



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>

Capacidades de los centros de investigación colombianos del sector aeronáutico militar y su enfoque estratégico

Diana Carolina Contreras Gutiérrez

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

dianacontrerasgutierrez@cedoc.edu.co

Escuela de Aviación del Ejército, Bogotá D.C., Colombia

Alicia del Pilar Martínez Lobo

<https://orcid.org/0000-0001-9187-4181>

alicia.martinez@aerocivil.gov.co

Centro de Estudios Aeronáuticos, Bogotá D.C., Colombia

Andrés Felipe Fierro Russi

<https://orcid.org/0000-0001-9202-9027>

andresfierrorussi@cedoc.edu.co

Escuela de Aviación del Ejército, Bogotá D.C., Colombia

Citación: Contreras Gutiérrez, D. C., Martínez Lobo, A. P., & Fierro Russi, A. F. (2021). Capacidades de los centros de investigación colombianos del sector aeronáutico militar y su enfoque estratégico. *Revista Científica General José María Córdova*, 19(35), 679-701. <http://dx.doi.org/10.21830/19006586.767>

Publicado en línea: 1.º de julio de 2021

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 19, número 35, julio-septiembre 2021, pp. 679-701
<http://dx.doi.org/10.21830/19006586.767>

Capacidades de los centros de investigación colombianos del sector aeronáutico militar y su enfoque estratégico

Colombian military aeronautics research center capabilities and their strategic approach

Diana Carolina Contreras Gutiérrez y Andrés Felipe Fierro Russi

Escuela de Aviación del Ejército, Bogotá D.C., Colombia

Alicia del Pilar Martínez Lobo

Centro de Estudios Aeronáuticos, Bogotá D.C., Colombia

RESUMEN. Este artículo presenta un análisis del enfoque estratégico y las capacidades de los centros de investigación del sector aeronáutico militar en Colombia. Para ello se utilizó una metodología descriptiva de revisión comparada. Se identificaron y analizaron seis centros de investigación en el sector, lo que permitió determinar su madurez en temas de ciencia y tecnología con base en sus capacidades y su estrategia, y cómo estas variables se relacionan con tres escenarios estratégicos del sector. Se destaca que los centros cuentan con capacidades para la producción de conocimiento; sin embargo, deben fortalecerse para lograr procesos de desarrollo tecnológico e innovación, aun cuando estos son objetivos de su estrategia. El avance en ciencia y tecnología del sector aeronáutico militar es fundamental para el cumplimiento de las políticas nacionales en defensa y seguridad.

PALABRAS CLAVE: centros de investigación; innovación; investigación y desarrollo; sector aeronáutico militar; tecnología aeroespacial

ABSTRACT. This article analyzes the strategic focus and capabilities of Colombian military aeronautics research centers. Six centers in the sector were identified and analyzed based on their capabilities and strategy to determine their maturity in science and technology. Moreover, how these variables relate to three strategic sector scenarios. It was noted that the centers have knowledge production capacities. However, they must be strengthened to achieve technological development and innovation, a part of their strategic objectives. Advances in science and technology in the military aeronautical sector are fundamental to fulfilling national defense and security policies.

KEYWORDS: aerospace technology; innovation; military aeronautics; research and development; research centers

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

Recibido: 11 de enero de 2021 • Aceptado: 30 de mayo de 2021

CONTACTO: Diana Carolina Contreras Gutiérrez ✉ dianacontrerasgutierrez@cedoc.edu.co

Introducción

Los centros de investigación son actores fundamentales para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en un país. Son especialmente esenciales para el sector aeronáutico, ya que la investigación y el desarrollo tecnológico son claves en este sector para generar procesos de innovación. En Colombia, el sector aeronáutico se plantea metas específicas con respecto a la ciencia y la tecnología, tales como el desarrollo de capacidades para lograr la independencia tecnológica, el incremento de proyectos de investigación aplicada y el fortalecimiento de laboratorios y centros de investigación (Departamento Nacional de Planeación, 2017).

Por otro lado, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias)¹ es la entidad encargada de definir y reconocer los centros de investigación en Colombia. Actualmente se reconocen 43 centros de investigación en el país, de los cuales solo uno pertenece al sector defensa y ninguno se enfoca en el sector aeronáutico como actividad principal. A partir de esto, se desarrolló una investigación sobre los centros de investigación del sector aeronáutico declarados y avalados por sus instituciones internamente, limitándolo solamente al sector defensa.

Las instituciones públicas que pertenecen a la seguridad y defensa de la nación han desarrollado diferentes capacidades en investigación y tecnología para suplir las necesidades específicas del ámbito aeronáutico. Gran parte de sus actividades de investigación se apoyan en las instituciones de la educación superior del sector que desarrollan actividades enfocadas en la aeronáutica y que son consideradas actores fundamentales del clúster aeroespacial en Colombia. Es así como el sector aeronáutico militar ha incorporado a sus estrategias el desarrollo de programas y proyectos para la innovación y la tecnología aeronáuticas (Bello, 2017).

Así, esta investigación tiene como objetivo identificar y analizar las capacidades y el direccionamiento estratégico de los centros de investigación del sector aeronáutico militar, con el fin de dar un diagnóstico de las condiciones actuales en investigación, desarrollo tecnológico e innovación, con base en los desarrollos de los centros de investigación que se encuentran incorporados a las Fuerzas Militares de Colombia. Adicionalmente, a partir de los resultados de esta investigación se recomiendan acciones de mejora para alcanzar la visión planteada por cada uno de los centros.

Marco teórico

La ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) constituyen un motor indiscutible de crecimiento y desarrollo para un país (Bortagaray, 2016). Con su avance generan múltiples

1 Este Ministerio se creó en diciembre de 2019 y reemplazó al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias).

beneficios en el bienestar social y el crecimiento económico (Schiebel et al., 2019; Toillier et al., 2018).

La CTI se realiza a través de procesos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación (I+D+i). En esta tríada, la investigación y el desarrollo tecnológico se diferencian de la innovación, puesto que I+D son ellos mismos parte de un proceso de innovación (OCDE, 2018a). El término I+D engloba tres actividades: 1) investigación básica, 2) investigación aplicada y 3) desarrollo tecnológico. La investigación básica y la investigación aplicada tienen como objetivo generar nuevos conocimientos, mientras que el objetivo del desarrollo tecnológico es aplicar esos nuevos conocimientos para el desarrollo de nuevos productos, procesos, materiales, entre otros.

La *i* de innovación se logra cuando el nuevo producto o el producto mejorado es introducido en el mercado o en un proceso de fabricación, brindando un aporte nuevo o significativamente mejor para los procesos y productos de la industria y el comercio (OCDE, 2008). La innovación es un proceso continuo y puede estar presente en cualquier sector de la economía; sin embargo, para el sector público se sabe menos sobre estos procesos, ya que están orientados al mercado e impulsados por este (OCDE, 2018b).

La I+D+i nace de la interacción entre universidad, empresa y Gobierno, conocida como el modelo de la triple hélice (TH, por sus siglas en inglés), basado en el conocimiento que se genera a través de la innovación (Etzkowitz & Zhou, 2018). Cada institución cumple una función en el modelo de la TH: la empresa es el lugar de producción; el Gobierno es la fuente de relaciones contractuales que garantiza las relaciones e intercambios estables, y la universidad es la fuente de nuevos conocimientos y de tecnología (Etzkowitz, 2003). Por tanto, las inversiones en I+D están sujetas a la colaboración de empresas y universidades (Gómez et al., 2020). Para Gómez et al. (2020), esta inversión genera mayores beneficios, pero también mayores costos. Para otros autores, como Enkel et al. (2009), en la gestión de I+D es relevante la innovación abierta, entendida como la aceleración de la transferencia de conocimiento y la intensificación de la capacidad de colaboración endógena y exógena. La innovación abierta se considera cada vez más aplicable y agrega valor a los procesos intensivos del conocimiento, tales como las propuestas de valor y los modelos de negocio.

Los centros de investigación

Los centros de investigación son principalmente las áreas encargadas de generar nuevo conocimiento a través de la I+D+i (Escalante et al., 2010; Luna & Solleiro, 2007; Sánchez & Roque, 2011; Arrubla et al., 2012; Giachi, 2019). Surgieron para facilitar la investigación más allá de las fronteras disciplinarias e institucionales (Kassab et al., 2020). Para Escalante et al. (2010), los centros de investigación, además de generar conocimiento, deben comercializarlo para contribuir simultáneamente a la solución de problemas económicos, productivos y sociales.

Por lo tanto, los centros de investigación tienen tres funciones sustanciales: en primer lugar, la generación de conocimiento (HamidiMotlagh et al., 2020); en segundo lugar, la producción de conocimiento científico y técnico susceptible de ser transferido a la industria o al Estado (Luna & Solleiro, 2007; Giachi, 2019), y, en tercer lugar, la divulgación del conocimiento (Sánchez & Roque, 2011). En resumen, en un contexto de innovación abierta, los centros de investigación deben concebirse como organizaciones basadas en el conocimiento y en las que la gestión de este y la innovación son esenciales (Escalante et al., 2010).

Los centros de investigación deben cumplir objetivos científicos, de comercialización, educativos y de participación pública (Dolan et al., 2019). Un centro de investigación efectivo trabaja por lograr estos objetivos cumpliendo la misión de la organización (Saha et al., 2019). En cuanto a su organización, tal y como afirman Etzkowitz y Zhou (2018) en su modelo TH, la I+D+i nace de la interacción de universidad, empresa y Estado. Por ende, los centros de investigación pueden estar constituidos en cualquiera de estas tres hélices. De esta forma, la infraestructura de innovación y conocimiento evoluciona con base en estos tres actores: los centros de investigación de las universidades adoptan modelos de gestión industrial para proporcionar un marco de apoyo para los grupos de investigación; las empresas encarnan elementos académicos e industriales, y el Estado interviene y se vuelve un actor que genera conocimiento (Etzkowitz & Zhou, 2018).

En las universidades, particularmente, para Leahey y Barringer (2020), los centros de investigación son el resultado de reorganizaciones académicas para materializar la investigación. Estos no sustituyen a los departamentos universitarios, sino que los requieren y complementan (Kassab et al., 2020). En las empresas, como Franco y Pinho (2019) argumentan, hay unanimidad sobre la importancia de la transferencia de conocimiento, en lo cual coinciden con los intereses de las universidades.

En este sentido, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2018a), en el manual de Frascati sobre la recopilación y presentación de información sobre investigación y desarrollo experimental, define para cada uno de los sectores cuáles son las unidades para la recopilación de información. En el sector educativo se incluyen todos los institutos y centros de investigación, estaciones experimentales y clínicas de investigación que llevan a cabo actividades de I+D, y que están bajo el control directo o la administración de una institución de educación superior. En el sector empresarial se incluyen institutos, clínicas y centros de investigación, independientes o dependientes, cuya actividad principal es la producción de bienes y servicios para la venta. Por último, en el sector público se encuentran los centros e institutos especializados en la actividad de I+D, además de diversas instituciones que realizan I+D, como centros de investigación o museos (OCDE, 2018b).

Centros de investigación en Colombia

En Colombia, el organismo encargado de la gestión del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) es Minciencias. Esta entidad busca fomentar, orientar, dirigir, coordinar e implementar las políticas de Estado en materia de I+D+i. Teniendo esto en cuenta, Minciencias define los centros de investigación como “organizaciones públicas, privadas o mixtas independientes que tiene como misión institucional dedicarse al desarrollo de actividades de investigación, ya sean básicas o aplicadas, con unas líneas de investigación declaradas y definidas para un propósito científico específico” (Minciencias, 2019). Minciencias también es la entidad encargada del reconocimiento de actores en el SNCTI del país (Minciencias, 2018b). En el 2021 reconoce 104 actores, de los cuales 68 son centros enfocados en I+D+i y 43 son centros de investigación de diferentes sectores (Tabla 1), que se clasifican en autónomos o dependientes. Entre estos, solo se reconoce un centro de investigación del sector defensa, y ninguno de los centros de investigación reconocidos se enfoca específicamente en el sector aeronáutico.

Tabla 1. Centros de investigación reconocidos en Colombia

Sector	Cantidad
Agro	3
Agro-ambiente	2
Ambiente	2
Biotechnología	3
Ciencias básicas	4
Ciencias del mar	1
Defensa-mar	1
Geociencias	2
Ingenierías	2
Salud	16
Seguridad y defensa	1
Sociales y educación	6

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Minciencias (s. f.).

Según el reporte de actores reconocidos por Minciencias, los centros de investigación en áreas de conocimiento relacionadas con el sector de las ingenierías y la biotecnología son cinco: dos en ingeniería y tres en biotecnología. Adicionalmente, se pudo identificar Codaltec como el centro vinculado al sector de seguridad y defensa.

Metodología

Esta investigación utiliza un estudio descriptivo-comparativo, con enfoque mixto. Como unidad de análisis se toman los centros reconocidos y no reconocidos pertenecientes al sector aeronáutico militar. Este sector se encuentra integrado por instituciones con actividades aeronáuticas que pertenecen al sector defensa. Por actividades aeronáuticas se entienden todas las actividades y recursos humanos, materiales, técnicos y financieros necesarios para realizar el transporte de pasajeros y carga por vía aérea (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019). Así mismo, el sector defensa está constituido por todas las instituciones adscritas al Ministerio de Defensa Nacional (Departamento Administrativo de la Función Pública, s. f.). En esta unidad se identificaron centros de investigación del Ejército Nacional, la Fuerza Área Colombiana y la Corporación para la Alta Tecnología para la Defensa. En la Tabla 2 se pueden observar los siete centros de investigación identificados en este sector específico.

Tabla 2. Centros de investigación del sector aeronáutico militar

Entidad	Nombre	Reconocimiento ante Minciencias
Codaltec	Centro de Investigación Codaltec	Vigente
Ejército Nacional de Colombia	Centro de Investigación en Aviación Militar - Escuela de Aviación	No reconocido
Ejército Nacional de Colombia	Centro de Desarrollo Tecnológico Brigada 32	No reconocido
Fuerza Aérea Colombiana	Centro de Desarrollo Tecnológico Aeroespacial para la Defensa (CETAD)	No reconocido
Fuerza Aérea Colombiana	Centro Tecnológico de Innovación Aeronáutica (CETIA)	No reconocido
Fuerza Aérea Colombiana	Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales (CITAE)	No reconocido
Fuerza Aérea Colombiana	Centro de Investigaciones Biomédicas, Aeronáuticas y Espaciales. (CIBAE)	No reconocido

Fuente: Elaboración propia.

Para identificar el direccionamiento estratégico de cada uno de los centros, se aplicó un cuestionario a los directores de los centros de investigación relacionados en la Tabla 2, para establecer cuáles estaban vinculados directamente con el área de conocimiento aeronáutico en el sector público militar, fueran reconocidos o no. Con esto se obtuvo como resultado seis centros de investigación. Por otro lado, para identificar sus capacidades,

se hizo un mapeo de los grupos de investigación pertenecientes a los centros a través de aplicativos GrupLac de la plataforma ScienTI² de Minciencias.

Finalmente, se analizaron las capacidades de investigación y las estrategias frente a los retos definidos a partir del direccionamiento estratégico de los centros de investigación. De esta forma, se busca identificar cómo la estrategia y las capacidades de investigación posicionan a cada uno de los centros frente a diferentes escenarios estratégicos del sector.

Resultados

Los resultados obtenidos se clasifican en tres factores: 1) la identificación y evaluación de capacidades, 2) la identificación del componente estratégico y 3) el análisis de las capacidades frente a la estrategia.

Identificación y evaluación de capacidades de los centros de investigación

La capacidad se define como la “cualidad de capaz”, pero también como el medio para ejecutar algo (Real Academia de la Lengua Española, 2019); en este caso, el medio está definido por los componentes que permiten desarrollar y/o medir la investigación, el desarrollo tecnológico o la innovación en un centro de investigación.

Para la evaluación de las capacidades en investigación se identificaron los siguientes elementos:

- Grupo de investigación: Es el conjunto de personas que interactúan para investigar y generar productos, de acuerdo con un plan, tendiente a la solución de problemas. Los grupos son medidos y categorizados según sus productos, proyectos, trayectoria e investigadores. Las categorías son estas: reconocido, C, B, A y A1, siendo A1 la más alta en el modelo de medición (Minciencias, 2018a).
- Proyectos de Ciencia y Tecnología (CTel): Es un conjunto coherente e integral de actividades de CTI que buscan alcanzar un fin último a través de objetivos específicos, utilizando de manera coordinada e interrelacionada una metodología definida en un periodo de tiempo (Minciencias, 2018c).
- Producción científica: Son los resultados que los grupos e investigadores obtienen en los procesos de I+D+i. Responden a un plan de trabajo, a las líneas de investigación y los proyectos del grupo (Minciencias, 2018a).
- Integrantes: Son las personas que se desempeñan en alguna tarea relacionada con la actividad del grupo; son igualmente medidos y reconocidos como investigadores: junior, asociado y senior, siendo senior la más alta categoría.

2 En Colombia, ScienTI es una plataforma tecnológica encargada de facilitar la gestión de información del SNCTI de Minciencias. Allí se registra la información de manera individual (CvLAC), grupal (GrupLAC) o institucional (InstituLAC)

En cuanto integrantes, son medidos como integrantes con pregrado, con especialización, con maestría, estudiante de doctorado o con doctorado. Deben cumplir unos requisitos para reconocerse como investigadores (Minciencias, 2018a).

Mediante la información registrada en la plataforma GrupLAC por los grupos de investigación, se identificaron las capacidades de seis centros de investigación del sector aeronáutico militar. En la Tabla 3 se registran las capacidades de investigación de cada uno de estos seis centros, tomados como unidad de estudio, así como la categoría del grupo de investigación asociado, responsable del desarrollo de las actividades de I+D. Se identifican solo alfabéticamente con el propósito de respetar su razón social.

De los productos y servicios identificados por los directores de los centros de investigación, se resaltan los de mayor impacto para el sector:

- Diseño y desarrollo de sistemas de información para el mando y control
- Sistemas expertos en apoyo a la operación
- Sistema de fusión de datos aeronáuticos y meteorológicos para la prevención de accidentes aéreos
- Diseño y desarrollo de productos aeronáuticos tipo 3
- Diseño y fabricación de tarjetas electrónicas para la defensa
- Diseño y fabricación de drones autónomos misionales
- Operación y control del satélite FACSAT-1; actualización del simulador de vuelo T-90C
- Antena para servicio de comunicaciones y procesamiento de imágenes satelitales; laboratorio e impresión 3D para la simulación de elementos aeroespaciales.
- Bancos de prueba para el sector aeronáutico
- Producción bibliográfica
- Consultoría científico-tecnológica e informe técnico

Para la evaluación de capacidades de los centros de investigación, se diseñó una escala numérica del 1 a 5, que va de 1 con el menor impacto a 5 con el mayor impacto en cada una de las capacidades (Tabla 4). Esta evaluación se basa en dos parámetros: el reconocimiento de la capacidad por Minciencias y el impacto para el sector aeronáutico militar.

Tabla 3. Capacidades de los centros de investigación

Centro de investigación	Categoría de grupo de investigación	Proyectos (2014-2021)	Producción científica* (2014-2021)	Integrantes (2021)
Centro A	Categoría C	8 proyectos de I+D del sector aeronáutico 6 proyectos de I+D enfocados en otras áreas En total, 14 proyectos de I+D	12 registros de <i>software</i> 6 informes técnicos 2 prototipos 13 capítulos resultado de investigación 3 libros resultado de investigación 6 publicaciones en revista indexada	1 investigador asociado 6 investigadores junior 2 integrantes con doctorado 4 integrantes con maestría 2 integrantes con especialización 4 integrantes con pregrado 3 integrantes En total, 22 integrantes
Centro B	Categoría C	9 proyectos de I+D del sector aeronáutico	7 prototipos 7 productos tecnológicos patentes y registros 7 informes técnicos	1 investigador junior 1 integrante estudiante de doctorado 1 integrante con maestría 1 integrante con pregrado 6 integrantes En total, 10 integrantes
Centro C	Categoría C	19 proyectos de I+D del sector aeronáutico	2 signos distintivos 1 reglamento técnico 1 regulación 22 prototipos 2 productos tecnológicos (patentes y registros) 1 innovación 53 informes técnicos 5 publicaciones en revista indexada	8 investigadores junior 1 integrante estudiante de doctorado 9 integrantes con maestría 3 integrantes con especialización 6 integrantes con pregrado 3 integrantes En total, 30 integrantes

Continúa tabla...

* Se identificó como producción científica los resultados de actividades de nuevo conocimiento (artículos en revista indexada, capítulos y libros resultado de investigación, patentes) y de actividades de desarrollo tecnológico e innovación (prototipos, *software*, diseño industrial, informes técnicos, esquemas de circuitos cerrado, entre otros).

Centro de investigación	Categoría de grupo de investigación	Proyectos (2014-2021)	Producción científica* (2014-2021)	Integrantes (2021)
Centro D	Categoría C	25 proyectos de I+D del sector aeronáutico	16 publicaciones en revista indexada 2 capítulos resultado de investigación 1 esquema de circuito integrado 2 informes técnicos 1 innovación de proceso o procedimiento 2 prototipos 2 regulaciones 1 reglamento técnico	1 investigador asociado 3 investigadores junior 1 estudiante con doctorado 8 integrantes con maestría 4 integrantes con especialización 11 integrantes con pregrado 16 integrantes En total, 44 integrantes
Centro E	Sin categoría	10 proyectos de I+D del sector aeronáutico	38 informes técnicos 5 prototipos	2 investigadores junior 2 estudiantes con doctorado 7 integrantes con maestría 1 integrante con especialización 6 integrantes con pregrado 5 integrantes En total, 23 integrantes
Centro F	Categoría C	3 proyectos de I+D del sector aeronáutico	3 publicaciones en revista indexada 2 capítulos resultado de investigación 2 informes técnicos 1 prototipo	1 integrante con doctorado 3 integrantes con maestría 6 integrantes con pregrado 4 integrantes En total, 14 integrantes

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Minciencias.

* Se identificó como producción científica los resultados de actividades de nuevo conocimiento (artículos en revista indexada, capítulos y libros resultado de investigación, patentes) y de actividades de desarrollo tecnológico e innovación (prototipos, software, diseño industrial, informes técnicos, esquemas de circuitos cerrado, entre otros).

Tabla 4. Parámetros para la evaluación de capacidades

Capacidad	Escala de evaluación				
	1	2	3	4	5
Categoría de grupo de investigación	No categorizado	Reconocido	Categoría C	Categoría B	Categoría A o A1
Proyectos	0-5 proyectos desarrollados en el sector aeronáutico	6-10 proyectos desarrollados en el sector aeronáutico	11-15 proyectos desarrollados en el sector aeronáutico	16-20 proyectos desarrollados en el sector aeronáutico	Más de 20 proyectos desarrollados en el sector aeronáutico
Productos	No cuenta con productos de desarrollo tecnológico o generación de nuevo conocimiento	Cuenta con productos de desarrollo tecnológico o generación de nuevo conocimiento	Cuenta con productos de desarrollo tecnológico o generación de nuevo conocimiento Tipo B*	Cuenta con productos de desarrollo tecnológico o generación de nuevo conocimiento Tipo A*	Cuenta con productos de desarrollo tecnológico o generación de nuevo conocimiento Tipo TOP*
Investigadores	Cuenta con investigadores	Cuenta con investigadores con estudios de maestría y doctorado	Cuenta con investigadores con categoría junior	Cuenta con investigadores con categoría asociado	Cuenta con investigadores con categoría senior

* Modelo de clasificación de producción científica manejado por Minciencias.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 1 se puede observar el resultado de la evaluación de las capacidades de los centros de investigación. Se evidencia una tendencia baja en cuanto a los grupos de investigación y una tendencia alta en cuanto a producción científica y proyectos. Por su parte, el factor de integrantes se mantiene disperso entre los diversos centros.

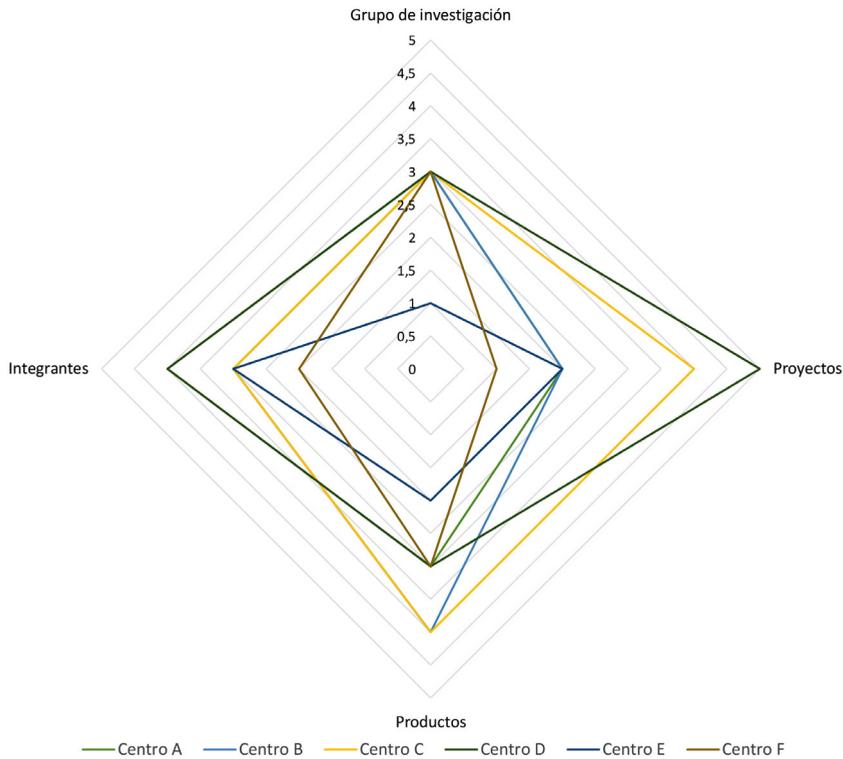


Figura 1. Evaluación de capacidades de los centros de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

Identificación del componente estratégico en los centros de investigación

En la identificación del componente estratégico, es importante presentar los resultados en concordancia con la misión, la visión y los objetivos estratégicos de cada uno de los centros de investigación (Tabla 5). Así se puede observar el estado actual del centro y su proyección en relación con la estrategia.

En cuanto a los temas hacia los que están dirigidas sus actividades de I+D+i, se identificaron las áreas y líneas de investigación de los centros (Figura 2), que brindan las directrices en políticas de ciencia y tecnología para el sector aeronáutico militar. En este sentido, cerca del 67% de las actividades de los centros encuestados pertenecen al área de investigación de ingeniería y tecnología, mientras que solo el 16% están enfocadas en el

Tabla 5. Componente estratégico de los centros de investigación

Nombre	Misión	Visión	Objetivos estratégicos
Centro A	El centro busca generar investigación formal e investigación formativa, y a su vez desarrollo tecnológico e innovación propios del arma de Aviación para dar soluciones a las necesidades de la Fuerza.	Para el año 2022, el centro generará proyectos con instituciones educativas internacionales afines a las líneas de investigación y con empresas nacionales, lo que permitirá generar redes de conocimiento, entregando productos de alto impacto para la Fuerza y el País. Para el año 2030, el grupo de investigación se convertirá en aliado estratégico de empresas nacionales e internacionales para realizar transferencia tecnológica y productos de nuevo conocimiento entre la tríada Empresa-Universidad-Estrado.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conocer y analizar los intereses de la I+D en el sector aeronáutico. 2. Garantizar que las prioridades de investigación identificadas en el futuro se conviertan en proyectos que garanticen viabilidad. 3. Impulsar la participación en proyectos del personal. 4. Realizar proyectos en procura de generar productos de nuevos desarrollos.
Centro B	Generar conocimiento mediante el desarrollo de equipos fundamentales para la industrialización y sostenimiento de la Aviación fortaleciendo la competitividad sectorial a nivel regional, ejecutando proyectos de investigación aplicada e innovación con personal técnico altamente calificado, incorporando tecnología de punta, contribuyendo con esto al aumento de las capacidades en mantenimiento a todo nivel consuntivándose en el soporte estratégico para la Aviación.	El centro se proyecta para ser reconocido como centro de desarrollo tecnológico de alto impacto para el Ministerio de Defensa Nacional usando la tecnología como recurso estratégico para derivar oportunidades de recibir, impulsar, ejecutar iniciativas y proyectos de desarrollo, innovación, transferencia y prestación de servicios tecnológicos para la exploración de los resultados.	<ul style="list-style-type: none"> • Propiciar el establecimiento de marcos de cooperación ordenados, transparentes y equilibrados entre las instituciones. • Estar alineados con la estructura funcional de Colciencias sobre tres procesos principales bajo la dirección de un eje central y el soporte administrativo asistencial. • Integrar la cadena productiva de la I+D+i y los resultados de la propiedad intelectual e iniciar el proceso de escalamiento y transferencia tecnológica y de conocimiento de los diferentes prototipos funcionales, o servicios de valor agregado, generados desde el enfoque de la investigación. • Diseñar y fabricar equipos de rampa y laboratorio para el diagnóstico, análisis y pruebas de componentes aeronáuticos.

Continúa tabla...

Nombre	Misión	Visión	Objetivos estratégicos
Centro C	<p>Volar, entrenar y combatir para vencer y dominar en el aire, el espacio y el ciberespacio, en defensa de la soberanía, la independencia, la integridad territorial, el orden constitucional y contribuir a los fines del Estado.</p>	<p>Será reconocido nacional e internacionalmente como modelo generador de innovación y desarrollo, habiendo disminuido la brecha tecnológica y produciendo nuevo conocimiento que permite el crecimiento sostenido del capital intelectual, industrial y tecnológico, convirtiéndose en el principal proveedor de tecnología aeroespacial para la Nación y ocupando una posición de importancia en el mercado latinoamericano.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivar el desarrollo y la innovación dentro del sector, generar respuestas tecnológicas que solucionen las necesidades de la fuerza y la sociedad en general, además de apoyar el cumplimiento de la misión constitucional de la Fuerza Pública. • Para ello se desarrolla su actividad con base en cuatro pilares fundamentales: I. La integración de los actores del sector en las actividades comunes. II. La regionalización de la ciencia, la tecnología y la innovación. III. El fortalecimiento de las capacidades existentes dentro del sector. IV. La incorporación de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación en los procesos productivos de las empresas del sector.
Centro D	<p>Promover, gestionar, desarrollar y difundir el desarrollo tecnológico aeronáutico, mediante la investigación aplicada en ciencia y tecnología, para fortalecer el progreso y la sostenibilidad de la Fuerza en el sector aeronáutico.</p>	<p>Para el 2030, ser un centro tecnológico líder en el ámbito de innovación tecnológica aeronáutica a nivel nacional y regional.</p>	<p>No es de dominio público.</p>
Centro E	<p>El centro de investigación de la Fuerza encargado de formular y ejecutar los proyectos I+D+i de acuerdo a las necesidades de la institución en el área espacial.</p>	<p>Un centro I+D+i desarrollado tecnológicamente, con el mejor talento humano y afianzado en los valores de la institución, para liderar el poder aeroespacial en Colombia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de un recurso humano calificado y promover una cultura adecuada para el desarrollo del personal. • Aumentar el número de proyectos de investigación y garantizar su calidad. • Perfeccionar el proceso de difusión de resultados de investigación.

Continúa tabla...

Nombre	Misión	Visión	Objetivos estratégicos
Centro F	Aplicaciones aeronáuticas para el desarrollo espacial; entrenamiento para misiones espaciales; fisiología espacial y de ambientes extremos; misiones análogas espaciales.	Consolidarse como un centro de investigación líder a nivel nacional en el desarrollo de actividades biomédicas espaciales, en línea con el avance científico internacional y generando redes de cooperación nacional e internacional que permitan a Colombia ser competitiva en el campo a nivel regional en los próximos 5 años.	<ul style="list-style-type: none"> • Lograr una mayor articulación de las acciones de investigación, convenios y alianzas. • Incrementar y maximizar los recursos internos y externos. • Diversificar áreas de conocimiento e incrementar el número de interesados. • Procurar tener la infraestructura necesaria. • Incentivar la investigación y el desarrollo tecnológico aeronáutico y espacial en el contexto de las ciencias biomédicas. • Generar conocimiento en las ciencias básicas espaciales a través de proyectos de investigación que permitan la participación de Colombia en el ámbito espacial internacional. • Proponer y desarrollar estudios basados en análogos espaciales en Colombia para generar una red de cooperación científica en el campo. • Desarrollar proyectos biomédicos aeronáuticos con potencial trasnacional al campo espacial integrando el conocimiento multidisciplinar e interdisciplinar. • Apoyar la investigación formativa de estudiantes técnicos, pregrado y posgrado a través de inclusión en proyectos de investigación y la creación de semilleros de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

área de ciencias médicas y de la salud. De esto se puede inferir que particularmente el área de conocimiento de medicina aeroespacial, a pesar de contar con un enfoque en uno de los centros, presenta un importante rezago en investigación.

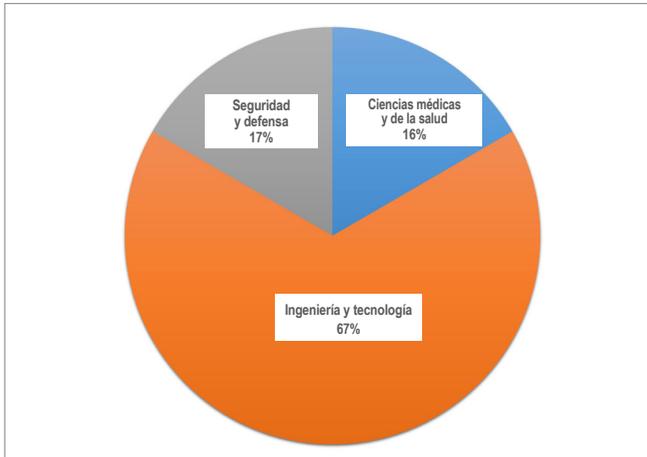


Figura 2. Áreas de investigación de los centros
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de las capacidades frente a la estrategia

Mediante el análisis del componente estratégico, con base en la misión, la visión y los objetivos estratégicos de los centros, se definieron tres escenarios de los centros de investigación que representan retos claves para la estrategia del sector aeronáutico militar (Figura 3).



Figura 3. Escenarios estratégicos de los centros de investigación
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Capacidades y estrategia de los centros de investigación frente a los escenarios

		Escenario		
Centro de investigación		Fortalecer la investigación aeronáutica en los procesos de formación y educación	Desarrollar tecnología para suplir las necesidades de la Fuerza	Desarrollar innovación y procesos de comercialización para el autosostenimiento
Centro A	Capacidad	Desarrollo de proyectos enfocados en educación, generación de publicaciones y capacidad de investigadores.	Generación de proyectos del sector aeronáutico, prototipos y registro de <i>software</i> . Se cuenta con investigadores reconocidos.	No se evidencian productos de innovación, y tampoco tiene patentes.
	Estrategia	La misión se centra en los procesos de educación. Igualmente, la visión y los objetivos contribuyen a este reto.	Tanto la misión como la visión soportan el desarrollo de investigación para suplir las necesidades de la Fuerza.	La estrategia apunta a una alianza con empresas. No se evidencia la comercialización ni el autosostenimiento.
Centro B	Capacidad	No se evidencian capacidades para la educación.	Generación de proyectos del sector aeronáutico, patentes, prototipos y registro de <i>software</i> . Se cuenta con investigadores reconocidos.	Se cuenta con las capacidades para iniciar procesos de comercialización.
	Estrategia	No se evidencia que la estrategia le apunte a la educación.	Tanto la misión como la visión soportan el desarrollo de investigación para suplir las necesidades de la Fuerza.	La estrategia le apunta a ser parte del sector productivo.
Centro C	Capacidad	Existen productos de nuevo conocimiento e investigadores reconocidos. No se puede establecer si es producto de procesos de formación.	Generación de proyectos del sector aeronáutico, patentes, prototipos y registro de <i>software</i> . Se cuenta con investigadores reconocidos.	Se cuenta con las capacidades para iniciar procesos de comercialización.
	Estrategia	No se evidencia que la estrategia le apunte a la educación.	Tanto la misión como la visión soportan el desarrollo de investigación para suplir las necesidades de la Fuerza.	La estrategia le apunta a ser parte del sector productivo.

Continúa tabla...

Escenario	
Centro de investigación	Desarrollar innovación y procesos de comercialización para el autosostenimiento
Fortalecer la investigación aeronáutica en los procesos de formación y educación	Desarrollar tecnología para suplir las necesidades de la Fuerza
Capacidad	Existen productos de nuevo conocimiento e investigadores reconocidos. No se puede establecer si es producto de procesos de formación.
Estrategia	No se evidencia que la estrategia le apunte a la educación.
Centro D	Generación de proyectos del sector aeronáutico, prototipos y registro de <i>software</i> . Se cuenta con investigadores reconocidos. Tanto la misión como la visión soportan el desarrollo de investigación para suplir las necesidades de la Fuerza. La estrategia le apunta a ser parte de la sostenibilidad de la Fuerza.
Capacidad	No se evidencian capacidades para la educación y no se cuenta con grupos categorizados.
Estrategia	No se evidencia que la estrategia le apunte a la educación.
Centro E	Generación de proyectos del sector aeronáutico y prototipos. No se cuenta con investigadores reconocidos. Tanto la misión como la visión soportan el desarrollo de investigación para suplir las necesidades de la Fuerza. La estrategia no se enfoca en la comercialización o el autosostenimiento.
Capacidad	Existen productos de nuevo conocimiento e investigadores reconocidos. No se puede establecer si es producto de procesos de formación.
Estrategia	No se evidencia que la estrategia le apunte a la educación.
Centro F	Generación de proyectos del sector aeronáutico, prototipos y registro de <i>software</i> . Se cuenta con investigadores reconocidos. Tanto la misión como la visión soportan el desarrollo de investigación para suplir las necesidades de la Fuerza. La estrategia no se enfoca en la comercialización o el autosostenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

Los centros de investigación se pueden ubicar en el escenario al que mayor capacidad le aportan y al que, según su componente estratégico, están orientados. En la Tabla 6 se ofrece un análisis cualitativo de la estrategia y las capacidades de los centros de investigación frente a los escenarios identificados, con el fin de evidenciar cuál es la dirección estratégica y las capacidades que son pertinentes para cada escenario en cada uno de los seis centros de investigación.

Discusión

Luego de analizar seis de los siete centros de investigación del sector aeronáutico militar identificados, se pudo evidenciar que cuentan con capacidades en investigación y, asimismo, que estas capacidades le apuntan al cumplimiento del componente estratégico. Esto es especialmente relevante porque marca un punto de partida respecto al estado de madurez de la investigación aeronáutica militar en Colombia. Es importante resaltar igualmente que el sector defensa es un pilar fundamental para el sector aeronáutico, que aporta al avance de la CTI del país mediante el desarrollo de proyectos de investigación aplicada, la formación de personal y la generación de productos. Sin embargo, se requiere realizar estudios de caso para poder comparar estas capacidades con las de otros actores, como la aviación comercial, instituciones de educación, industrias, entre otros, con el fin de determinar el desempeño de estos centros y establecer un grado de madurez mayor en la investigación del área aeronáutica.

Por otro lado, es importante reconocer que el estudio se limitó a evaluar cuatro capacidades directamente relacionadas con el tema de investigación y generación de nuevo conocimiento, excluyendo los temas de gestión y administración, que aportan al cumplimiento de los objetivos definidos por Dolan et al. (2019): la comercialización y participación pública. Por ello, no se puede ofrecer una preevaluación o diagnóstico que dé un punto de partida para el reconocimiento de los centros ante Minciencias, ya que esta entidad usa parámetros de evaluación como la interrelación, los recursos financieros y la infraestructura.

En cuanto al análisis de las capacidades frente a la estrategia del sector, se obtuvieron resultados cualitativos acerca de cómo se posicionan los centros de investigación con sus capacidades y su estrategia ante los tres escenarios definidos para la estrategia del sector. Gracias a ese análisis, se pudo establecer que los tres escenarios se han desarrollado en el sector aeronáutico militar. Pero se recomienda establecer medidas cuantitativas para evaluar el impacto de cada uno de los centros frente a estos escenarios, con el fin de medir su desempeño y establecer planes de mejora.

Conclusión

Los centros de investigación del sector aeronáutico militar cumplen con las tres funciones definidas por Luna y Solleiro (2007); Sánchez y Roque (2011); Giachi (2019);

HamidiMotlagh et al. (2020): la generación de conocimiento, la producción de conocimiento científico y la divulgación del conocimiento. Son, por tanto, organizaciones basadas en el conocimiento, tal y como lo afirma Escalante et al. (2010), debido a que cuentan con capacidades en investigación. No obstante, cada uno de los centros tiene un impacto menor o mayor en las cuatro capacidades identificadas: grupos de investigación, proyectos, productos e integrantes.

Asimismo, estas capacidades dan cumplimiento al planeamiento y los objetivos identificados en el componente estratégico, dado que estos están estrechamente relacionados con los objetivos planteados por Dolan et al. (2019): objetivos científicos, de comercialización, educativos y de participación pública. Igualmente, se encuentran intrínsecamente relacionados con los tres escenarios estratégicos propuestos por los centros de investigación: fortalecer la investigación aeronáutica en los procesos de formación y educación; desarrollar tecnología para suplir las necesidades de la Fuerza, y desarrollar innovación. Estos escenarios son el punto de intersección entre los centros, con el fin de que las capacidades y la estrategia de cada uno contribuya a su cumplimiento.

Por otro lado, como se ha dicho, los centros del sector aeronáutico militar buscan ser productores de nuevo conocimiento y de generación de desarrollo tecnológico mediante la investigación aplicada, fortaleciendo y promoviendo proyectos para responder a las necesidades que presenta la Fuerza en lo referente al ecosistema aeronáutico. Ahora bien, para Escalante et al. (2010), los centros de investigación, además de generar conocimiento, deben comercializarlo, lo cual es un punto débil en los centros estudiados. Tal es la debilidad en este aspecto que se identificó que los centros cuentan con productos de poco impacto en innovación; no todos han generado productos patentados, diseños industriales, esquemas de circuito o registros de *software*, que son, entre otros, los productos clave para iniciar procesos de comercialización. Sin embargo, en el componente estratégico se evidenció que estos procesos de comercialización e innovación ya se están planteando dentro de la visión y los objetivos de los centros.

Finalmente, respecto a la organización de los centros de investigación en el modelo de triple hélice (Etzkowitz & Zhou, 2018), estos centros pertenecen al Estado por cuanto están adscritos al Ministerio de Defensa; se encuentran también relacionados en procesos de formación dentro de instituciones de educación, y están proyectando la generación de procesos de comercialización. Así, se evidencia un impulso de la interacción entre universidad, empresa y Estado internamente en los centros.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Centros de Estudios Aeronáuticos y la Escuela de Aviación 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. Los resultados presentados en este artículo se derivan del proyecto de investigación “Propuesta conceptual: creación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación Aeronáutica CEA”, desarrollado por el grupo de investigación GINA del Centro de Estudios Aeronáuticos, en cooperación con el Grupo de Investigación en Aviación Militar de la Escuela de Aviación del Ejército Nacional.

Financiamiento

El proyecto de investigación fue financiado internamente por el Centro de Estudios Aeronáuticos (CEA).

Sobre los autores

Diana Carolina Contreras Gutiérrez es magíster en desarrollo y gerencia integral de proyectos y administradora ambiental con especialización en formulación y evaluación de proyectos. Es docente e investigadora de la Escuela de Aviación del Ejército.

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

Alicia del Pilar Martínez Lobo es psicóloga y magíster en investigación y educación. Es investigadora y líder del grupo de investigación GINA del Centro de Estudios Aeronáuticos.

<https://orcid.org/0000-0001-9187-4181> - Contacto: alicia.martinez@aerocivil.gov.co

Andrés Felipe Fierro Russi es ingeniero aeronáutico, investigador en formación de la Escuela de Aviación del Ejército y pasante en investigación del Centro de Estudios Aeronáuticos.

<https://orcid.org/0000-0001-9202-9027> - Contacto: andresfierrorussi@cedoc.edu.co

Referencias

- Arrubla, J. P., Oquendo, S., Preciado, J. M., & Londoño, J. O. (2012). Factores clave de éxito de los grupos y centros de investigación de excelencia y consolidados de la Universidad de Antioquia. *Unipluriversidad*, 1(1), 17-23. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/unip/article/view/12372>
- Bello Zapata, A. (2017). Análisis de clústeres aeronáuticos referentes para el desarrollo del clúster aeroespacial colombiano. *Ciencia y Poder Aéreo*, 12(1), 36. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.560>
- Bortagaray, I. (2016). *Políticas de ciencia, tecnología, e innovación sustentable e inclusiva en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura; Oficina Regional de Ciencias de la Unesco para América Latina y el Caribe. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19966.38725>
- Departamento Administrativo de la Función Pública. (s. f.). *Sector de Defensa Nacional. Manual de estructura del Estado*. <https://bit.ly/34OxLfq>

- Departamento Nacional de Planeación. (2017, 12 de mayo). *DNP le apuesta a una política de desarrollo productivo del sector aeronáutico colombiano*. Portal Web DNP. <https://bit.ly/3q684kn>
- Dolan, B., Cunningham, J. A., Menter, M., & McGregor, C. (2019). The role and function of cooperative research centers in entrepreneurial universities: A micro level perspective. *Management Decision*, 57(12), 3406-3425. <https://doi.org/10.1108/MD-10-2018-1172>
- Enkel, E., Gassmann, O., & Chesbrough, H. (2009). I + D abierta e innovación abierta: exploración del fenómeno. *Gestión de I + D*, 39, 311-316. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2009.00570.x>
- Escalante, F., Herrera, A., Castañón, R., Luna, K., Sánchez, L. G., & Elizabeth, A. G. (2010). *Gestión del conocimiento en centros de investigación y desarrollo de México, Brasil y Chile* (Programa de Programa de Investigación sobre Economía del Conocimiento en América Latina y el Caribe IDRC-Flasco 1). <https://bit.ly/3fQ4LKy>
- Etzkowitz, H. (2003). Innovation in innovation: the Triple Helix of university-industry-government relations. *Social Science Information*, 42(3), 293-337. <https://doi.org/10.1177/05390184030423002>
- Etzkowitz, H., & Zhou, C. (2018). *The triple helix. University-industry-government innovation and entrepreneurship*. Routledge.
- Franco, M., & Pinho, C. (2019). A case study about cooperation between University Research Centres: Knowledge transfer perspective. *Journal of Innovation & Knowledge*, 4(1), 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2018.03.003>
- Giachi, S. (2019). El papel de los centros de investigación colaborativa en los sistemas de innovación: innovaciones estructurales para la producción de conocimiento. *Revista Española de Sociología*, 28(3), 71-92. <https://doi.org/10.22325/fes/res.2019.29>
- Gómez, J., Salazar, I., & Vargas, P. (2020). The role of extramural R&D and scientific knowledge in creating high novelty innovations: An examination of manufacturing and service firms in Spain. *Research Policy*, 49(8). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104030>
- HamidiMotlagh, R., Babae, A., Maleki, A., & Taghi Isaai, M. (2020). Innovation policy, scientific research and economic performance: The case of Iran. *Development Policy Review*, 38(3), 387-407. <https://doi.org/10.1111/dpr.12423>
- Kassab, O., Mutz, R., & Hans, K.-D. (2020). Introducing and testing an advanced quantitative methodological approach for the evaluation of research centers: A case study on sustainability science. *Research Evaluation*, 29(2), 135-149. <https://doi.org/10.1093/reseval/rvz029>
- Leahey, E., & Barringer, S. N. (2020). Universities' commitment to interdisciplinary research: To what end? *Research Policy*, 49(2). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.103910>
- Luna L., K., & Solleiro R., J. (2007). La gestión de la propiedad intelectual en centros de investigación mexicanos: el caso del Instituto Mexicano del Petróleo. *Journal of Technology Management & Innovation*, 2(2), 157-169. <https://www.redalyc.org/pdf/847/84720214.pdf>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias). (s. f.). *Reconocimiento de actores* [sitio web]. Consultado el 4 de enero de 2021. <https://bit.ly/3vVRMNk>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias). (2018a). *Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y de reconocimiento de investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, año 2018*. <https://bit.ly/34ModSf>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias). (2018b, 23 de mayo). *Resolución 0492. Por la cual se regula lo relativo al reconocimiento de los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*. <https://bit.ly/3vRGs4t>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias). (2018c). *Tipología de proyectos calificados como de carácter científico, tecnológico e innovación*. <https://bit.ly/34NILLk>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias). (2019). *Guía Técnica para Reconocimiento de Actores del SNCTI: Centros e Institutos de Investigación*. <https://bit.ly/34OMgQo>

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2008). *Manual de Frascati 2002: Proposta de prácticas exemplares para inquéritos sobre investigación e desenvolvimento experimental*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264065611-pt>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2018a). *Manual de Frascati 2015: Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental*. OECD Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/9789264310681-es>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2018b). Manual de Oslo: guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. <http://www.itq.edu.mx/convocatorias/manualdeoslo.pdf>
- Real Academia de la Lengua Española. (2019). Capacidad. En *Diccionario de la lengua española*. Asociación de Academias de la Lengua Española. <https://dle.rae.es/capacidad?m=form>
- Saha, P., Greer, N. A., Yue, E., & Ksaibati, K. (2019). Evaluating the effectiveness of research centers for state DOTs. *Transport Policy*, 81, 127–137. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.06.009>
- Sánchez Fundora, Y., & Roque García, Y. (2011). La divulgación científica: una herramienta eficaz en centros de investigación. *Anales de Investigación*, 7, 91-94. <https://bit.ly/2S276JD>
- Schiebel, E., Eichler, M., Kalcik, R., Scherngell, T., Wagner, C., & Weber, M. (2019). A framework to measure the impact of science of a research organization. In *17th International Conference on Scientometrics and Informetrics, ISSI 2019. Proceedings* (vol. 1, pp. 1146-1155). <https://dblp.org/db/conf/issi/issi2019.html>
- Toillier, A., Devaux-Spartakis, A., Faure, G., Barret, D., & Marquié, C. (2018). Understanding the contribution of research to collective innovation through the exploration of capacity development mechanisms. *Cahiers Agricultures*, 27(1). <https://doi.org/10.1051/cagri/2017055>
- Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2019). *Reglamentos Aeronáuticos de Colombia. RAC 125*. Consultado el 20 de febrero de 2021. <https://bit.ly/3vUIzVc>