta, se establecen unos objetivos que permitan dar solución a dicho interrogante y dar explicación al fenómeno estudiado. Dichos objetivos son determinar el índice de eficiencia productiva de las instituciones hospitalarias en el departamento de Caldas dotadas con camas UCI y evaluar su desempeño en el manejo de la pandemia por COVID-19.

Metodología y variables

En este estudio se busca desarrollar una metodología ya existente en la literatura y que ha evolucionado a lo largo de las últimas dos décadas: el análisis envolvente de datos (DEA), el cual está orientado a datos, para evaluar el desempeño de un conjunto de entidades llamadas unidades de

toma de decisiones (DMU), que convierte múltiples *inputs* en múltiples *outputs*; así se evalúa el desempeño de diferentes instituciones, como hospitales, colegios, empresas comerciales y productivas, desempeño de ciudades y regiones, entre otras (Cooper *et al.*, 2011).

De igual manera, se utilizarán como base aquellos estudios analizados en la literatura y que preferiblemente hayan desarrollado el modelo DEA, ya que este se ha convertido en un objetivo importante para los directores de hospitales (Flokou *et al.*, 2017), dado que es una de las herramientas más utilizadas para evaluar la eficiencia en este tipo de instituciones, en razón a que cada unidad de análisis permite pesar los *inputs* y *outputs* de producción, lo que hace posible lograr el máximo de eficiencia en comparación con otras unidades de la muestra utilizada en el modelo.

Siguiendo a Flokou *et al.* (2017), dichas combinaciones de *inputs* y *outputs* conducen a la

formulación de un problema de programación lineal, cuya solución equivale a identificar un conjunto de unidades que se considere eficiente y todas las demás consideradas ineficientes, lo que lleva a construir una frontera de eficiencia o de mejores prácticas a través de la utilización de la menor cantidad de insumos que permitan el nivel más alto posible de producción.

Además, se tomarán como referencia estudios de Flokou *et al.* (2017); Kališ y Stracová, (2019); Mollahaliloglu *et al.*, (2018) y Najarzadeh *et al.*, (2014), que utilizan el método Index Malmquist en el desarrollo del estudio, a partir de los *inputs* y *outputs* seleccionados, que servirán de base para evaluar la eficiencia productiva de las instituciones hospitalarias del departamento de Caldas, principalmente con el manejo de COVID-19, con el fin de identificar su comportamiento en la toma de decisiones de índole institucional y gubernamental, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Modelos DEA mediante Index Malmquist

Autor	Inputs	Outputs	Metodología dea	Rendimiento
Nepomuceno <i>et al.</i> , (2020)	# enfermeras; # auxiliares de enfermería; # técnicos de salud titulados; costo de hospitalizaciones; suma de camas hospitalarias	Hospitalizaciones	DEA; análisis de complejidad	VRS
Gavurova y Kocisova, (2020)	# médicos por paciente hospitalizado; # enfermeras por paciente hospitalizado; # camas por paciente hospitalizado; duración media de estancia hospitalaria; tasa de procedimiento quirúrgico; planificación quirúrgica; tiempo medio espera para ingreso emergencia	Cuidado de la salud; Acceso del personal a los pacientes; información del paciente; servicios hoteleros	DEA - 2 etapas; Malmquist Index	CRS
Kamel y Mousa, (2021)	# médicos; # enfermeras; # camas	# infecciones; # recuperaciones; # muertes	DEA; análisis de sensibilidad; regresión Tobit	CRS VRS
Xu Yuan <i>et al.</i> , (2021)	# pruebas; financiación pública; # empleados de atención médica; # camas de hospital.	# casos recuperados de COVID-19; # de casos confirmados de COVID-19 (indeseable)	DEA; árbol clasificación y regresión; árbol impulsado; bosque aleatorio; regresión logística	CRS VRS
Ferraz <i>et al.</i> , (2021)	Respiradores; unidades de cuidados intensivos; camas de hospital; capital humano (médicos y enfermeras)	Personas infectadas por COVID-19; muertes por coronavirus	DEA invertida	VRS
Mourad <i>et al.</i> , (2021)	# casos afectados; # médicos; # camas de hospital; pruebas realizadas	Número de casos recuperados; fallecidos.	DEA; regresión Tobit	VRS

Fuente: elaboración propia.

Selección de variables

Inputs: con el fin de seleccionar las variables en el modelo DEA, se hace necesario conocer el sector salud, e identificar cómo obtener información veraz y oportuna que permita realizar un proceso productivo, así como evaluar la eficiencia de las instituciones hospitalarias (Giménez *et al.*, 2019). En la misma dirección, el estudio de O'Neill *et al.* (2008) sostiene que existe un gran número de variables operativas que se han utilizado tanto en *inputs* como en *outputs*, y que, en esencia, la selección de estas dependerá tanto de las bases de datos que haya disponibles a la hora de realizar el estudio como de los objetivos que deseen mostrarse o alcanzarse con el estudio.

En tal sentido, las variables utilizadas en este estudio según la literatura y las bases de datos disponibles para los *inputs* que se muestran en el anexo A serán el número total de camas (Flokou *et al.*, 2017; Kališ y Stracová, 2019), el número de casos (Mourad *et al.*, 2021) y el número de casos que ingresaron a UCI, variable que se selecciona como sugerencia por parte de los autores y, porque además la variable se encuentra disponible en las bases de datos suministradas por la Dirección Territorial de Salud de Caldas¹, el Centro Regulador de Urgencias² y por el Sistema de Vigilancia Epidemiológica en Salud Pública³ (Sivigila).

-
- 1 DTSC: la Dirección Territorial de Salud de Caldas es el ente rector del sistema de Seguridad Social en Salud del departamento mediante ordenanza 446 de 29 de abril de 2002. <https://saluddecaldas.gov.co/>
 - 2 CRUE: el Centro de Regulación de Urgencias está reglamentado mediante resolución 1220 del 8 de abril de 2010, emitida por el Ministerio de la Protección Social, para garantizar la accesibilidad, oportunidad a la población en situaciones de emergencias o desastres. <https://saluddecaldas.gov.co/publicaciones/3914/centro-regulador-de-urgencias-crue/>
 - 3 Sivigila: el Sistema de Vigilancia Epidemiológica en Salud Pública tiene como responsabilidad el proceso de observación y análisis objetivo, sistemático y constante de los eventos en salud; sustenta la orientación, planificación, ejecución, seguimiento y evaluación de la práctica de la salud pública. <https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/SIVIGILA.aspx>

Outputs: ahora bien, los *outputs* o salidas más utilizadas en la literatura, al igual que los *inputs*, deben ser seleccionadas cuidadosamente para que tengan una relación en la evaluación de eficiencia entre ellas y puedan mostrar el objeto que se pretende en el estudio; por tal razón, las variables utilizadas en este estudio como *outputs* (ver anexo B), se encuentran también en algunos estudios, como el número de casos confirmados y recuperados (Xu *et al.*, 2021), los casos de hospitalización según los estudios de (Flokou *et al.*, 2017; Kališ y Stracová, 2019 y Najarzadeh *et al.*, 2014), quienes utilizan esta variable como *output*, ya que muestra la eficiencia según el número de días; si se recupera el paciente o si por el contrario muere. Desde el punto de vista de los pacientes que no logran recuperarse y mueren, se encuentran los estudios de Kališ y Stracová (2019) y de Mourad *et al.* (2021), que utilizan esta variable como *outputs*, en razón a que muestra el índice de ineficiencia de las instituciones hospitalarias.

Resultados y discusión

La recolección de la información arrojó que el número de instituciones hospitalarias que cuentan con camas UCI en el departamento de Caldas son 14, y estas se encuentran ubicadas en 4 municipios de los 27 que conforman el mapa de la región (ver figura 1). Se ubican estratégicamente en las subregiones o distritos del departamento, así: Alto Occidente, el Hospital San Juan de Dios, en Riosucio, con 9 camas UCI; en el distrito norte, en el municipio de Salamina, el Hospital General Felipe Suárez de Salamina; en el distrito del Magdalena caldense, en el municipio de la Dorada, 23 camas UCI; 2 instituciones hospitalarias, la ESE Hospital San Félix Dorada, con 10 camas UCI, y en Medicina Intensiva del Tolima (MIT), en La Dorada, con 13 camas UCI, y en Manizales, un total de 257 camas, distribuidas en 12 instituciones hospitalarias, donde sobresalen 4 instituciones que agrupan el 63,21 % de las camas, representadas en los Servicios Especiales de Salud, con un 13,38 %; la Clínica Santa Sofía, con un 24,75 %; la Clínica de San Marcel, con un 9,36 %, y la Clínica Avidanti, con un 15,72 % (ver anexo C).

Figura 1. Mapa Político del Departamento de Caldas, ubicación hospitales camas UCI



Fuente: adaptado de Gobernación de Manizales.

La tabla 3 contiene información sobre el promedio y la desviación estándar del número de casos presentados entre marzo-diciembre del 2020 y enero-julio⁴ del 2021, en donde se observa que la media es de 836 casos para el 2020 y de 824 para el

2021, con una desviación con respecto a su promedio de 239 casos. Lo anterior significa que existe un alto grado de variación de los casos y, por lo tanto, se pueden presentar problemas de medición (exactitud en la medida), claro que este se puede explicar debido al número de habitantes de cada distrito y de la velocidad de propagación del virus COVID-19.

4 La base de datos obtenida presenta un corte al 14 de julio de 2021.

Tabla 3. Estadísticas descriptivas 2020-2021

DMU	Year	Casos	Camas UCI	Ing UCI
Servicios Especiales de salud	0	1.689,00	40,00	74,00
Santa Sofía	0	419,00	74,00	69,00
San Marcel	0	2.655,00	28,00	68,00
Avidanti	0	1.419,00	47,00	43,00
Clínica Ospedale Manizales S. A.	0	1.198,00	16,00	46,00
Clínica La Presentación	0	55,00	12,00	16,00
Zensa Médica S. A. S.	0	3,00	6,00	-

Continúa

DMU	Year	Casos	Camas UCI	Ing UCI
Oncólogos de Occidente	0	157,00	10,00	7,00
Clínica Aman	0	110,00	7,00	6,00
San Isidro	0	182,00	17,00	-
MIT La Dorada	0	58,00	13,00	44,00
ESE Hospital San Félix Dorada	0	2.232,00	10,00	376,00
San Juan de Dios Riosucio	0	1.272,00	9,00	15,00
Felipe Suárez Salamina	0	267,00	10,00	4,00
Servicios Especiales de salud	1	997,00	40,00	45,00
Santa Sofía	1	585,00	74,00	70,00
San Marcel	1	2.922,00	28,00	49,00
Avidanti	1	1.499,00	47,00	49,00
Clínica Ospedale Manizales S. A.	1	726,00	16,00	46,00
Clínica La Presentación	1	124,00	12,00	45,00
Zensa Médica S. A. S.	1	4,00	6,00	4,00
Oncólogos de Occidente	1	33,00	10,00	2,00
Clínica Aman	1	24,00	7,00	2,00
San Isidro	1	391,00	17,00	2,00
MIT La Dorada	1	84,00	13,00	82,00
ESE Hospital San Félix Dorada	1	1.210,00	10,00	30,00
San Juan de Dios Riosucio	1	1.401,00	9,00	-
Felipe Suárez Salamina	1	1.113,00	10,00	6,00

Fuente: elaboración propia.

De igual manera, en la tabla 4 se aprecia la media del número de camas UCI con que cuenta la región, la cual es demasiado baja para el total de la población⁵ que compone el departamento de Caldas, y se mantiene constante para el periodo analizado en 299 camas, lo que representa un promedio de 21 camas UCI, con una desviación baja.

5 En un área equivalente al 0,7 % del país, el departamento de Caldas alberga el 2,1 % de la población colombiana. De los 991.860 habitantes de Caldas que estimó el dane para el 2017, 72 % habitan en las ciudades y el 28 % restante en el campo; además, 49 % son hombres, y 51 %, mujeres. Se prevé que apenas más allá del año 2020 el departamento alcanzará finalmente el millón de habitantes. Esta tendencia representa una variación del 15 % desde el año 1985 cuando la población era de 867.403 habitantes. <https://gobiernoabierto.caldas.gov.co/poblacion-y-demografia/>

En la tabla 4 se reporta también el promedio de pacientes hospitalizados: 208 con una desviación de 71 pacientes, y la media de pacientes que ingresó posteriormente a camas UCI, siendo estos para el año 2020: 54 pacientes en promedio, con una desviación de 25 casos. Para esta información se puede considerar que los datos se encuentran muy dispersos con relación al promedio de los muertos, calculado en 28 pacientes en promedio, con una desviación baja, lo que significa que los datos no están tan alejados de la media como las otras variables ya analizadas. El dato más alentador que permite identificar las estadísticas es el aumento en la cifra de recuperados en el año 2021 comparado con el año anterior, 202/115. Este resultado puede deberse a un mayor conocimiento por parte del personal médico y los avances en el tratamiento de la enfermedad y el inicio del esquema de vacunación.

Tabla 4. Estadísticas descriptivas 2020-2021

estimation					Number of obs =	14
	Mean	Std. Err.	[95% Conf. Interval]			
_casos	836.8571	239.8354	318.7244	1354.99		
_camasuci	21.35714	5.245204	10.02557	32.68871		
hospital	208.3571	71.00461	54.961	361.7531		
ing_uci	54.85714	25.74065	-.7521416	110.4664		
muertos	28.92857	7.858267	11.95182	45.90531		
superados	115.4286	32.80926	44.54848	186.3087		

estimation					Number of obs =	13
	Mean	Std. Err.	[95% Conf. Interval]			
casos2021	824.7692	233.3563	316.3296	1333.209		
_camasuci	21.69231	5.65389	9.37354	34.01108		
hospital	246.2308	67.25746	99.68935	392.7722		
ing_uci	33.07692	7.733097	16.22795	49.92589		
muertos	15.84615	6.299009	2.121792	29.57052		
superados	202	60.91514	69.27732	334.7227		

Fuente: elaboración propia.

No obstante, es importante mencionar el aumento de casos entre los años de estudio, pues la diferencia es de solo 12 casos, considerando que la muestra de datos del año 2020 es de 9 meses, y para el año 2021 se registraron 6 meses y medio, sumado a otras cifras alarmantes como el aumento en la cantidad de pacientes que requieren hospitalización, al pasar de 208 a 246. Sin embargo, la cantidad de pacientes en UCI y muertos presenta una disminución de 28 a 15 muertos en promedio y de 54 a 33 casos en ingresos a UCI. De allí puede inferirse un buen manejo de las autoridades sanitarias frente a la pandemia por COVID-19, a través de nuevos periodos de cuarentena, medidas como pico y cédula y prohibición de aglomeraciones durante las festividades de diciembre y comienzos del año 2021.

De otro lado, se analizó la ficha reportada por el Sivigila, donde se especifican las preexistencias médicas y comorbilidades de los confirmados de COVID-19. Se encuentran datos de interés para la toma de decisiones, pues en algunas DMU descritas en la tabla 5, se evidencia que la mayoría de personas fallecidas sufría de enfermedades crónicas, como hipertensión arterial, diabetes, cardiopatías, obesidad, insuficiencia renal, EPOC y tabaquismo principalmente.

Tabla 5. Muertos por comorbilidades

DMU	% muertos x comorbilidad
Servicios especiales de salud	88,10
Santa Sofía	63,41
San Marcel	87,93
Avidanti	46,55
Clínica Ospedale Manizales S. A.	57,14
Clínica La Presentación	66,67
Zensa Médica S. A. S.	0,00
Oncólogos de Occidente	50,00
Clínica Aman	100
San Isidro	100
MIT La Dorada	75,00
ESE Hospital San Félix Dorada	52,86
San Juan de Dios Riosucio	7,69
Felipe Suárez Salamina	n/a

Fuente: elaboración propia.

La anterior información se ha analizado y utilizado desde las instancias médicas para la generación de diferentes protocolos para la atención de esta población, al considerarla de mayor riesgo. Además, las políticas públicas también tomaron estas estadísticas para incluir la población priorizada en el esquema de vacunación. Estudios como el de Díaz (2020), quien a través de Anova concluye que la población con comorbilidad tiene mayor probabilidad de fallecer tras contagiarse con el virus SARS-CoV-2, y que en Colombia en el periodo comprendido entre el 6 de marzo y el 24 de octubre de 2020, los pacientes que padecían hipertensión arterial, diabetes *mellitus* y enfermedades respiratorias fueron los de mayor mortalidad.

La tabla 6 muestra los niveles de productividad que se estimaron para el año 2020 (marzo-diciembre) y 2021 (enero-julio), mediante la realización de un análisis descriptivo de los datos y un análisis de desempeño de las instituciones hospitalarias como resultado del producto entre el cambio en la eficiencia y el cambio tecnológico. El cambio de eficiencia se refiere a si las instituciones hospitalarias se encuentran más cerca o más lejos de su rendimiento óptimo, y el cambio tecnológico hace

Tabla 6. Cambio en el desempeño hospitalario y su descomposición, instituciones hospitalarias

DMU	Malmquist index	Technical change	Efficiency change
Servicios Especiales de salud	1,023336729	1,023336729	1
Santa Sofía	1,203060295	1,256462601	0,957497894
San Marcel	1,10952036	1,919050501	0,578161106
Avidanti	1,36497537	1,343669979	1,015856118
Clínica Ospedale Manizales S. A.	1,863646573	1,863646573	1
Clínica La Presentación	1,964155176	1,964155176	1
Zensa Médica S. A. S.	0,084647573	0,084647573	1
Oncólogos de Occidente	1,218476065	1,129641968	1,078639161
Clínica Aman	1,121990459	1,124235811	0,998002774
San Isidro	0,333508588	0,333508588	1
MIT La Dorada	1,2043043	1,2043043	1
ESE Hospital San Félix Dorada	1,625917934	1,625917934	1
San Juan de Dios Riosucio	3,293782453	3,293782453	1
Felipe Suárez Salamina	1,113450201	1,416254952	0,786193333
Total factor	1,046583379	1,103584352	0,948349237

Fuente: elaboración propia.

relación a su comportamiento durante el período de tiempo analizado, es decir, a cambios de su frontera.

Se evalúa el cambio en productividad total de las catorce instituciones hospitalarias de Caldas a través del índice de Malmquist para identificar si en el periodo analizado su desempeño ha evolucionado o, por el contrario, empeorado. Un resultado superior a 1 indica un aumento en el desempeño de los hospitales, es decir, un mejoramiento en el periodo estudiado, mientras que un valor inferior a 1 indica un deterioro en el desempeño. Como se puede observar en los resultados total factor⁶ de la tabla 6, los hospitales aumentaron su productividad en un 4,6 % en el año 2021 comparado con el año 2020. Esto significa que el desempeño de los hospitales fue mejor; con relación al cambio tecnológico que mide el cambio de la frontera, se encuentra un movimiento positivo del 10 %, lo que

indica así que las mejores prácticas o las unidades más eficientes lograron mejores resultados con la misma cantidad de *inputs*. Por su parte, el cambio en la eficiencia señala la proximidad existente entre las instituciones hospitalarias analizadas y la frontera, al obtener un resultado inferior a 1; se entiende que los hospitales se alejaron de la frontera o de las mejores prácticas. En síntesis, las instituciones hospitalarias, aunque se encuentran más lejos de la frontera porque esta se ha movido más, mejoraron su desempeño en un 4,6 %.

La institución hospitalaria Servicios Especiales de Salud mejoró su productividad en un 2,33 %, y, aunque el cambio tecnológico en el periodo fue positivo, la institución mantuvo su proximidad a la frontera. Situación similar para las instituciones Clínica Ospedale de Manizales S. A., con un mejoramiento en su productividad de 86,3 %; Clínica La Presentación, con 96,4 %; MIT La Dorada, con 20,4 %; Hospital San Félix de La Dorada, con 62,5 %. En circunstancias diferentes se encuentran las instituciones Zensa Médica S. A. S. y San Isidro, que en el periodo analizado deterioraron su productividad con valores inferiores a la unidad.

⁶ El total factor se calculó con la media geométrica, garantizando que el resultado obtenido en el cambio tecnológico multiplicado por el resultado del cambio de eficiencia es igual al índice de Malmquist obtenido. Por tanto, $1,103584352 \times 0,948349237 = 1,046583379$

Así mismo, se encontró aumento en la productividad en las unidades hospitalarias Avidanti, con 36,4 %, y Oncólogos de Occidente, con 21,84 %, donde se evidencia aumento en el cambio tecnológico y en su cambio de eficiencia, aunque este último un poco menor que el movimiento de la frontera.

Finalmente, para el resto de las instituciones se encuentra que mejoran su productividad en el periodo analizado, pero se sitúan más lejos de la frontera con resultados por debajo de la unidad en el cambio de eficiencia. De esta manera se obtiene un mejor desempeño en las instituciones Santa Sofía, 20,3 %; San Marcel, 10,9 %; Clínica Aman, 12,1 %, y Felipe Suárez de Salamina, con 11,3%.

Conclusiones

Se evaluó el cambio de productividad de catorce instituciones hospitalarias dotadas con camas de unidad de cuidados intensivos, UCI, en el departamento de Caldas. Se encontró que estas mejoraron su desempeño en el periodo analizado (2020-2021) en un 4,6 %, aunque se ubicaron más lejos de la frontera al obtener un resultado por debajo de la unidad en el cambio de eficiencia.

Las instituciones mejoraron su productividad en un rango muy disperso, pues el aumento más bajo se calculó en 2,33 % para la institución Servicios Especiales de Salud y el más alto en 96,4 % Clínica La Presentación.

A través de análisis de estadísticas descriptivas, se encontró que en el año 2021 se han presentado más casos (824) con relación al año anterior, cuando en 9 meses se confirmaron 836 casos. El número de camas UCI se mantuvo constante en el periodo, a pesar del aumento de casos, lo que evidencia la falta de recursos a los que se enfrenta el sector salud en Colombia. Así mismo, aumenta la cifra de pacientes que requieren hospitalización, que pasaron de 208 a 246. Sin embargo, disminuye el número de muertos y de pacientes ingresados a UCI, al tiempo que aumentan los recuperados. En algunas instituciones hospitalarias del total de fallecidos el número de pacientes que presentaba comorbilidades alcanzó el 100 %. Las

principales preexistencias médicas fueron: hipertensión arterial, diabetes, enfermedades cardíacas y respiratorias.

Este análisis de eficiencia presenta limitaciones relacionadas con la falta de disponibilidad de algunas variables *inputs* y *outputs*; datos como número de camas, número de médicos y enfermeros no estuvieron disponibles en el momento de estimar el modelo. Sin embargo, el estudio constituye uno de los primeros intentos por analizar la eficiencia productiva de las instituciones prestadoras de salud en el departamento de Caldas en tiempo de pandemia.

El presente estudio abre camino para analizar la eficiencia y productividad de los hospitales de Caldas durante la emergencia sanitaria ocasionada por la pandemia de COVID-19, para mejorar la toma de decisiones y asignaciones de recursos en las DMU ante el futuro incierto de la crisis y para eventos posteriores similares.

Finalmente, se ofrecen algunas líneas futuras de investigación teniendo en cuenta los resultados de Nepomuceno *et al.* (2022), quienes muestran que entre los temas fundamentales para abordar en el futuro se ubican las denominadas tecnologías de información, sistemas y comunicaciones, archivo de imágenes, análisis de datos envueltos, sistemas de comunicación y una plataforma de computación social que permita aplicarlas y mejorar el rendimiento sanitario. Sumado al análisis de interrogantes como: ¿cuáles son las principales lagunas y superposiciones en la literatura sobre la evaluación de la eficiencia hospitalaria a través de DEA?, o ¿cómo utilizar esta perspectiva para construir y abordar futuras agendas de investigación en este campo?

También se debe ampliar el marco de referencia a nivel regional, nacional e internacional, con el fin de identificar la verdadera realidad del sistema hospitalario en el país, con unas bases de datos más amplias (Cordero *et al.* 2021). Así mismo, es fundamental realizar estudios que indiquen el camino hacia la mejora de la calidad en los servicios hospitalarios que conduzcan a reducir las listas de espera. Esto se puede lograr mediante la optimización de los procesos y recursos humanos y financieros que garanticen la mejor atención al

paciente en el menor tiempo posible. Además, se deben implementar estrategias que promuevan la gestión eficiente de todos los recursos e insumos, asegurando una asignación óptima de personal y una redistribución equitativa de los ingresos para garantizar una atención de calidad.

Por último, otros estudios deben ir encaminados a proponer lineamientos de políticas públicas que garanticen la prestación eficiente de los servicios hospitalarios en Caldas, la región y el país. Esto implica que dichas políticas deben ir orientadas a reducir las listas de espera, a fin de elevar los niveles de calidad y satisfacción de los usuarios del sistema de salud. Adicionalmente, se deben considerar líneas futuras que enfatizen en las necesidades de la demanda de la población, como los avances tecnológicos y mejores prácticas internacionales que garanticen que las políticas sean efectivas y sostenidas en el tiempo.

Referencias

- Bahrami, M., Rafiei, S., Abedi, M. y Askari, R. (2018). Análisis envolvente de datos para estimar la eficiencia de las unidades de cuidados intensivos: un estudio de caso en Irán. *Revista Internacional de Aseguramiento de la Calidad de la Atención Médica*, 31(4), 276-282
- Cetin, V. R. y Bahce, S. (2016). Measuring the efficiency of health systems of OECD countries by data envelopment analysis. <http://Dx.Doi.Org/10.1080/00036846.2016.1139682>, 48(37), 3497-3507.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. y Zhu, J. (2011). Data envelopment analysis: History, models, and interpretations. *International Series in Operations Research and Management Science*, 164. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8_1
- Díaz Pinzón, J. E. (2020). Comorbilidades de los fallecidos por COVID-19 según el grupo etario en Colombia. *Reportorio de Medicina y Cirugía*, 29, 118-122
- Ferraz, D., Mariano, E. B., Manzine, P. R., Moralles, H. F., Morceiro, P. C., Torres, B. G., Almeida, M. R. de, Mello, J. C. S. de y Rebelatto, D. A. do N. (2021). COVID Health Structure Index: The Vulnerability of Brazilian Microregions. *Social Indicators Research*, 1. <https://doi.org/10.1007/S11205-021-02699-3>
- Flokou, A., Aletras, V. y Niakas, D. (2017). A window-DEA based efficiency evaluation of the public hospital sector in Greece during the 5-year economic crisis. *Plos one*, 12(5), 1-26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177946>
- Fontalvo Herrera, T. J. y De la Hoz Herrera, G. (2016). Eficiencia de los hospitales de Bolívar-Colombia por medio de análisis envolvente de datos. *Dimensión Empresarial*, 14(1), 95-108. <http://www.scielo.org.co/pdf/diem/v14n1/v14n1a07.pdf>
- Gandhi, A. V. y Sharma, D. (2018). Technical efficiency of private sector hospitals in India using data envelopment analysis. *Benchmarking: An International Journal*, 25(9), 3570-3591. <https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2017-0135>
- Gavurova, B. y Kocisova, K. (2020). The efficiency of hospitals: platform for sustainable health care system. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 8(2), 133-146. [https://doi.org/10.9770/JESI.2020.8.2\(8\)](https://doi.org/10.9770/JESI.2020.8.2(8))
- Giménez, V., Prieto, W., Prior, D. y Tortosa-Ausina, E. (2019). Evaluation of efficiency in Colombian hospitals: An analysis for the post-reform period. *Socio-Economic Planning Sciences*, 65(June 2017), 20-35. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2018.02.002>
- Iyengar, K., Mabrouk, A., Jain, V., Venkatesan, A. y Vaisya, R. (2020). Oportunidades de aprendizaje de COVID-19 y efectos futuros en el sistema de atención médica. *Diabetes y Síndrome Metabólico: Investigación Clínica Reseñas*, 14, 943-946
- Kališ, R. y Stracová, E. (2019). Using the DEA method to optimize the number of beds in the Slovak hospital sector. *Ekonomicky Casopis*, 67(7), 725-742
- Kamel, M. A. y Mousa, M. E. S. (2021). Measuring operational efficiency of isolation hospitals during COVID-19 pandemic using data envelopment analysis: a case of Egypt. *Benchmarking: An International Journal*. <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2020-0481>
- Kocisova, K., Hass-Symotiuk, M. y Kludacz-Alessandri, M. (2018). Use of the DEA method to verify the performance model for hospitals. *E a M: Ekonomie a Management*, 21(4), 125-140. <https://doi.org/10.15240/TUL/001/2018-4-009>
- La Patria. (2021). *El SES Hospital de Caldas hace un llamado ante el colapso del sistema hospitalario por la ocupación del 100 % de camas UCI*
- Mollahaliloglu, S., Kavuncubasi, S., Yilmaz, F., Younis, M. Z., Simsek, F., Kostak, M., Yildirim, S. y Nwagwu, E. (2018). Impact of health sector reforms on hospital productivity in Turkey: Malmquist index approach. *International Journal of Organization Theory and Behavior*, 21(2), 72-84. <https://doi.org/10.1108/IJOTB-03-2018-0025>
- Mourad, N., Habib, A. M. y Tharwat, A. (2021). Appraising healthcare systems' efficiency in facing covid-19 throu-

- gh data envelopment analysis. *Decision Science Letters*, 10(3), 301-310. <https://doi.org/10.5267/j.dsl.2021.2.007>
- Najarzadeh, M., Ghasemzadeh, R. y Farzianpour, F. (2014). Hospitals productivity measurement using data envelopment analysis technique. *Iranian Journal of Public Health*, 43(11), 1576-1581
- Nepomuceno, T. C. C., Silva, W. M. N., Nepomuceno, K. T. C. y Barros, I. K. F. (2020). A DEA-Based Complexity of Needs Approach for Hospital Beds Evacuation during the COVID-19 Outbreak. *Journal of Healthcare Engineering*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8857553>
- O'Neill, L., Rauner, M., Heidenberger, K. y Kraus, M. (2008). A cross-national comparison and taxonomy of DEA-based hospital efficiency studies. *Socio-Economic Planning Sciences*, 42(3), 158-189. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2007.03.001>
- Organización Mundial de la Salud. (2020). *COVID-19 cronología de la actuación de la OMS*.
- Vrabková, I. y Vaňková, I. (2021). Efficiency of Human Resources in Public Hospitals: An Example from the Czech Republic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph18094711>
- Xu, Y., Park, Y. S. y Park, J. D. (2021). Measuring the Response Performance of U. S. States against COVID-19 Using an Integrated DEA, CART, and Logistic Regression Approach. *Healthcare (Switzerland)*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/healthcare9030268>

Anexos

Anexo A. Inputs

DMU	Year	Casos	CamasUCI	Ing_UCI
Servicios Especiales de salud	0	1,689.00	40.00	74.00
Santa Sofía	0	419.00	74.00	69.00
San Marcel	0	2,655.00	28.00	68.00
Avidanti	0	1,419.00	47.00	43.00
Clinica Ospedale Manizales S.A	0	1,198.00	16.00	46.00
Clínica la Presentación	0	55.00	12.00	16.00
Zensa Medica S.A.S.	0	3.00	6.00	-
Oncólogos de Occidente	0	157.00	10.00	7.00
Clínica Aman	0	110.00	7.00	6.00
San Isidro	0	182.00	17.00	-
MIT la Dorada	0	58.00	13.00	44.00
ESE Hospital San Felix Dorada	0	2,232.00	10.00	376.00
San Juan de Dios Riosucio	0	1,272.00	9.00	15.00
Felipe Suárez Salamina	0	267.00	10.00	4.00
Servicios Especiales de salud	1	997.00	40.00	45.00
Santa Sofía	1	585.00	74.00	70.00
San Marcel	1	2,922.00	28.00	49.00
Avidanti	1	1,499.00	47.00	49.00
Clinica Ospedale Manizales S.A	1	726.00	16.00	46.00
Clínica la Presentación	1	124.00	12.00	45.00
Zensa Medica S.A.S.	1	4.00	6.00	4.00
Oncólogos de Occidente	1	33.00	10.00	2.00
Clínica Aman	1	24.00	7.00	2.00
San Isidro	1	391.00	17.00	2.00
MIT la Dorada	1	84.00	13.00	82.00
ESE Hospital San Felix Dorada	1	1,210.00	10.00	30.00
San Juan de Dios Riosucio	1	1,401.00	9.00	-
Felipe Suárez Salamina	1	1,113.00	10.00	6.00

Fuente: elaboración propia.

Anexo B. Outputs

DMU	Year	C_confirmados	Hospitalizados	Muertos	Recuperados
Servicios Especiales de salud	0	357.00	994.00	84.00	273.00
Santa Sofia	0	117.00	194.00	41.00	76.00
San Marcel	0	59.00	354.00	58.00	1.00
Avidanti	0	438.00	438.00	58.00	380.00
Clinica Ospedale Manizales S.A	0	293.00	263.00	42.00	251.00
Clínica la Presentación	0	38.00	38.00	6.00	32.00
Zensa Medica S.A.S.	0	1.00	1.00	1.00	-
Oncologos de Occidente	0	38.00	79.00	2.00	36.00
Clinica Aman	0	30.00	56.00	3.00	27.00
San Isidro	0	168.00	24.00	6.00	162.00
MIT la Dorada	0	52.00	52.00	8.00	44.00
ESE Hospital San Felix Dorada	0	300.00	300.00	70.00	230.00
San Juan de Dios Riosucio	0	129.00	90.00	26.00	103.00
Felipe Suárez Salamina	0	1.00	34.00	-	1.00
Servicios Especiales de salud	1.00	440.00	623.00	24.00	416.00
Santa Sofia	1.00	114.00	401.00	18.00	96.00
San Marcel	1.00	359.00	252.00	48.00	311.00
Avidanti	1.00	726.00	726.00	4.00	722.00
Clinica Ospedale Manizales S.A	1.00	433.00	419.00	4.00	429.00
Clínica la Presentación	1.00	122.00	122.00	32.00	90.00
Zensa Medica S.A.S.	1.00	-	4.00	-	-
Oncologos de Occidente	1.00	1.00	22.00	-	1.00
Clinica Aman	1.00	2.00	15.00	1.00	1.00
San Isidro	1.00	277.00	75.00		277.00
MIT la Dorada	1.00	2.00	82.00	-	82.00
ESE Hospital San Felix Dorada	1.00	379.00	379.00	72.00	307.00
San Juan de Dios Riosucio	1.00	114.00	96.00	3.00	111.00
Felipe Suárez Salamina	1.00	60.00	60.00	-	60.00

Fuente: elaboración propia.

Anexo C. Instituciones hospitalarias y número de casos atendidos

DMU	#_CamasUCI	Participación Porcentual	#_Casos 2020	Participación Porcentual
Servicios Especiales de salud	40.00	13.38%	1,689.00	14.42%
Santa Sofia	74.00	24.75%	419.00	3.58%
San Marcel	28.00	9.36%	2,655.00	22.66%
Avidanti	47.00	15.72%	1,419.00	12.11%
Clinica Ospedale Manizales S.A	16.00	5.35%	1,198.00	10.23%
Clínica la Presentación	12.00	4.01%	55.00	0.47%
Zensa Medica S.A.S.	6.00	2.01%	3.00	0.03%
Oncologos de Occidente	10.00	3.34%	157.00	1.34%
Clinica Aman	7.00	2.34%	110.00	0.94%
San Isidro	17.00	5.69%	182.00	1.55%
MIT la Dorada	13.00	4.35%	58.00	0.50%
ESE Hospital San Felix Dorada	10.00	3.34%	2,232.00	19.05%
San Juan de Dios Riosucio	9.00	3.01%	1,272.00	10.86%
Felipe Suárez Salamina	10.00	3.34%	267.00	2.28%
Total	299	100%	11716	100%
DMU	#_CamasUCI	Participación Porcentual	#_Casos 2021	Participación Porcentual
Servicios Especiales de salud	40.00	13.38%	997.00	8.97%
Santa Sofia	74.00	24.75%	585.00	5.26%
San Marcel	28.00	9.36%	2922.00	26.29%
Avidanti	47.00	15.72%	1499.00	13.49%
Clinica Ospedale Manizales S.A	16.00	5.35%	726.00	6.53%
Clínica la Presentación	12.00	4.01%	124.00	1.12%
Zensa Medica S.A.S.	6.00	2.01%	4.00	0.04%
Oncologos de Occidente	10.00	3.34%	33.00	0.30%
Clinica Aman	7.00	2.34%	24.00	0.22%
San Isidro	17.00	5.69%	391.00	3.52%
MIT la Dorada	13.00	4.35%	84.00	0.76%
ESE Hospital San Felix Dorada	10.00	3.34%	1210.00	10.89%
San Juan de Dios Riosucio	9.00	3.01%	1401.00	12.61%
Felipe Suárez Salamina	10.00	3.34%	1113.00	10.02%
Total	299	100%	11113	100%

Fuente: elaboración propia.

