

Revista Científica General José María Córdova

(Revista Colombiana de Estudios Militares y Estratégicos)

Bogotá D.C., Colombia

ISSN 1900-6586 (impreso), 2500-7645 (en línea)

Web oficial: <https://www.revistacientificaesmic.com>

Planes colaborativos de mejoramiento para los grupos de investigación del Ejército Nacional de Colombia

Anny Astrid Espitia Cubillos

<https://orcid.org/0000-0002-4791-0250>

anny.espitia@unimilitar.edu.co

Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Colombia

Oscar Yecid Buitrago Suescún

<https://orcid.org/0000-0002-5064-3624>

oscar.buitrago@unimilitar.edu.co

Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Colombia

Diana Carolina Contreras-Gutiérrez

<https://orcid.org/0000-0002-8996-5348>

dianacontrerasgutierrez@cedoc.edu.co

Escuela de Caballería del Ejército Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia

Citación APA: Espitia Cubillos, A. A., Buitrago Suescún, O. Y., & Contreras-Gutiérrez, D. C. (2022). Planes colaborativos de mejoramiento para los grupos de investigación del Ejército Nacional de Colombia. *Revista Científica General José María Córdova*, 20(39), 693-715. <https://dx.doi.org/10.21830/19006586.876>

Publicado en línea: 2022

Los artículos publicados por la *Revista Científica General José María Córdova* son de acceso abierto bajo una licencia Creative Commons: Atribución - No Comercial - Sin Derivados.



Para enviar un artículo:

<https://www.revistacientificaesmic.com/index.php/esmic/about/submissions>



Miles Doctus



Revista Científica General José María Córdova

(Revista Colombiana de Estudios Militares y Estratégicos)

Bogotá D.C., Colombia

Volumen 20, número 39, julio-septiembre 2022, pp. 693-715

<https://dx.doi.org/10.21830/19006586.876>

Planes colaborativos de mejoramiento para los grupos de investigación del Ejército Nacional de Colombia

Collaborative improvement plans for the research groups of the Colombian National Army

Anny Astrid Espitia Cubillos y Oscar Yecid Buitrago Suescún

Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Colombia

Diana Carolina Contreras-Gutiérrez

Escuela de Caballería del Ejército Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia

RESUMEN. A partir de una metodología mixta que aplica análisis envolvente de datos, este artículo evalúa la eficiencia relativa de 19 grupos de investigación del Ejército Nacional de Colombia para construir planes colaborativos de mejoramiento que produzcan sinergias y permitan generar mejores resultados a futuro, con base en los indicadores y características evaluados. Los resultados muestran que hay un amplio margen de mejora para los grupos evaluados. Asimismo, seis de estos grupos tienen una eficiencia relativa del 100 %, lo que indica un nivel de maduración superior. Así, se propone un programa de apadrinamiento a cargo de estos seis grupos con conjuntos de grupos obtenidos de la solución de un modelo de asignación con propósitos claros. Con esto se espera lograr avances importantes en los resultados del sistema de investigación del Ejército.

PALABRAS CLAVE: análisis envolvente de datos; eficiencia relativa; evaluación comparativa; investigación; investigación y desarrollo; planes de mejoramiento

ABSTRACT. Based on a mixed methodology employing data envelopment analysis, this article evaluates the relative efficiency of 19 Colombian National Army research groups to create collaborative improvement plans that produce synergies and generate better future results based on the indicators and characteristics evaluated. The results show a wide margin for improvement for the groups evaluated. However, six of these groups have a relative efficiency of 100 %, indicating a higher level of maturation. Thus, we propose a sponsorship program by these six groups for the group-sets resulting from an allocation model with clear purposes. This design would allow significant advances in the Army's research system results.

KEYWORDS: comparative evaluation; data envelopment analysis; development; improvement plans; relative efficiency; research

Sección: INDUSTRIA Y TECNOLOGÍA • Artículo de investigación científica y tecnológica

Recibido: 7 de octubre de 2021 • Aceptado: 2 de junio de 2022

CONTACTO: Anny Astrid Espitia Cubillos ✉ anny.espitia@unimilitar.edu.co

Introducción

La educación militar en Colombia tiene una gran importancia por cuanto su objetivo es preparar íntegramente a las personas que deben afrontar los retos que el servicio de las armas impone y, en esa medida, que son partícipes del desarrollo del país (Espitia et al., 2017). En particular, la educación militar de nivel superior está regida por la Ley General de Educación Superior (Ley 30, 1992), que define la docencia, la investigación y la extensión como funciones misionales comunes de las instituciones de educación superior (IES). En este marco, este artículo se concentra en la función de la investigación para el Ejército Nacional de Colombia, en busca de contribuir al fortalecimiento de las actividades investigativas y de su sistema de investigación científica. Buitrago et al. (2015) señalan que la mejora de los procedimientos y el uso medido de los recursos es clave en cualquier tipo de organización. En el caso de las IES, una gestión adecuada mejora el uso de los recursos para cumplir con sus funciones misionales bajo condiciones de calidad, oportunidad y eficiencia, en concordancia con las orientaciones del Ministerio de Educación de Colombia (MEN) y la sociedad en general.

La investigación en el Ejército Nacional a nivel de educación superior tiene sus particularidades, pero también enfrenta retos comunes a todas las IES y a otras entidades que tienen como misión la investigación. En este sentido, la evolución permanente del conocimiento y la gran cantidad de información pública son un desafío para el quehacer de los diversos grupos de investigación responsables de generar avances y aportar a su entorno (Carrillo-Zambrano et al., 2018).

Los grupos de investigación del Ejército Nacional pertenecen al programa de Seguridad y Defensa de MinCiencias. Si bien la producción en ciencias militares se clasifica mundialmente en el área denominada “ciencias sociales” y la subárea de “ciencia política” (Fernández y Martín, 2018), en Colombia el MEN y el Consejo Nacional de Acreditación crearon una subárea denominada “formación relacionada con el campo militar y policial” (MEN, 2020).

A partir del reconocimiento de que los resultados conseguidos por cada uno de los grupos de investigación del Ejército Nacional de Colombia son susceptibles de mejora, y de los beneficios del trabajo colaborativo, este trabajo busca establecer una metodología que permita formular planes colaborativos de mejoramiento en el interior de la Fuerza a partir del cálculo de la eficiencia y la identificación tanto de fortalezas como de oportunidades de mejora.

Marco teórico

Para evaluar los grupos de investigación se usan diferentes métodos que se pueden agrupar en tres grandes categorías: cuantitativos, cualitativos y mixtos.

Métodos cuantitativos

En Colombia, para medir la eficiencia en la investigación científica, Arenas et al. (2004) usaron los indicadores de grupo propuestos por Colciencias (actualmente MinCiencias), así como también el indicador de producción y productividad para calificar a grupos de investigación y su dedicación.

Este indicador es $InvTC = Tiempo * Dedicación * E$; donde:

- *InvTC* es el tiempo normalizado del investigador expresado en tiempo completo.
- *Dedicación* es el tiempo promedio que dedica el investigador al grupo de investigación de acuerdo con el tipo de institución.
- *Tiempo* es la proporción de años que el investigador ha permanecido vinculado en la ventana de observación.
- *E* es el factor de normalización relacionado con el rendimiento esperado del investigador según su formación, tomando como valor 1 para doctores, 0,6 para magísteres y 0,5 para especialistas y/o profesionales.

Por su parte, para España, Muñiz et al. (2004) ordenaron la información en diagramas de frecuencia y circulares para determinar porcentajes de resultados como punto de partida, con el fin de realizar el presupuesto general de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva con sus grupos de investigación en las universidades españolas.

Restrepo y Villegas (2007) usaron la herramienta matemática de análisis envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés) para ampliar modelos básicos y calcular la eficiencia de los grupos de investigación colombianos. Por su parte, Pino-Mejías et al. (2010) evaluaron resultados también a partir de los recursos de los grupos de investigación. Con el propósito de obtener indicadores de eficiencia relevantes para la estructuración de las políticas de promoción de investigación y desarrollo, realizaron gráficos de dispersión de variables y frecuencia de grupos referenciados.

Al considerar que la cienciometría emplea matemática y estadística para estudiar resultados de publicaciones científicas, es posible entenderla como una herramienta de la sociología de la ciencia. En este sentido, Arencibia y Moya (2008) recurrieron a ella para analizar el incremento numérico de productos de investigación, la evolución de disciplinas y subdisciplinas, el vínculo con la tecnología, los cambios de paradigmas, los medios de interrelación, la eficiencia e innovación de los investigadores, entre otros.

Para analizar e identificar las capacidades requeridas en los grupos de la Universidad Nacional de Colombia, Higueta-López et al. (2011) encuestaron líderes de los grupos de investigación con un enfoque en habilidades generales asociadas al proceso de investigación y a la innovación. Por su parte, mediante la estimación de diversos indicadores de género y el uso de gráficas por tópicos, Gutiérrez (2012) hizo una aproximación numérica

a la diferencia de género y la discriminación por departamentos en el rol de líderes de los grupos de investigación relacionados con economía y administración en Colombia.

Berche et al. (2015) consideran que se debe llevar a cabo un ejercicio de evaluación de la investigación en física y matemáticas aplicadas para identificar el tamaño ideal que debe tener un grupo de investigación para desarrollar sus actividades de la mejor manera, mediante el uso de indicadores cuantitativos. Por otro lado, Rueda y Rodenes (2016), mediante un método deductivo, recolectaron información, llevaron a cabo encuestas y evaluaron grupos de investigación mediante los índices de productividad, producción de formación y producción de divulgación, para identificar su rendimiento y gestión de actividades.

Pavas (2016) estudió las salidas de los grupos de la Universidad Nacional de Colombia obtenidas en la convocatoria de Colciencias con histogramas y análisis de frecuencias y productividad, lo que permitió clasificar a los grupos por su desempeño a través del tiempo. Adicionalmente, Rodríguez y Gómez (2017), mediante indicadores de los productos de investigación de los grupos, determinaron sus dinámicas de publicación considerando cálculos de centralidad, densidad y tamaño de red por medio de bases de datos. Para ello utilizaron el *software* Pajek, que permite encontrar clústeres, analizarlos, extraer vértices de la red y mostrarlos separadamente, además de agrandar y encoger esos clústeres para profundizar en las relaciones en su interior.

Finalmente, el análisis a grupos de investigación en Brasil desarrollado por Caliri y Chiarini (2018) distinguió canales de información y procedimientos para el desarrollo de competencias científicas y tecnológicas; clasificaron los grupos mediante un método estadístico llamado QCA, que utiliza álgebra booleana para identificar factores (o variables independientes) asociados con un resultado. Un fin del QCA es normalizar elementos de comparación usando sistematización y ordenamiento de grupos para encontrar elementos comunes y divergentes.

Métodos cualitativos

Sauer y Draugalis (2000) consideran que la evaluación del trabajo investigativo debe ser analítica, contrastando el trabajo a nivel grupal para identificar puntos relevantes. Según Restrepo (2003), la investigación formativa es la base de métodos y prácticas pedagógicas para los docentes, por lo cual el análisis cualitativo y analítico ha demostrado cierta efectividad al evaluar la investigación.

Los grupos de investigación en Colombia, según Londoño (2005), cuentan con esquemas organizativos que permiten analizar los elementos que resultan determinantes para su desarrollo, además de dar a conocer los resultados en publicaciones y sistemas de formación académica. Por su parte, Rodríguez et al. (2009) plantean actividades a partir de la categorización, la elaboración y publicación de productos de investigación desarrollados en equipos que trabajan de forma cooperativa, con la mejora de habilidades instrumentales, personales y sistémicas en temáticas de formación y psicología. Asimismo,

Anderson (2012) propone hacer uso de grupos focales en la evaluación de una iniciativa específica de aprendizaje y enseñanza entre un grupo de estudiantes mediante encuestas y entrevistas, lo que constituye un enfoque netamente cualitativo.

En España, Romay y García (2013) realizaron censos para identificar la cantidad de grupos de investigación; sin embargo, cabe destacar que este fue un análisis netamente cualitativo que pretendía identificar las iniciativas que tienen los centros de investigación y los departamentos para trabajar en proyectos de investigación concretos. Por otro lado, Hoon y Heo (2014) utilizaron análisis de redes para evaluar si el programa del Centro de Investigación de Ciencia/Ingeniería (primer programa de investigación patrocinado por el Gobierno de Corea) ha tenido éxito en la formación de redes de colaboración de investigación que promuevan la investigación grupal interdisciplinaria; los resultados muestran que las redes de colaboración implementadas por el programa conducen a dinámicas relacionales que estimulan la difusión del conocimiento en diversas áreas y combinan actividades de investigación relacionadas con diferentes capacidades y experiencia en ciencia e ingeniería.

Contreras-Gutiérrez et al. (2021) evaluaron los grupos de investigación desde un enfoque gerencial de proyectos, con lo cual identificaron que los grupos cuentan con prácticas de gerencia empíricas para definir el presupuesto y el cronograma, y se enfocan en el cumplimiento del alcance priorizando el logro de los productos por encima del cumplimiento de tiempos y presupuesto.

Según Di Bello (2015), es posible analizar la perspectiva y el enfoque de los grupos de investigación académicos en Brasil mediante el uso de avances en ciencia y tecnología. Cada grupo crea su identificación y sentido de pertenencia a través de una perspectiva multirreferencial, teniendo en cuenta su vínculo con otras áreas de conocimiento, temáticas comunes, objetos de investigación y entornos en las universidades brasileñas (Sime, 2017).

Para Winfield et al. (2014), según el análisis de entrevistas a miembros y líderes académicos, la gestión de calidad y la importancia de los productos de investigación de los grupos depende de nuevos modos de producción escrita. En este sentido, el estudio realizado por Monzerrat y Gómez (2015) acerca de la gestión del conocimiento en los grupos de investigación de una IES de Colombia se basó en entrevistas a coordinadores de grupos de investigación, en busca de impulsar acciones que velen por el almacenamiento y uso de conocimiento.

La evaluación hecha por Matabanchoy et al. (2018) se realizó con análisis numéricos que lograron una aproximación a las opiniones e ideas de los miembros del grupo en relación con su vínculo y vivencia de la investigación. A partir de ello, se obtuvo una comprensión de la situación y su representación. Recolectaron información a partir de una entrevista estructurada con preguntas abiertas, y también se construyó una matriz de debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas (DOFA) para conocer el estado actual del grupo y actualizar su plan estratégico.

Finalmente, Rodríguez y Martínez (2018) adoptaron una metodología cualitativa con estudio de caso mediante observación participante, lo que implicó estudiar y conocer las experiencias de los docentes a través de la entrevista, la observación, las historias de vida, las grabaciones, los diálogos informales, las producciones textuales, entre otras fuentes.

Métodos mixtos

En Colombia, Conde et al. (2010) realizaron un estudio descriptivo para identificar el proceso de aprendizaje en distintos niveles: individual, grupal y organizacional. Formularon preguntas para cada nivel de acuerdo con el entorno de investigación en la Universidad del Cauca compartiendo escala. Por su parte, Valero y Patiño (2012) evaluaron los grupos de investigación del área contable en dos sentidos: cualitativamente, en busca de dar fundamentación teórica a cada aspecto, y cuantitativamente mediante análisis estadístico.

Vélez et al. (2014) hicieron una investigación documental como técnica exploratoria previa al análisis cuantitativo de las seis universidades mejor posicionadas en el país según el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Por su parte, Escobar et al. (2016) aplicaron una metodología mixta con revisión documental, grupos focales, indicadores para capital (humano, estructural y relacional), escala de comparación a dirigentes y matriz DOFA, con el fin de identificar los ítems que permiten a los grupos evolucionar hacia la evaluación real del impacto social de los procesos y resultados, de modo que trasciendan la cienciometría y logren cumplir con el propósito social de la investigación.

Para Velasco et al. (2012), evaluar la investigación requiere gestionar y planificar los recursos asignados a ella, ya que esto permite establecer la eficiencia de la investigación y su impacto social. Para ello, usaron indicadores bibliométricos cuantitativos (de actividad) y cualitativos (de impacto). En este mismo sentido, Altopiedi et al. (2015) combinaron un tratamiento estadístico con estudios de casos para describir los grupos de investigación y su funcionamiento.

Por su parte, con el propósito de identificar los elementos que afectan el funcionamiento y rendimiento de los grupos de investigación, Durand (2017) plantea actividades de indagación científica desde la perspectiva cualitativa, investigación documental y entrevistas; de igual manera, se presentan informes estadísticos periódicos, informes por departamentos y planes para evaluar los grupos.

Finalmente, Rodríguez et al. (2017) recurrieron a indicadores bibliométricos periódicos tanto cuantitativos como cualitativos. Los primeros están relacionados con la cantidad de productos de investigación por autor y/o grupo de autores, y los segundos, con el movimiento de dichos productos en bases de datos científicas.

Metodología

Para la propuesta metodológica de este trabajo se partió de una revisión documental concerniente a la medición de grupos de investigación, que, además de determinar los avances al respecto, permitió definir la forma de medir la eficiencia de los grupos evaluados para así determinar las fortalezas y oportunidades de mejora de cada uno. Posteriormente, se definió la guía para establecer los planes colaborativos de mejoramiento. Se espera que estos planes promuevan el crecimiento del sistema de investigación del Ejército, entendido como un todo integrado por los distintos grupos de investigación.

La propuesta metodológica fue validada durante su estructuración mediante el juicio de expertos y se aplicó para identificar elementos adicionales susceptibles de mejora en la práctica. Esto permitió su fortalecimiento y estructuración definitiva, que se presenta más adelante de forma descriptiva y mediante un diagrama de flujo. De esta forma, la propuesta de planes colaborativos queda preparada para su posterior réplica en el interior de la Fuerza y en organizaciones con características similares.

Resultados y discusiones

La propuesta se considera mixta debido a que en dos de sus tres fases integra una metodología cuantitativa y una cualitativa, lo que permite sacar provecho de las ventajas de ambos enfoques y compensar sus falencias. En este sentido, se entienden como enfoques complementarios no competitivos. Altopiedi et al. (2015) coinciden en este aspecto al señalar que la aplicación simultánea de ambos enfoques permite que se complementen.

Primera fase: medición de la eficiencia

En concordancia con Moodie (2012), que afirma que la evaluación cuantitativa es eficaz y más favorable para el investigador, y considerando que contar con indicadores cuantitativos para evaluar el cumplimiento de las actividades de las IES facilita a la dirección la toma de decisiones (Buitrago et al., 2017), la primera fase corresponde a la medición cuantitativa de la eficiencia de cada uno de los grupos. Para ello se recurrió a la metodología DEA, dado que, por su objetividad, reduce el posible sesgo en las evaluaciones.

Según Espitia et al. (2017), el método DEA es un modelo de programación lineal especial no paramétrico que permite medir y comparar la eficiencia relativa de distintas unidades que usan recursos equivalentes (entradas) y producen resultados también equivalentes (salidas), aunque en distintas cantidades. Además, Buitrago et al. (2017) señalan como sus principales ventajas las siguientes: permite usar varias entradas y salidas; las ponderaciones de las variables no dependen del evaluador, lo que evita la subjetividad; evita la carga de ajustarse a una función predeterminada para evaluar; facilita el establecimiento de metas factibles; señala referentes para las unidades con resultados ineficientes; además, permite tener variables con diferentes unidades de medida.

Para aplicar un modelo DEA se debe definir las unidades sobre las que se efectuará la medición (denominadas DMU por las siglas de *decision making unit*), que en este caso corresponden a los grupos de investigación científica del Ejército Nacional de Colombia. Por faltantes en la cantidad de información requerida, y siguiendo la recomendación de expertos de la Dirección de Ciencia y Tecnología del Ejército (DITEC), fue necesario excluir del análisis cinco grupos que no han recibido (de manera individual) ningún tipo de inversión en proyectos o laboratorios, pese a ser apoyados económicamente para la contratación de asesores de investigación y desarrollar proyectos solidarios.

Para la medición de la eficiencia relativa de los 19 grupos de investigación del Ejército que han contado con financiación de proyectos de investigación y/o inversión en laboratorios, se decidió, de acuerdo con los expertos, implementar modelos DEA orientados a salidas; es decir, una medición centrada en pretender incrementar las cantidades de las salidas (productos de cada grupo), pero sin consumir más cantidad de las entradas (o reducirlas si es posible).

Los modelos CCR —denominado así por sus autores Charnes, Cooper y Rhodes (Charnes et al., 1978)— y BCC —por sus creadores Banker, Charnes y Cooper (Banker et al., 1984)— orientados a salidas buscan maximizar la expansión radial que puede hacerse sobre el vector de salidas de una DMU, de forma que llegue a una frontera Pareto-eficiente definida por las DMU 100 % eficientes. El modelo CCR considera retornos constantes de escala: maximizar θ_0 , sujeto a: $X\lambda^T \leq X_0$; $Y\lambda^T \geq \theta_0 Y_0$; $\lambda \geq 0$; mientras que el modelo BCC considera retornos variables de escala. Para ello, al modelo CCR debe agregarse la restricción $1\lambda^T = 1$. Cada columna de la matriz X contiene las m salidas de una DMU; la matriz Y contiene las r salidas de las n DMU (una columna por cada DMU); el vector X_0 tiene las salidas de la DMU evaluada; Y_0 es el vector con las salidas de la DMU evaluada; λ es un vector con las n variables que representan los multiplicadores o pesos de cada DMU en la evaluación, y θ_0 es la máxima expansión que puede hacerse al vector de salidas de la DMU evaluada (la cual se identifica con el subíndice cero). Los modelos DEA deben solucionarse para cada una de las DMU y la eficiencia correspondiente en cada caso está dada por $1/\theta_0$. En la solución obtenida para cada DMU, los valores del vector λ que sean diferentes a cero indican que la DMU asociada a ese valor sirve de referente para la DMU evaluada (el valor del componente mide la importancia de este referente).

La siguiente etapa del DEA correspondió a la definición de las entradas y salidas que se usan en el modelo. Al momento de determinar el número de entradas y salidas, es útil tener presente algunos criterios para calcular la relación existente entre estos y el número de unidades comparadas. En este sentido, Fitzsimmons y Fitzsimmons (2004) señalan que se debe tener una cantidad de unidades (DMU) que sea como mínimo el doble del total de variables de entrada y salida involucradas. Cooper et al. (2007) también sugieren que esta cantidad sea al menos el valor máximo entre la multiplicación de entradas y salidas y el triple del total de estas. Ello implica que para este caso en particular se deben tener mínimo siete entradas y salidas en total.

Una dificultad comúnmente encontrada para la aplicación del DEA es disponer de la misma información para todas las DMU. Por ello se tuvo que definir entradas y salidas de tal forma que se mantuviera en el análisis la mayor cantidad de grupos posible de los validados por miembros de la DITEC. De esta forma, las tres entradas seleccionadas a partir de la información disponible en los resultados de las convocatorias de Colciencias (hoy MinCiencias) y el Observatorio de Ciencia y Tecnología (cuyas estadísticas descriptivas se relacionan en la Tabla 1) son:

- Inversión total (expresada en pesos colombianos): dada por el presupuesto asignado a proyectos e inversión en laboratorios.
- Antigüedad (edad) del grupo de investigación (expresada en años).
- Puntaje de la formación del líder del grupo de investigación, que se asignó de acuerdo con los puntajes del Decreto 1279 de 2002, así: 8 puntos para doctores, 4 puntos para magísteres, 2 para especialistas y 1 para profesionales universitarios.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las entradas de las DMU analizadas

Indicador	Presupuesto (10 ⁸ \$)	Edad del grupo (años)	Formación del líder
Máximo	4,566	22,083	8
Mínimo	0,075	3,167	1
Promedio	1,181	9,684	3,421
Desviación estándar	1,442	4,560	2,388

Fuente: Elaboración propia

Las cuatro salidas a estudiar (cuyas estadísticas descriptivas se relacionan en la Tabla 2) son:

- Generación escrita de conocimiento: está comprendida por el número de capítulos de libro, libros, artículos en revistas de categoría B y artículos en revista de categoría A según Publindex. Estos productos se ponderaron de acuerdo con los puntajes otorgados por el Decreto 1279 de 2002 a cada uno de ellos.
- Extensión explícita al sector empresarial: está conformada por las consultorías científicas y tecnológicas; regulaciones, normas y reglamentos técnicos; productos empresariales; productos tecnológicos certificados y validados, y por los productos tecnológicos patentados.
- Extensión social: se denominó de esta manera a los productos de circulación de conocimiento especializado; comunicación social del conocimiento; apoyo a programas de formación; proyectos de extensión y responsabilidad social en

ciencia, tecnología e innovación (CTI), y estrategias pedagógicas para el fomento de la CTI.

- Proyectos y formación de personal: está dada por los proyectos de investigación y desarrollo, y la dirección de trabajos de grado (pregrado y maestría) y tesis de doctorado.

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de las salidas de las DMU analizadas

Indicador	Generación escrita de conocimiento	Extensión explícita al sector empresarial	Extensión social	Proyectos y formación de personal
Máximo	878	12,48	54,09	43,97
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
Promedio	89,05	3,02	12,94	6,69
Desviación estándar	199,17	3,56	14,84	12,27

Fuente: Elaboración propia

Una vez claras las unidades de comparación, las entradas y salidas a incluir, los modelos DEA a implementar y la información recolectada, se procedió a correr el modelo CCR y BCC para cada DMU en el *software* MaxDEA para obtener los resultados relacionados con la eficiencia relativa de cada grupo (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados de modelos CCR y BCC

DMU	Eficiencia CCR	Eficiencia BCC	Referentes de comparación y peso (λ) modelo CCR
1	69,38 %	71,31 %	4 (1,063654); 8 (0,123824); 16 (0,110263)
2	10,48 %	17,80 %	17 (0,250000)
3	0,00 %	0,00 %	8 (0,043671); 11 (0,521951); 16 (0,075841)
4	100,00 %	100,00 %	
5	84,29 %	85,21 %	8 (0,583842); 11 (0,245886); 16 (0,055792); 17 (0,149447)
6	32,38 %	33,93 %	4 (0,800474); 8 (0,353025); 16 (0,446856)
7	0,00 %	0,00 %	8 (0,038943); 11 (0,170238); 16 (0,168497)
8	100,00 %	100,00 %	

Continúa tabla...

DMU	Eficiencia CCR	Eficiencia BCC	Referentes de comparación y peso (λ) modelo CCR
9	80,03 %	100,00 %	8 (0,280640); 11 (0,193421); 16 (0,171004)
10	79,90 %	100,00 %	8 (0,688070); 11 (0,032716); 16 (1,116758); 17 (0,093497)
11	100,00 %	100,00 %	
12	0,00 %	0,00 %	8 (0,045797); 16 (0,266551)
13	0,00 %	0,00 %	8 (0,037762); 11 (0,082324); 16 (0,191657)
14	53,10 %	56,70 %	4 (1,134935); 8 (0,072415); 16 (0,643851)
15	64,65 %	68,70 %	8 (0,666594); 16 (0,143022); 18 (0,095192)
16	100,00 %	100,00 %	
17	100,00 %	100,00 %	
18	100,00 %	100,00 %	
19	20,05 %	26,68 %	17 (0,250000)

Fuente: Elaboración propia

Segunda fase: contraste de resultados

Para la segunda fase se contrastaron los resultados de la primera fase con el fin de encontrar fortalezas y oportunidades de mejora. La última columna de la Tabla 3 presenta los grupos de investigación eficientes que sirven de referentes de comparación para cada uno de los grupos con eficiencias relativas inferiores al 100 % de acuerdo con el modelo CCR. Entre más grande es el valor del respectivo multiplicador (λ), más importancia toma la DMU referente. No obstante, de acuerdo con expertos de la DITEC, se debe considerar elementos adicionales que permitan determinar si en la práctica es viable trabajar con los referentes encontrados, teniendo en cuenta afinidades entre grupos, la naturaleza del grupo que diferencia el objetivo de sus resultados (si son parte de IES o pertenecen a unidades militares), el área de conocimiento que condiciona los tipos de productos generados y la necesidad de inversión. Con esto se puede entender que, por ejemplo, un grupo que se dedique a la producción de prototipos y patentes se demorará mucho más en la generación de nuevo conocimiento.

Los resultados muestran lo siguiente:

- Independientemente de la medición, los grupos 16, 8, 11, 17, 4 y 18 tuvieron una eficiencia relativa del 100 %, por lo cual se considera que cuentan con un nivel de maduración superior.

- Al reducir la exigencia de la medición aplicando el modelo BCC, se añaden a este grupo las DMU 9 y 10, lo que permite su categorización en un nivel de maduración alto.
- Las DMU 5, 1, 15 y 14 presentan eficiencias superiores al 53 %, por lo cual se ubican en un nivel de maduración medio.
- Las DMU 6, 19 y 2 cuentan con eficiencias con valoraciones inferiores al 34 % por lo que se consideran con un nivel de maduración bajo.
- Sin embargo, las DMU con los resultados que indican una mayor necesidad de mejoramiento son: 3, 7, 12 y 13, que arrojaron 0 % de eficiencia, con un nivel de maduración nulo.

La Tabla 4 resume las eficiencias calculadas con cada modelo y el nivel de maduración correspondiente a cada DMU, organizados de mayor a menor. Se puede observar que los grupos con nivel de madurez superior de eficiencia pertenecen indistintamente a las áreas de conocimiento en ciencias sociales e ingeniería.

Cabe aclarar que no todos los grupos de investigación del Ejército pertenecen a las IES; algunos hacen parte de diferentes unidades militares (UM), que responden a una política enfocada en generar soluciones para las problemáticas presentadas en la Fuerza. Así, sus resultados se materializan en productos como prototipos, informes técnicos y reglamentos, que no tienen tanto impacto para el modelo de medición de MinCiencias. Estos grupos no se encuentran en los niveles de maduración superior ni alto de eficiencia. Es evidente que han recibido recursos para sus proyectos y que sus resultados han respondido a la solución de necesidades que tienen un valor estratégico para la Fuerza, pero sin generar productos científicos relevantes.

Tabla 4. Resultados organizados

DMU	Eficiencia BCC	Eficiencia CCR	Nivel de madu- rez	Tipo	Área del conocimiento
16	100,00 %	100,00 %	Superior	IES	Ingeniería
8	100,00 %	100,00 %	Superior	IES	Ciencias sociales
11	100,00 %	100,00 %	Superior	IES	Ingeniería
17	100,00 %	100,00 %	Superior	IES	Ciencias sociales
4	100,00 %	100,00 %	Superior	IES	Ingeniería
18	100,00 %	100,00 %	Superior	IES	Ingeniería
9	80,03 %	100,00 %	Alto	IES	Ingeniería
10	79,90 %	100,00 %	Alto	IES	Ingeniería

Continúa tabla...

DMU	Eficiencia BCC	Eficiencia CCR	Nivel de madu- rez	Tipo	Área del conocimiento
5	84,29 %	85,21 %	Medio	IES	Ingeniería
1	69,38 %	71,31 %	Medio	UM	Ingeniería
15	64,65 %	68,70 %	Medio	IES	Ciencias sociales
14	53,10 %	56,70 %	Medio	UM	Ciencias médicas y de la salud
6	32,38 %	33,93 %	Bajo	IES	Ingeniería
19	20,05 %	26,68 %	Bajo	IES	Ciencias médicas y de la salud
2	10,48 %	17,80 %	Bajo	UM	Ciencias sociales
3	0,00 %	0,00 %	Nulo	UM	Ingeniería
7	0,00 %	0,00 %	Nulo	IES	Ciencias veterinarias
12	0,00 %	0,00 %	Nulo	UM	Ciencias sociales
13	0,00 %	0,00 %	Nulo	UM	Ciencias sociales

Fuente: Elaboración propia

Tercera fase: establecimiento de planes colaborativos de mejoramiento

En general, durante el contraste de resultados se pueden presentar dos escenarios. En el primero, las debilidades y fortalezas son compartidas, en cuyo caso se establece un plan de mejoramiento para el sistema; y en el segundo escenario, donde las debilidades y fortalezas son disímiles entre los grupos de investigación, se establecen planes colaborativos de mejoramiento para cada debilidad diferencial encontrada. Con este fin, se recomienda identificar el grupo que haya obtenido los mejores resultados en ese nivel para considerarlo en adelante como referente en el elemento particular, de modo que se constituya en mentor para los demás grupos de investigación. Así, a partir de sus buenas prácticas y de manera conjunta con los grupos débiles del área, el mentor establece los planes colaborativos de mejoramiento correspondientes.

De esta forma, al compartir las buenas experiencias y los aprendizajes previos, el resultado es un trabajo colaborativo. En este sentido, Rodríguez et al. (2009) han considerado la difusión de productos de investigación en grupos cooperativos; también Hoon y Heo (2014) estudiaron el éxito de redes de colaboración de investigación que promueven la investigación grupal interdisciplinaria, la difusión del conocimiento y el trabajo colegiado en actividades de investigación, pese a algunas diferencias en capacidades y experiencias.

El análisis de resultados de los modelos DEA aplicados permite notar que el porcentaje de DMU con eficiencia relativa del 100 % es bajo en los dos escenarios: solo 6 de 19 (el 31,58 % de los evaluados) con el modelo CCR, y el 42,11 % con el modelo BCC. Por ello, se sugiere crear un plan de mejoramiento para el todo el sistema. Para el caso de estudio, una primera recomendación es establecer estrategias que permitan a todos los grupos presentar proyectos para acceder a recursos por parte del Ejército. Esto incluiría un apoyo particular para la formulación de proyectos a cargo de los cinco grupos que no han podido contar con este tipo de apoyo económico durante el periodo estudiado, lo que también se podría subsanar con una convocatoria exclusiva para ellos.

Un hecho importante y notorio es que los grupos de investigación 8 y 16 son los que más veces y con mayores pesos (λ) sirven de referentes de comparación, lo cual es un aspecto significativo a la hora de analizar fortalezas, debilidades y estrategias de cooperación. La Tabla 5 muestra la relación de los grupos con nivel de maduración superior (eficientes en los modelos BCC y CCR) con los grupos de nivel medio bajo y nulo, de los cuales pueden ser referentes. Como plan de mejoramiento global, se propone un programa de apadrinamiento donde los grupos con nivel de madurez superior sirven de mentores para tres de los demás. La estructuración de cada equipo de trabajo colaborativo se obtiene como resultado de la solución de un problema de asignación cuya función objetivo es la maximización del posible grado de aporte global de los referentes de comparación (DMU eficientes; padrinos) a las unidades no eficientes usando el peso (λ) del modelo CCR relacionado en la Tabla 5. Adicionalmente, la respuesta cumple las siguientes restricciones:

- Toda DMU eficiente debe liderar un equipo.
- Cada DMU ineficiente debe ser asignada a una sola DMU eficiente.
- Cada DMU eficiente puede tener asignadas hasta 3 DMU ineficientes.

Tabla 5. DMU referentes

		DMU eficiente (referente)					
		4	8	11	16	17	18
DMU ineficiente	1	1,063654	0,123824		0,110263		
	2					0,25	
	3		0,043671	0,521951	0,075841		
	5		0,583842	0,245886	0,055792	0,149447	
	6	0,800474	0,353025		0,446856		
	7		0,038943	0,170238	0,168497		
	9		0,28064	0,193421	0,171004		

Continúa tabla...

DMU eficiente (referente)						
	4	8	11	16	17	18
DMU ineficiente	10	0,68807	0,032716	1,116758	0,093497	
	12	0,045797		0,266551		
	13			0,191657		
	14	1,134935	0,072415	0,643851		
	15	0,666594		0,143022		0,095192
	19				0,25	

Fuente: Elaboración propia

El problema de asignación se ha resuelto, entonces, mediante programación entera para las DMU evaluadas. Esta solución se presenta en la Tabla 6, a la que se le han adicionado los cinco grupos que no han recibido apoyo económico en proyectos o laboratorios (20 a 24), asignados a las DMU 11, 16 y 17 por afinidad en sus temáticas.

En busca de obtener mejoras de desempeño, se formaron seis equipos de trabajo, cada uno de los cuales está conformado por un padrino (grupo eficiente) ubicado en la parte superior de la Tabla 6 y tres grupos apadrinados, con el propósito de favorecer el trabajo colaborativo.

Tabla 6. Conformación de equipos de trabajo colaborativo

DMU eficiente (referente/padrino)						
	4	8	11	16	17	18
DMU ineficiente	1	1				
	2				1	
	3		1			
	5		1			
	6	1				
	7					1
	9		1			
	10			1		
	12			1		

Continúa tabla...

		DMU eficiente (referente/padrino)					
		4	8	11	16	17	18
DMU ineficiente	13						1
	14	1					
	15		1				
	19						1
DMU excluida	20					1	
	21					1	
	22					1	
	23				1		
	24				1		

Fuente: Elaboración propia

La meta para los grupos que están sin medición (20 a 24 en la Tabla 6) es lograr la financiación de algún proyecto de investigación o laboratorio. Para los grupos ineficientes, como mínimo, se espera que incrementen en un nivel su grado de maduración, de forma que pasen de nulo a bajo, de bajo a medio, de medio a alto y de alto a superior. Los grupos que están en nivel superior podrían medir su mejoramiento de acuerdo con los resultados de las convocatorias de reconocimiento y clasificación de grupos de investigación de MinCiencias mediante el indicador de grupo.

Se aclara que la eficiencia obtenida aquí se hace a partir de la producción científica que generan los grupos de investigación de acuerdo con la clasificación de los resultados establecida por MinCiencias, que es el lenguaje común de los grupos de investigación de IES, empresas o independientes del país.

Sin embargo, se deben tener en cuenta las particularidades del Ejército Nacional por ser una entidad cuya prioridad es el fortalecimiento de sus capacidades para cumplir su misión institucional; así, la ciencia y tecnología es un componente para dar solución a sus problemas, de modo que la producción científica en sí misma no es su finalidad. Por esto mismo, se cuenta con grupos que han actualizado la doctrina de la institución, han generado prototipos y han desarrollado estudios de enfermedades, estudios de prospectiva de la Fuerza, entre otros.

Por ello, como resultado del esfuerzo colaborativo de los equipos de trabajo establecidos, se invita a que los grupos presenten estos resultados a la comunidad científica mediante productos que se ajusten a la medición de MinCiencias. Esto implica, por tanto, que inicien acciones para, por ejemplo, redactar libros resultado de investigación

que reflejen las actualizaciones de la doctrina, presentar solicitudes de patente de los prototipos, documentar los estudios desarrollados mediante artículos científicos y compartir en eventos científicos los resultados parciales de los estudios en proceso. Para facilitar la comprensión de la propuesta metodológica, se representa el proceso con el diagrama de flujo de la Figura 1.

Se sugiere repetir este proceso de manera periódica para tomar decisiones al respecto de manera oportuna, pero no con tanta frecuencia, de forma que el horizonte de planeación sea el suficiente para que se reflejen los resultados de los planes colaborativos de mejoramiento establecidos previamente. En este sentido, la recomendación es aplicar el proceso anual o semestralmente. Para aplicaciones futuras, podría incluirse como parte de la entrada denominada “inversión total” los valores destinados al pago de los asesores de investigación por grupo, para que este aspecto no quede excluido del análisis.

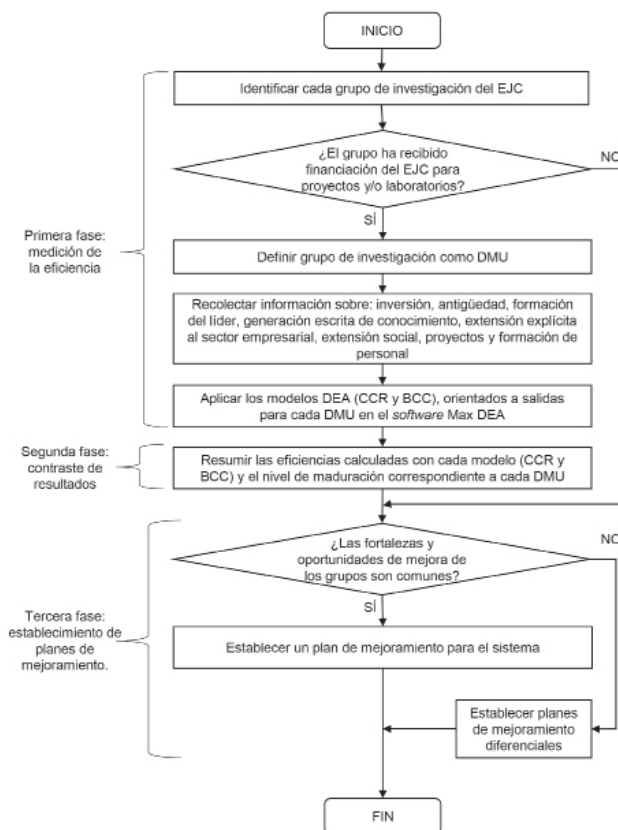


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología propuesta para la formulación de planes colaborativos de mejoramiento para los grupos de investigación del Ejército Nacional de Colombia a partir de la medición de su eficiencia.

Fuente: Elaboración propia

Conclusión

En general, el enfoque cuantitativo es usado para evaluar la eficiencia de los grupos, dado que ofrece resultados objetivos. En particular, se usan índices de productividad y desempeño, y análisis estadísticos de información reportada en documentos o recolectada comúnmente mediante encuestas. Por ello, se optó por usar este enfoque y medir la eficiencia usando DEA en la primera fase de la metodología propuesta, que es la base de la segunda fase, comparativa, y de la tercera fase, que permite establecer los planes colaborativos de mejoramiento.

En la primera fase, para aplicar el modelo DEA, se definieron como DMU los grupos de investigación científica del Ejército Nacional (excluyendo aquellos sin inversión en proyectos o laboratorios). Se optó por los modelos orientados a salidas, bajo la consideración de que se pretenden incrementar los resultados de investigación sin ampliar las inversiones, debido a la austeridad en el presupuesto del país, a la que no es ajena el sector defensa. Se aplicaron tanto modelos CCR como BCC para cada una de las DMU, usando como entradas: inversión total, antigüedad del grupo y puntaje de la formación del líder del grupo; y como salidas: generación escrita de conocimiento, extensión explícita al sector empresarial, extensión social y proyectos y formación de personal.

En la segunda fase, al comparar las eficiencias, es evidente que el modelo CCR resulta más exigente que el BCC. A partir de los resultados se establecieron cinco niveles de madurez en los que se categorizaron los grupos: superior (eficiencia del 100 % en los dos modelos), alto (eficiencia del 100 % en el modelo BCC), medio (eficiencias superiores al 53 %), bajo (eficiencias inferiores al 34 %) y nulo (0 % de eficiencia). Se observa que el área de conocimiento del grupo de investigación no constituye un factor que incida en su eficiencia. Sin embargo, existe una diferencia importante entre los resultados de los grupos de investigación del Ejército que pertenecen a las IES y los que son parte de otro tipo de dependencias. Esto implica entender el contexto colombiano, donde es usual que las IES lideren las actividades de ciencia y tecnología, lo que se refleja en el aval otorgado al 90 % de los grupos de investigación y la financiación al 86 % de los proyectos de I+D+i del país (MinCiencias, 2022).

Durante la aplicación de la tercera fase de la metodología, se encontró que los grupos cuentan con fortalezas y oportunidades de mejora comunes, por lo que se estableció un plan de mejoramiento para el sistema, entendido como un todo, que favorece el espíritu colaborativo mediante el establecimiento de equipos de trabajo bajo un programa de apadrinamiento a cargo de los grupos con nivel de madurez superior. La creación de estos equipos no obedece a un agrupamiento caprichoso, sino que se determinó al resolver un modelo de optimización conocido como de asignación, lo que resulta útil para evitar los sesgos al momento de su estructuración.

El trabajo en equipo tiene propósitos diferenciales: de los grupos ineficientes se espera que incrementen su nivel de maduración; para aquellos con nivel de maduración

superior, se busca que mejoren su indicador de grupo de acuerdo con los resultados de las convocatorias de reconocimiento y clasificación de MinCiencias, y para los grupos de investigación excluidos del análisis, se busca que desarrollen estrategias que les permitan acceder a recursos para sus proyectos y laboratorios. Un objetivo transversal común a todos los grupos es la producción científica y su reconocimiento.

Finalmente, contar con una metodología que permita formular planes colaborativos de mejoramiento para los grupos de investigación del Ejército Nacional de Colombia a partir de la medición de su eficiencia puede contribuir al crecimiento y fortalecimiento del sistema de investigación y desarrollo. En este sentido, la metodología propuesta puede aplicarse en distintos entornos con condiciones similares, como instituciones que lideren o desarrollen actividades científicas y tecnológicas que cuenten con grupos de investigación y recursos. La aplicación de esta metodología vela por el uso eficiente de los recursos en ciencia y tecnología, por lo cual se espera que esto resulte en un mejor desempeño con sus respectivos indicadores. Con base en este trabajo, a futuro, se propone validar el cumplimiento de las sinergias aquí propuestas y dar seguimiento a sus resultados.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Universidad Militar Nueva Granada y a la Institución Universitaria CEDOC del Ejército Nacional por su apoyo en la realización de este artículo.

Declaración de divulgación

Los autores declaran que no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con el artículo. Este es un producto derivado del proyecto de investigación INV-ING-2987 titulado “Identificación de las innovaciones tecnológicas requeridas por las Fuerzas Armadas colombianas en el contexto del posacuerdo como parte del cumplimiento de su responsabilidad social desde la teoría de los *stakeholders* y el bien común”, financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, vigencia 2019-2020.

Financiamiento

Los autores declaran como fuente de financiamiento a la Universidad Militar Nueva Granada.

Sobre los autores

Anny Astrid Espitia Cubillos es magíster en ingeniería industrial de la Universidad de los Andes e ingeniera industrial de la Universidad Militar Nueva Granada. Desde 2004 es profesora universitaria. Se vinculó como docente de tiempo completo de Ingeniería Industrial a la Universidad Militar Nueva Granada en el año 2007, donde es profesora asociada desde 2016.

<https://orcid.org/0000-0002-4791-0250> - Contacto: anny.espitia@unimilitar.edu.co

Oscar Yecid Buitrago Suescún es magíster en ingeniería industrial de la Universidad de los Andes e ingeniero químico de la Universidad Nacional de Colombia. Es profesor asociado de la Universidad Militar Nueva Granada.

<https://orcid.org/0000-0002-5064-3624> - Contacto: oscar.buitrago@unimilitar.edu.co

Diana Carolina Contreras-Gutiérrez es magíster en gerencia y desarrollo de la Escuela Colombiana de Ingeniería; especialista en formulación y evaluación de proyectos de la Universidad Católica, y administradora ambiental de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Es docente e investigadora de la Institución Universitaria CEDOC del Ejército Nacional de Colombia.

<https://orcid.org/0000-0002-8996-5348> - Contacto: dianacontrerasgutierrez@cedoc.edu.co

Referencias

- Altopiedi, M., Hernández, E., & López Y., J. (2015). Características relevantes de grupos de investigación destacados en Andalucía. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 6(16), 126-142. <https://doi.org/10.1016/j.rides.2015.07.002>
- Anderson, D. (2012, junio). Focus groups as evaluation: Exploring issues connected with “insider” research. In *European Conference on Research Methodology for Business and Management Studies* (p. 539). Academic Conferences International Limited.
- Arenas V., W., Soto M., J., & Rivera, O. M. (2004). La evaluación de los grupos de investigación según los indicadores de eficiencia de Colciencias versus su evaluación según el análisis envolvente de datos - DEA. *Scientia et Technica*, 1, 189-194. <https://bit.ly/3ljOxLS>
- Arencibia, J., & Moya, F. (2008). La evaluación de la investigación científica: una aproximación teórica desde la cienciometría. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 17(4), 1-27. <https://bit.ly/3wIUyEA>
- Banker, R., D., Charnes, A., & Cooper, W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9). <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Berche, B., Holovatch, Y., Kenna, R., & Mryglod, O. (2015). Academic research groups: evaluation of their quality and quality of their evaluation. *Journal of Physics: Conference Series*, 681(1), <https://doi.org/10.1088/1742-6596/681/1/012004>
- Buitrago, O., Espitia, A., & Linares, D. (2015). Technical efficiency measurement of the teaching function in the undergraduate attendance programs at Universidad Militar Nueva Granada. *Tecciencia*, 10(18), 25-35. <https://doi.org/10.18180/tecciencia.2015.18.5>
- Buitrago, O., Espitia, A., & Molano, L. (2017). Análisis envolvente de datos para la medición de la eficiencia en instituciones de educación superior: una revisión del estado del arte. *Revista Científica General José María Córdova*, 15(19), 147-173. <https://doi.org/10.21830/19006586.84>
- Caliari, T., & Chiarini, T. (2018). Análisis de los grupos de investigación de las áreas científicas con mayor aplicabilidad productiva en el Brasil: competencias e interacciones con las empresas. *Apuntes*, 45(82), 71-98. <https://doi.org/10.21678/apuntes.82.864>
- Carrillo-Zambrano, E., Páez-Leal, M., Suárez, J. M., & Luna-González, M. (2018, noviembre). Modelo de vigilancia tecnológica para la gestión de un grupo de investigación en salud. *MedUNAB*, 21(1), 84-99. <https://doi.org/10.29375/01237047.2746>

- Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Colciencias - Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2016). *Guía para el reconocimiento y medición de grupos de investigación e investigadores*. <https://bit.ly/3lh1AgT>
- Conde C., Y., Correa C., Z., & Delgado H., C. (2010). Aprendizaje organizacional: una capacidad de los grupos de investigación en la universidad pública. *Cuadernos de Administración*, 44, 25-39. <https://bit.ly/3Llynw3>
- Contreras-Gutiérrez, D., Moreno-Ávila, N., Pérez-Londoño, G., & Leal-Coronado, C. (2021). Aplicación de prácticas en gerencia de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en grupos de investigación. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 8160(90), 47-64. <https://doi.org/10.21158/01208160.n90.2021.2974>
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references, and DEA-solver software* (2nd ed.). Springer International Publishing AG.
- Di Bello, M. E. (2015). *Utilidad social de conocimientos científicos, grupos de investigación académicos y problemas sociales* (Nota de investigación, Cuestiones de Sociología, n.º 12). Universidad Nacional de La Plata. <https://bit.ly/3LruZQe>
- Durand Villalobos, J. (2017). Factores que inciden en el desempeño de los grupos de investigación: tres casos de estudio de la Universidad de Sonora. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 22(75), 1143-1167. <https://bit.ly/39u0ko0>
- Escobar L., J., Castaño, D. A., Ruiz R., M., & Restrepo B., J. (2016). Evaluación auténtica del impacto social de procesos, proyectos y productos de investigación universitaria: un acercamiento desde los grupos de investigación. *Revista LaSallista de Investigación*, 13(1), 166-280. <https://bit.ly/3MAxMYA>
- Espitia, A., Buitrago, O., & Loyo, Y. (2017). Eficiencia de los programas de pregrado de una escuela militar en Colombia usando Análisis Envolvente de Datos. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 19, 7-26. <https://bit.ly/3wuPZjL>
- Fernández O., A., & Martín A., H. (2018). Limitaciones en la visibilidad de publicaciones seriadas sobre estudios militares y estratégicos en América Latina y el Caribe. *Análisis Político*, 31(94), 154-174. <https://doi.org/10.15446/anpol.v31n94.78308>
- Fitzsimmons, J., & Fitzsimmons, M. (2004). *Service management: Operations, strategy, and information technology* (2nd ed.). McGraw Hill.
- Gutiérrez, J. P. (2012). Análisis de los grupos de investigación colombianos en ciencias económicas desde una perspectiva de género. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 20(2), 143-164. <https://doi.org/10.18359/rfce.2169>
- Higueta-López, D., Molano-Velandia, J., & Rodríguez-Merchán, M. (2011). Competencias necesarias en los grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia que generan desarrollos de base tecnológica. *Innovar. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 21(41), 209-224. <https://bit.ly/3yFU1sf>
- Hoon Yang, C., & Heo, J. (2014). Network analysis to evaluate cross-disciplinary research collaborations: The Human Sensing Research Center, Korea. *Science and Public Policy*, 41(6), 734-749. <https://doi.org/10.1093/scipol/scu007>
- Ley 30. (1992, 28 de diciembre). *Por la cual se organiza el servicio público de la Educación Superior*. Diario Oficial 40700. Congreso de la República de Colombia. <https://bit.ly/39zih4U>
- Londoño, F. (2005). Un análisis sobre la dinámica de los grupos de investigación en Colombia. *Investigación & Desarrollo*, 13(1), 184-203. <https://bit.ly/3Ni8ej4>

- Matabanchoy S., M., Ruiz Bravo, O., & Villalobos G., F. (2018). Ciclo de vida y aspectos motivacionales de un grupo de investigación. *Trilogía. Ciencia Tecnología Sociedad*, 10(19), 149-164. <https://doi.org/10.22430/21457778.1026>
- MinCencias. (2022). *Ciencia en cifras* (página web). <https://minciencias.gov.co/La-Ciencia-En-Cifras>
- Ministerio de Educación Nacional. (2020, junio). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior – SNIES. Documento metodológico*. <https://bit.ly/38QrYvw>
- Muñoz F., J., Gordillo Á-V., M., & González M., J. (2004). La evaluación de proyectos de investigación por la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva. *Psicothema*, 16, 343-349.
- Moodie, G. (2012). *Research evaluation groups all shook up*. The Australian.
- Pavas, A. (2016). Resultados de la medición de grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia. *Revista Ingeniería e Investigación*, 36(2), 3-5. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v36n2.59483>
- Pino-Mejías, J., Solís-Cabrera, F., Delgado-Fernández, M., & Barea Barrera, R. (2010). Evaluación de la eficiencia de grupos de investigación mediante análisis envolvente de datos (DEA). *Profesional de la Información*, 19(2), 160-167. <https://doi.org/10.3145/epi.2010.mar.06>
- Restrepo Gómez, B. (2003). Investigación formativa e investigación productiva de conocimiento en la universidad. *Nómadas*, 18, 195-202. <https://bit.ly/3MGGeoU>
- Restrepo R., M., & Villegas R., J. (2007). Clasificación de grupos de investigación colombianos aplicando análisis envolvente de datos. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 42, 105-119. <https://bit.ly/38ILydd>
- Rodríguez G., J., & Gómez V., N. (2017). Redes de coautoría como herramienta de evaluación de la producción científica de los grupos de investigación. *Revista General de Información y Documentación*, 27(2), 279-297. <https://doi.org/10.5209/RGID.58204>
- Rodríguez G., J., Gómez V., N., & Herrera-Martínez, Y. (2017). Técnicas bibliométricas en dinámicas de producción científica en grupos de investigación. Caso de estudio: Biología UPTC. *Revista LaSallista de Investigación*, 14(2), 73-82. <https://bit.ly/3MB6p0T>
- Rodríguez N., H., Maquílón S., J., & Fernández R., E. (2009). Una propuesta de renovación metodológica en el marco del Espacio Europeo de Enseñanza Superior. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 12(3), 111-126.
- Rodríguez H., B., & Martínez P., L. (2018). S303. Estilos de pensamiento de profesores sobre cuestiones sociocientíficas en un grupo de investigación constituido en la interfaz universidad-escuela. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis* (n.º extraordinario), 1-9. <https://bit.ly/38cwPXO>
- Romay, E., & García, D. (2013). Análisis y valoración de aspectos básicos sobre los grupos de investigación en comunicación en España. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico*, 19, 481-490. https://doi.org/10.5209/rev_ESMP.2013.v19.42134
- Rueda B., G., & Rodenes A., M. (2016). Factores determinantes en la producción científica de los grupos de investigación en Colombia. *Revista Española de Documentación Científica*, 39(1), e118. <https://doi.org/10.3989/redc.2016.1.1198>
- Sauer, K., & Draugalis, J. (2000). Mock proposals and other group assignments: Bridging didactic research evaluation skill to research applications. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 64(3), 307-311.
- Sime Poma, L. (2017). Grupos de investigación en educación: hacia una tipología multirreferencial desde casos representativos. *Revista de la Educación Superior*, 46(184), 97-116. <https://doi.org/10.1016/j.resu.2017.12.002>
- Valero Z., G., & Patiño J., R. (2012). Los grupos de investigación contable reconocidos por Colciencias. *Cuadernos de Contabilidad*, 13(32), 175-201. <https://bit.ly/3NuDpHU>

- Velasco, B., Eiros, J., Pinilla, J., & San Román, J. (2012). La utilización de los indicadores bibliométricos para evaluar la actividad investigadora. *Aula Abierta*, 40(2), 75-84. <https://bit.ly/3wymNtc>
- Vélez C., G., Gómez F., H., Úsuga C., A., & Vélez T., M. (2014). Diversidad y reconocimiento de la producción académica en los sistemas de evaluación de la investigación en Colombia. *Revista Española de Documentación Científica*, 37(3), 1-14. <https://doi.org/10.3989/redc.2014.3.1133>
- Winfield R., A., Topete B., C., & Cuéllar O., M. (2014). Desafíos de la organización de grupos de investigación científica, procesos de formación y producción escrita: casos de Brasil y México. *Innovación Educativa*, 14(65), 81-98. <https://bit.ly/3sNVpVK>