



# CIENCIA Y PODER AÉREO

Revista Científica de la Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-9468

VOL. 18 N.º 1 | ENERO-JUNIO 2023 | Pp. 1-155



ADASTRA

01

Vol. 18

Institución Universitaria, Resolución 1906 MEN, agosto del 2002

Enero-junio del 2023 | pp. 1-155



[www.publicacionesfac.com](http://www.publicacionesfac.com)





# CIENCIA Y PODER AÉREO

Revista Científica de la Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana

---

ISSN 1909-7050 / E-ISSN 2389-9468      VOL. 18 N.º 1 | ENERO-JUNIO 2023 | Pp. 1-155

## **Escuela de Postgrados de la FAC**

Director

CR. Ervin Gaitán Serrano

Comandante Grupo Académico

TC. Andrés Felipe Maya Pineda

Comandante Escuadrón de Investigación

MY. Germán Wedge Rodríguez Pirateque



## Ciencia y Poder Aéreo

Director | Director | Diretor

MY. Germán Wedge Rodríguez Pirateque, Ph. D.

Editora | Editor | Editor

Mg. Erika Juliana Estrada Villa

### Equipo editorial | Editorial team | Equipe editorial

Coordinación editorial | Editorial coordination | Coordenação editorial

Mag. María Carolina Suárez Sandoval

Asistencia editorial | Editorial assistance | Assistência editorial

Mag. Jenny Marcela Rodríguez

Corrección de texto | Copyediting | Revisor de textos

Español: María Carolina Ochoa García

Traducción de contenidos | Content translation | Tradução de conteúdo

Inglés: Sandra Alarcón

Portugués: Gedma Alejandra Salamanca Rodríguez

Diseño y maquetación | Desing and layout | Design e layout

Angélica Ramos Vargas

Corrección de sintaxis | Proofreading | Revisor de textos

Karen Grisales

Foto de cubierta | Cover photo | Foto de capa

Cortesía de la Revista Aeronáutica - Fuerza Aérea Colombiana

### Información técnica | Technical information | Informações técnicas

Volumen 18, n.º 1 | Enero-junio 2023

Periodicidad semestral

ISSN 1909-7050

E-ISSN 2389-9468

DOI: <https://doi.org/10.18667/issn.1909-7050>

Bogotá, Colombia 2022

### Comité editorial | Editorial Board | Comitê editorial

Cesar Nieto Londoño

Ph. D. en Ingeniería

Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia

José M. García-Bravo

Ph. D. en Ingeniería

Purdue University, EE. UU.

Jesús Alfredo Guemes Gordo

Ph. D. en Ingeniería Aeronáutica

Universidad Politécnica de Madrid, España

Sergio Tobón Tobón

Ph. D. en Modelos Educativos y Políticas Culturales

Centro Universitario CIFE, México

Julián Sierra Pérez

Ph. D. en Ingeniería Aeroespacial

Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia

César Augusto Niño González

Ph. D. en Cuestiones Actuales del Derecho Español e Internacional

Universidad de La Salle, Colombia

Juan Sebastián López López

Ph. D. en Comunicación y Ciencias Sociales

Universidad Santo Tomás, Colombia

### Comité científico | Scientific Board | Comitê científico

Cristina Cuerno Rejado

Ph. D. en Ingeniería Aeronáutica

Universidad Politécnica de Madrid, España

Javier Alberto Pérez-Castán

Ph. D. en Ingeniería Aeronáutica

Universidad Politécnica de Madrid, España

Hernán Paz Penagos

Ph. D. en Educación

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia

Héctor Enrique Jaramillo Suárez

Ph. D. en Mecánica de Sólidos

Universidad Autónoma de Occidente, Colombia

Jerónimo Ríos Sierra

Ph. D. en Ciencias Políticas

Universidad Complutense de Madrid, España

Zakia Shiraz

Ph. D. en Política y Estudios Internacionales

Universidad de Leiden, Países Bajos

Paulo Pascuini

Mag. en Economía

Universidad de Buenos Aires, Argentina

Carlos Lozano Rodríguez

Ph. D. en Ciencias Físicas

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, España

## **Pares académicos | Academic peers | Pares académicos**

Alexander Alberto Correa Espinal  
Ph. D. en Estadística e Investigación Operativa  
Universidad Nacional de Colombia

Andrés Calvillo Téllez  
Ph. D. en Ciencias de la Educación  
Instituto Politécnico Nacional, Colombia

César Augusto Niño González  
Ph. D. en Cuestiones actuales del Derecho Español e Internacional  
Universidad de La Salle, Colombia

Claudia Patricia Garay Acevedo  
Ph. D. en Derecho Internacional  
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", Colombia

Erika Ramírez Benítez  
Mag. en Estrategia y Geopolítica  
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", Colombia

Eudaldo Enrique Espinoza Freire  
Ph. D. en Ciencias Pedagógicas  
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Hernán Darío Cerón Muñoz  
Ph. D. en Ingeniería Mecánica  
Universidade de São Paulo (USP), Brasil

Jaime Alfonso Cubides-Cárdenas  
Mag. en Derecho  
Universidad Católica de Colombia

Jhonathan O. Murcia Piñeros  
Ph. D. en Ingeniería y Tecnología Espacial  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brasil

José Vili Martínez González  
Ph. D. en Administración  
Ajedrez Consultores, México

Leidy Johana Cabrera Cabrera  
Mag. en Docencia e investigación Universitaria  
Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova", Bogotá

Lilia Edith Aparicio Pico  
Ph. D. en Ciencias Técnicas  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

Luini Leonardo Hurtado Cortés  
Ph. D. en Ingeniería Automática  
Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Colombia

Luisa Fernanda Mónico Muñoz  
Ph. D. en Sistemas Propulsivos en Medios de Transporte  
Fundación Universitaria los Libertadores, Colombia

Marianela Luzardo Briceño  
Ph. D. en Estadística  
Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia

Sergio Francisco Mora Martínez  
Magíster en Ingeniería Electrónica  
Universidad ECCI, Colombia

Sergio Gabriel Eissa  
Ph. D. en Ciencia Política  
Universidad de Buenos Aires, Argentina

Vladimir Balza Franco  
Ph. D. en Administración  
Universidad del Magdalena, Colombia

## **Revista avalada por Publindex**

**Indexada en:** Redalyc, Catálogo Latindex 2.0,  
Latindex, DOAJ, EbscoHost, Redib, Dialnet, Rebiun,  
ErihPlus, Periódica, Sherpa Romeo, Google Scholar

---

## **Para suscripciones o canjes, diríjase a:**

### **Ciencia y Poder Aéreo**

✉ [cienciaypoderaaereo@epfac.edu.co](mailto:cienciaypoderaaereo@epfac.edu.co)  
(601) 2134698 Ext. 72500 - 72625  
Biblioteca Escuela de Postgrados de la FAC

### **Para mayores informes:**

Dirección postal | Mailing Address | Endereço postal  
Cra. 11 n.º 102-50 Edificio ESDEG, Escuadrón de Investigación  
Oficina 411. A.A.110111. Bogotá D.C., Colombia  
(601) 2134698 Ext. 72500 - 72625  
[www.publicacionesfac.com](http://www.publicacionesfac.com)

---

# Contenido

## Desarrollo Espacial, AD Astra

6-24

### Generalidades del ambiente de cabina de la Estación Espacial Internacional como análogo para misiones de tipo exploración: una visión desde la medicina aeroespacial

Overview of the International Space Station cabin environment as an analog for exploration-type missions: A view from aerospace medicine

Visão geral do ambiente da cabine da Estação Espacial Internacional como um análogo para missões do tipo exploração: Uma visão da medicina aeroespacia

Diego Leonel Malpica Hincapie

## Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica

25-34

### Estrategias en el manejo de heridos en combate a bordo de las aeronaves militares

Strategies in the management of combat casualties on board military aircraft

Estratégias na gestão de baixas em combate a bordo de aeronaves militares

Cristian Camilo Moyano Lesama

35-46

### Tendencias y desafíos en investigación formativa de la seguridad operacional en la Fuerza Aérea Colombiana

Trends and challenges in operational safety training research in the Fuerza Aérea Colombiana

Tendências e desafios na pesquisa de treinamento em segurança operacional na Fuerza Aérea Colombiana

Bryan Felipe Ramírez Segura, Leidy Gabriela Ariza Ariza, Juan David Pava

## Tecnología e Innovación

47-56

### Detección de pistas aéreas ilegales en imágenes digitales empleando técnicas de inteligencia artificial

Detection of illegal airstrips in digital images using artificial intelligence techniques

Detecção de tiras de ar ilegais em imagens digitais usando técnicas de inteligência artificial

Carlos Patricio Erazo Yáñez, Gabriela Alexandra Navarrete Cedillo

57-72

### Desafíos geopolíticos y nuevos dilemas para las políticas industriales

Geopolitical challenges and new dilemmas for industrial policies

Desafios geopolíticos e novos dilemas para as políticas industriais

Mónica Casalet, Federico Stezano

## Seguridad Integral

---

73-85

### Seguridad en los contextos de amenaza biológica

Security in biological threat contexts

Segurança em contextos de ameaça biológica

Alejandra Cerón Rincón, Yuber Rico Venegas

## Gestión y Estrategia

---

86-100

### Balance del contexto, la evolución y la visión prospectiva de los aeropuertos para los Servicios Aéreos Esenciales en Colombia

Assessment of the context, evolution and prospective vision of the airports for Essential Air Services in Colombia

Avaliação do contexto, evolução e visão prospectiva dos aeroportos para os Serviços Aéreos Essenciais na Colômbia

Sergio París Mendoza, Narda Verónica Velandia Cely

101-113

### Actuación del Comando Aéreo de Combate N.º 4 en defensa del oleoducto “Caño Limón–Coveñas”

Performance of Combat Air Command No. 4 in defense of the “Caño Limón-Coveñas” oil pipeline

Ação do Comando de Combate Aéreo N° 4 em defesa do oleoduto “Caño Limón–Coveñas”

Andrés Felipe Pérez Torres

114-128

### El Sistema de Defensa Aeroespacial Brasileño y la Estrategia de Defensa Nacional

The Brazilian Aerospace Defense System and the National Defense Strategy

O Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro e a Estratégia Nacional de Defesa

Flavio Neri Hadmann Jasper

129-143

### La negación de área, posibilidad para Colombia como empleo de una estrategia

The denial of area, possibility for Colombia as a use of a strategy

A negação de área, possibilidade para a Colômbia como emprego de uma estratégia

Ilmar Ubiratan Salgado Luzia, Nelson Giovanni Parra Hernandez

144-155

## Instrucciones para autores | Guidelines for Authors | Diretrizes para autores

# Generalidades del ambiente de cabina de la Estación Espacial Internacional como análogo para misiones de tipo exploración\*: una visión desde la medicina aeroespacial

| Fecha de recibido: 24 de junio 2022 | Fecha de aprobado: 28 de septiembre 2022 |

| Reception date: June 24, 2022 | Approval date: September 28, 2022 |

| Data de recebimento: 24 de junho de 2022 | Data de aprovação: 28 de agosto de 2022 |

**Diego Leonel  
Malpica Hincapie**

<https://orcid.org/0000-0002-2257-4940>

✉ [diego.malpica@fac.mil.co](mailto:diego.malpica@fac.mil.co)

Especialista en Medicina Aeroespacial

Docente e Investigador

Escuela de Postgrados de la FAC

Colombia

Rol del investigador: teórico y escritura

Grupo de Investigación Ciencia

y Poder Aéreo - CIPAER

Aerospace Medicine Specialist

Teacher and researcher

Escuela de Postgrados de la FAC

Colombia

Researcher's role: theoretical and writing

Science and Air Power Research Group - CIPAER

Especialista em Medicina Aeroespacial

Professor e investigador

Escuela de Postgrados de la FAC

Colombia

O papel do pesquisador: teórico e escrito

Grupo de Pesquisa em Ciência e Poder Aéreo - CIPAER

\* Revisión narrativa de la literatura por el grupo Cipaer. Financiación en especie de la Dimae.

**Cómo citar este artículo:** Malpica, D. L. (2023). Generalidades del ambiente de cabina de la Estación Espacial Internacional como análogo para misiones de tipo exploración: una visión desde la medicina aeroespacial. *Ciencia y Poder Aéreo*, 18(1), 6-24. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.753>





## Generalidades del ambiente de cabina de la Estación Espacial Internacional como análogo para misiones de tipo exploración: una visión desde la medicina aeroespacial

## Overview of the International Space Station cabin environment as an analog for exploration-type missions: A view from aerospace medicine

## Visão geral do ambiente da cabine da Estação Espacial Internacional como um análogo para missões do tipo exploração: Uma visão da medicina aeroespacial

**Resumen:** La salud y la seguridad de los astronautas en misiones de exploración espacial dependen del ambiente donde habitan, y la supervivencia en ambientes extremos requiere sistemas robustos que provean protección y les ofrezcan una atmósfera que les permita tener un desempeño normal en un entorno hostil. Es importante, entonces, conocer la cercana relación de los sistemas de soporte de vida, y el impacto en el bienestar de aquellos que trabajan en un espacio confinado con mínima utilización de recursos y energía.

El objetivo de esta revisión es describir los sistemas de control ambiental y de soporte de vida de la Estación Espacial Internacional, y relatar el impacto en la salud y el rendimiento psicofísico de los astronautas si estos no funcionan normalmente. Se hacen búsquedas en las bases de datos Scopus, Ovid, arXiv.org, SAGE, BioMed, ClinicalKey, ProQuest, EBSCO, SpringerLink, Web of Science, Google Scholar y Pubmed, que integren el sistema de control ambiental y soporte de vida con los fenómenos fisiopatológicos en caso de emergencia. Se recopilan 649 referencias con las estrategias de búsqueda y se restan aquellas repetidas (445) y cuyo texto completo no se consiguió (133), con un total de 71 referencias para análisis. Se discuten las características habitacionales de la Estación Espacial Internacional en términos de calidad y cantidad de aire disponible, la composición de los gases, la producción de oxígeno y nitrógeno, el barrido del dióxido de carbono y sus efectos en el astronauta bajo condiciones de microgravedad. Además, se exploran efectos toxicológicos, del ambiente microbiológico, acústica y vigilancia de la exposición a radiación electromagnética. Las futuras misiones de tipo exploración espacial necesitarán sistemas de control ambiental robustos con bajo riesgo de fallo y probable uso de recursos *in situ*.

**Palabras clave:** astronautas; estación espacial internacional; exposición ocupacional; fisiología espacial; medicina aeroespacial; vuelo espacial.

**Abstract:** The health and safety of astronauts on space exploration missions depends on the environment they inhabit, and survival in extreme environments requires robust systems that provide protection and an atmosphere that allows them to perform normally in a hostile environment. It is important, then, to understand the close relationship of life support systems, and the impact on the well-being of those working in confined space with minimal resource and energy utilization.

The objective of this review is to describe the environmental control and life support systems of the International Space Station, and to relate the impact on the astronauts' health and psychophysical performance if they do not function normally. Scopus, Ovid, arXiv.org, SAGE, BioMed, ClinicalKey, ProQuest, EBSCO, SpringerLink, Web of Science, Google Scholar, and Pubmed databases are searched, integrating the environmental control and life support system with pathophysiological phenomena in case of emergency. We collected 649 references with the search strategies and subtracted those that were repeated (445) and whose full text was not obtained (133), with a total of 71 references for analysis. The habitation characteristics of the International Space Station are discussed in terms of quality and quantity of available air, gas composition, oxygen and nitrogen production, carbon dioxide scavenging and its effects on the astronaut under microgravity conditions. In addition, toxicological effects, microbiological environment, acoustics, and electromagnetic radiation exposure monitoring are explored. Future space exploration type missions will require robust environmental monitoring systems with low risk of failure and likely use of *in situ* resources.

**Keywords:** Astronauts; international space station; occupational exposure; space physiology; aerospace medicine; space flight.

**Resumo:** A saúde e a segurança dos astronautas em missões de exploração espacial dependem do ambiente que habitam, e a sobrevivência em ambientes extremos requer sistemas robustos que ofereçam proteção e uma atmosfera que lhes permita atuar normalmente em um ambiente hostil. É importante, portanto, compreender a estreita relação dos sistemas de suporte de vida e o impacto sobre o bem-estar daqueles que trabalham em espaços confinados com o mínimo de uso de recursos e energia.

O objetivo desta revisão é descrever os sistemas de controle ambiental e de suporte de vida da Estação Espacial Internacional, e relacionar o impacto na saúde e no desempenho psicofísico dos astronautas se eles não funcionarem normalmente. As bases de dados Scopus, Ovid, arXiv.org, SAGE, BioMed, ClinicalKey, ProQuest, EBSCO, SpringerLink, Web of Science, Google Scholar e Pubmed são pesquisadas, integrando o controle ambiental e o sistema de suporte de vida com os fenômenos fisiopatológicos em caso de emergência. Compilamos 649 referências utilizando as estratégias de busca e subtraímos aquelas que foram repetidas (445) e cujo texto completo não estava disponível (133), para um total de 71 referências para análise. As características habitacionais da Estação Espacial Internacional são discutidas em termos de qualidade e quantidade de ar disponível, composição do gás, produção de oxigênio e nitrogênio, remoção de dióxido de carbono e seus efeitos sobre o astronauta sob condições de microgravidade. Além disso, os efeitos toxicológicos, o ambiente microbiológico, a acústica e o monitoramento da exposição à radiação eletromagnética são explorados. As futuras missões do tipo exploração espacial exigirão sistemas robustos de monitoramento ambiental com baixo risco de falhas e provável uso de recursos *in-situ*.

**Palavras-chave:** Astronautas; estação espacial internacional; exposição ocupacional; fisiologia espacial; medicina aeroespacial; vôo espacial.

## Introducción

La salud y la seguridad de los astronautas es una prioridad para las agencias espaciales y para la empresa privada, que con frecuencia realizan misiones en órbita baja y proyectan sus intenciones a la superficie lunar y de Marte por periodos prolongados de tiempo. Es por esto que los sistemas de soporte de vida deben proveer una atmósfera confortable para vivir y trabajar en un ambiente hostil donde los astronautas se exponen a las alteraciones de la gravedad, que afectan la masa muscular (Lee *et al.*, 2022), predisponen a alteraciones de la estructura ósea (Man *et al.*, 2022), producen desplazamiento cefálico de fluidos (Tanaka *et al.*, 2017) y generan cambios del rendimiento sensoriomotor (Kourtidou-Papadeli, 2022). Además, la exposición a la radiación ionizante proveniente del Sol y de la galaxia puede generar enfermedades degenerativas, cáncer y alteraciones en el sistema nervioso central (Kennedy, 2014); el confinamiento, por su parte, provoca alteraciones del sistema inmune (Pagel y Choukèr, 2016), estrés térmico y contaminación de la cabina de material particulado (Horie *et al.*, 2012). En las cercanas misiones Artemisa, podremos ver los retos al tener tripulaciones con cambios del comportamiento y alteraciones del sueño y de sus emociones resultado del aislamiento (Alfano *et al.*, 2018).

Las misiones Artemisa son el conjunto de expediciones a la superficie de la Luna como reto para llegar a Marte, en la siguiente década, por parte de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) y de aquellos Estados que suscriban sus acuerdos. Su nombre se origina en la mitología griega: los hijos mellizos de Zeus y Leto son Apolo y Artemisa (Creech *et al.*, 2022). En las décadas de los sesenta y los setenta, se llevaron a cabo diecisiete misiones llamadas Apolo, que resultaron en doce astronautas que hicieron caminatas en la superficie de la Luna. Se tiene el objetivo de alunizar a la primera mujer y a la primera persona de color para tener presencia permanente, diseñar procedimientos e infraestructura que soporte la vida en el

siguiente paso expedicionario de la humanidad: Marte (Cortright, 2019).

La literatura publicada acerca de la interacción del ambiente de cabina en naves espaciales con los astronautas es escasa en español y en Colombia. La construcción de doctrina sobre el rendimiento humano en operaciones espaciales comienza en el entendimiento de la fina interacción entre el ser humano y el sistema (*software*, *hardware* y ambiente), con el fin de plantear contramedidas para sostener la vida permanentemente en misiones de tipo exploración futura a partir de la colaboración que suscribió el país con la NASA firmando los acuerdos Artemisa (Deplano, 2021). La Estación Espacial Internacional (EEI) lleva operando más de veinte años y es una plataforma donde han madurado los sistemas de soporte vital que servirán para llevar seres humanos a la Luna y a Marte en las próximas décadas (DeLucas, 1996). Pero ¿cuáles son estos sistemas de control ambiental y cuál es el impacto en la salud y el rendimiento del astronauta si no tienen una operación normal?

Para asegurar una mayor autonomía de la Tierra, se necesita integrar contramedidas que le permitan tener un ambiente lo más similar a la Tierra, con disponibilidad de soporte médico y nutricional, y además gestionar los peligros de tormentas solares y el impacto de micrometeoritos que ponen en peligro la vida de los astronautas (Biswal M *et al.*, 2021). Por esta razón, se deben establecer módulos habitacionales en la superficie de la Luna y de Marte que protejan a los próximos exploradores con un ambiente similar al terrestre para que su rendimiento psicofísico no se altere significativamente en su día a día (Escobar *et al.*, 2019; Stapleton *et al.*, 2016). La EEI ha sido el análogo ideal para conocer qué se requiere en términos de ambiente de cabina y de interacción hombre-sistema para soportar misiones más complejas e independientes de la Tierra (Robinson *et al.*, 2019). Por tal motivo, se propone revisar detalles del ambiente en el interior de la EEI para conocer las implicaciones en la salud y el rendimiento de los astronautas en una misión de tipo exploración y para las futuras operaciones comerciales en órbita terrestre baja.

## Métodos

Se realiza una revisión de la literatura a través de la búsqueda de publicaciones en bases de datos como Scopus, Ovid, arXiv.org, SAGE, BioMed, ClinicalKey, ProQuest, EBSCO, SpringerLink, Web of Science, Google Scholar y Pubmed (desde 2000 hasta 2022). Se usaron palabras clave de acuerdo con la estrategia descrita en la tabla 1 y se consideraron las publicaciones en inglés relevantes del ambiente de cabina de la EEI. Se excluyen aquellas publicaciones que consideran aspectos del sistema de control ambiental como propuestas teóricas y en unidades de movilidad extravehicular, además de aquellas cuyo texto completo no se pudo recolectar.

repetidos en las estrategias de búsqueda (445 referencias) y de los que no se logra conseguir documentos en texto completo (133 referencias). Para lectura y análisis, se recolectan 79 referencias que se consiguen en texto completo.

La atmósfera respirable de la EEI cuenta con unos estándares que permiten el trabajo en condiciones de microgravedad sin degradar de manera significativa el funcionamiento del cuerpo humano e incluyen la presión barométrica ( $P_b$ ), la humedad relativa (HR%), la temperatura, los compuestos volátiles orgánicos (VOC), la calidad y cantidad de agua para higiene y consumo, y demás requerimientos médicos, tóxicos ambientales y microbiológicos, material particulado, acústica y radiación electromagnética (EMR), entre otros llamados

Tabla 1.  
Ejemplo de la estrategia de búsqueda

Número de búsqueda	Término	Palabras clave en formato de búsqueda*	Filtro de búsqueda
1	Atmospheric control of the International Space Station	"Oxygen" OR "Barometric pressure" OR "Water recovery" OR "Hypoxia"	Título / Resumen
2	International Space Station AND Environment Control and Life Support System	"Temperature" OR "Humidity" OR "Atmosphere revitalization" OR "Waste management" OR "Fire detection and suppression" OR "Vacuum system"	Todos los campos
3	International Space Station AND Air Quality	"Trace contaminant" OR "Major Constituent Analyzer"	Todos los campos
4	International Space Station AND Carbon Dioxide Removal Assembly	"Hypercarbia" OR "Toxicological emergency" OR "Training" AND "ISS"	Todos los campos
5	International Space Station AND Humidity and Temperature	"Common Cabin Air Assembly" AND "Intermodular ventilation fan" AND "HEPA Filter Element"	Todos los campos
6	International Space Station AND Acoustics and electromagnetic radiation	"Human-system Integration" AND "Noise" OR "Galactic Cosmic Radiation" AND "ISS" OR "Radiation Sensor"	Todos los campos
7	Búsqueda combinada	1 AND (2 OR 3 OR 4 OR 5 OR 6 OR 7 OR 8)	

\*Las palabras clave fueron combinadas usando descriptores booleanos agrupados por palabras clave.

Fuente: elaboración propia.

## Resultados

Se recopilan 649 referencias. Con la combinación especificada en la tabla 1, la primera arroja ochenta referencias; la segunda, 39 referencias; la tercera, sesenta referencias; la cuarta, dieciocho referencias; la quinta, diez referencias; la sexta, 352 referencias; y la séptima, cien referencias. Se resta del total los artículos

"ensambles", divididos en los componentes: revitalización atmosférica, control de temperatura y humedad, detección de fuego y supresión, control y suministro atmosférico, sistema de vacío, sistema de recuperación de agua y gestión de residuos. Todo ha sido socializado en la literatura (Carrasquillo *et al.*, 1997) y sus elementos deben seguir una normativa descrita por NASA (2019).

El desarrollo tecnológico en sistemas de soporte de vida puede traerles beneficios a los habitantes de la Tierra, con la implementación de desarrollos costo-efectivos que permitan ahorrar recursos a partir del reciclaje y proveer mejores estándares de vida a habitantes en áreas remotas del planeta.

## ¿Cómo se crea la atmósfera dentro de la Estación Espacial Internacional para soportar la vida del astronauta?

El sistema de suministro y control atmosférico mantiene una vigilancia continua de la presurización y de la presión parcial de oxígeno ( $PO_2$ ), nitrógeno ( $PN_2$ ) y dióxido de carbono ( $PCO_2$ ) en cada uno de los módulos de la EEI para la detección temprana y, en caso de emergencia, poner en marcha las medidas de contingencia. La tripulación tiene la capacidad de modificar algunos parámetros interdependientes para mantener márgenes de salud y seguridad, entre ellos:  $HR\%$ , temperatura, flujo de ventilación,  $P_b$ ,  $PO_2$  y monitoría de la  $PCO_2$ , partículas en suspensión y trazas de contaminantes dentro de rangos aceptables (Ley *et al.*, 2009).

Según la NASA, la Agencia Espacial Europea, la Agencia Espacial Canadiense, la Agencia Espacial Japonesa y Roskosmos (los principales actores de la operación de la EEI), la  $P_b$  debe estar entre 724 y 770 mmHg, y la  $PO_2$  debe estar entre 146 y 148 mmHg, lo cual permite variaciones de la fracción inspirada de oxígeno ( $F_iO_2$ ) hasta del 30 % para reducir el riesgo de inflamabilidad y mantenerla en promedio en 24,1 % (NASA, 2019; Pickett *et al.*, 2007). Esta composición del ambiente respirable previene la degradación del rendimiento neurocognitivo secundario a hipoxia y además ofrece un factor de protección ante actividades extravehiculares, en las que se tendrá al astronauta en una unidad de movilidad extravehicular de exploración (xEMU) donde su presurización será menor y lo expone a enfermedad por descompresión (Auerbach *et al.*, 2016; Thomas y McMann, 2011).

El sistema de control ambiental y de soporte vital (ECLSS, por sus siglas en inglés), como se describe

en la Figura 1, consiste en tres componentes: el sistema de recuperación del agua (WRS, por sus siglas en inglés), el sistema de generación de oxígeno (OGS, por sus siglas en inglés) y el sistema de revitalización del aire (ARS, por sus siglas en inglés), que están operativos desde 2008 en la EEI. El WRS permite el reciclaje del agua a partir de la recolección de la orina de la tripulación, y la condensación de la humedad y del agua del sistema de hidratación de las unidades de movilidad extravehicular (EMU, por sus siglas en inglés), con un 90 % de eficiencia en el proceso (Williams *et al.*, 2012). El ARS se encarga de filtrar los contaminantes atmosféricos usando el equipo de control de trazas de contaminantes (TCCS, por sus siglas en inglés) producidos por los componentes electrónicos, la manipulación de equipos, los materiales, etc., y con el soporte del ensamble de reducción de dióxido de carbono (CDRA, por sus siglas en inglés) proveniente de los astronautas (Seedhouse, 2020), usando camas de carbón activado, un oxidante catalítico térmico, hidróxido de litio, electrólisis del agua y del barrido, y reducción del dióxido de carbono, perlas de aluminio para remover el monóxido de carbono y parte del metano ( $CH_4$ ), porque el restante es ventilado al espacio (Peterson, 2013; Stambaugh *et al.*, 2013).

Este ensamble es crítico dado que el incremento del dióxido de carbono metabólico del cuerpo humano puede generar cefalea y fatiga en los astronautas, que en medio de una tarea crítica puede significar una reducción de la alerta situacional (Barratt *et al.*, 2020; Nicogossian *et al.*, 2016).

Para misiones de tipo exploración, los esfuerzos de desarrollo se concentran en mejorar la confiabilidad de los sistemas de barrido de dióxido de carbono, reemplazar los adsorbentes y catalizadores obsoletos, y mejorar la eficiencia a más del 90 % de recuperación de oxígeno a partir del  $CO_2$ ; el sistema debe tener menos masa y mejor calidad para minimizar la necesidad de mantenimiento. El WRS en el futuro podrá tener la capacidad de recuperar el 85 % del agua de la orina y tendrá un aditivo antimicrobiano para potabilizarla (Jernigan *et al.*, 2018).



Figura 1. Distribución del sistema de soporte vital y control ambiental en la Estación Espacial Internacional

Fuente: Williams *et al.* (2012).

## Monitoría de la composición del aire en la Estación Espacial Internacional

Dado que la composición de los gases es similar a la atmósfera terrestre, con nitrógeno (78 %) y oxígeno (21 %) entre otros, los compuestos consumibles deben ser reciclados y generados a través de un proceso electroquímico del agua y continuo monitoreo con sensores. La calidad del aire respirable, además, es vigilada mediante sensores infrarrojos y espectrometría de masa para el aire, con el fin de determinar la concentración de hidrógeno, dióxido de carbono, metano, presión de vapor de agua y nitrógeno (Ley *et al.*,

2009). También, hay sensores de oxígeno en tiempo real (Eckart, 2013), cuya información es mostrada en monitores y transmitida por telemetría a los diferentes centros de control de misión, teniendo como marco de referencia el documento de concentraciones máximas permisibles en el espacio (SMAC) (Ryder *et al.*, 2020).

Otros sensores dispuestos en la EEI incluyen: el monóxido de carbono (CO) mediante un detector electroquímico (SEQ); cianuro de hidrógeno y cloruro de hidrógeno entre 0,4 y 30 ppm; amonio mediante colorimetría entre 2 y 700 ppm en la cabina y dentro de las escotillas entre 15 y 90 ppm; hidracina entre 25 y 300 ppb; y tetróxido de nitrógeno entre 0,75 y 3 ppm (Nicogossian

et al., 2016). La exposición a un ambiente respirable con incrementos de estas sustancias puede incapacitar al astronauta y producirle la muerte en poco tiempo (American Conference of Governmental Industrial Hygienists [ACGIH], 2020; Cameron et al., 2020).

Diversas actividades en la EEI producen polución gaseosa, como los procesos de limpieza, soldadura, cocina, reparación y vaporización de los compuestos estructurales y materiales, por lo cual en el diseño se contempla la adecuación de filtros de alta eficiencia (HEPA, por sus siglas en inglés) y de carbón activado que atrapan aquellas moléculas con alto peso molecular y bajo peso molecular, como monóxido de carbono (CO), metano (CH<sub>4</sub>), hidrógeno (H<sub>2</sub>), cianuro de hidrogeno (HCN), fluoruro de hidrogeno (HF), cloruro de hidrogeno (HCl) y otros hidrocarburos que son ventilados a un catalizador oxidativo de alta temperatura

para ser convertidos y reutilizados (Eckart, 2013), y los cartuchos de hidróxido de litio remueven los compuestos sobreoxidados (Davis et al., 2008).

Además de verificar el medio presurizado con sus componentes principales, otros productos derivados de fugas en la porción externa de la EEI que pueden entrar al aire respirable después de una actividad extravehicular (incluyendo el amonio y la hidracina) son vigilados (Jernigan et al., 2018). La porción rusa (Zvezda) de la EEI cuenta con dos sistemas que monitorean las características atmosféricas, cuyos rangos de operación son (Seedhouse, 2020):

1. PO<sub>2</sub>: 0 – 350 mmHg (alarma activa en <120 mmHg)
2. PCO<sub>2</sub>: 0 – 25 mmHg (alarma activa en >20 mmHg)
3. Presión de vapor de agua: 0 – 30 mmHg
4. Contenido de hidrógeno: 0 – 2,5 %

**Tabla 2.**  
Descripción general de los niveles de peligro toxicológico en la Estación Espacial Internacional

Nivel de toxicidad	Irritación	Efectos sistémicos	Mitigación
0: Negligible	Irritación leve <30 min	Ninguno	Máscara a discreción de la tripulación
1: Crítico	Irritación leve a moderada de >30 min, requiere tratamiento	Efectos mínimos, no daño tisular	Puede o no ser contenido. Tripulación debe usar equipos de protección personal
2: Catastrófico	Irritación moderada a severa. Potencial de afectación negativa del rendimiento humano a largo plazo. Requiere tratamiento. Peligro ocular, puede haber daño del tejido	Efectos mínimos, no daño tisular	Puede ser contenido mediante limpieza. Tripulación debe usar equipos de protección personal
3: Catastrófico	Irritación moderada a severa, toxicidad sistémica. La irritación sola no se considera nivel 3.	Efectos visibles sobre coordinación, percepción, memoria o tiene la capacidad de causar lesión a largo plazo (cáncer) o daño tisular	Puede ser contenido mediante limpieza. Tripulación debe usar equipos de protección personal
4: Catastrófico	Irritación moderada a severa con potencial de reducción del rendimiento humano a largo plazo. Daño del tejido ocular permanente.	Similar a nivel 3	La tripulación no puede contener el material. El sistema de soporte vital y control ambiental es usado para descontaminar y la tripulación debe usar equipos de protección personal

Fuente: Lam et al. (1997).

## Ambiente microbiológico en la Estación Espacial Internacional

Los parámetros para el monitoreo de agentes microbiológicos usan las unidades formadoras de colonia (UFC, por sus siglas en inglés), mediante la recolección de aire en un sustrato de agar en cultivo por 24 h y con recolección activa de muestras en superficies (La Duc *et al.*, 2004), y mediante identificación con pruebas moleculares (Pierson, 2007), cuyos límites han sido definidos por la NASA para hongos 10 000 ufc/m<sup>3</sup>, para bacterias de 100 ufc/m<sup>3</sup> de aire, la misma cantidad de UFC por área de 100 cm<sup>2</sup> (La Duc *et al.*, 2004) y una tasa máxima de 1640 ufc/persona-min para bacteria y hongos (Pickett *et al.*, 2007). Los filtros de carbón activado tienen bactericidas que ayudan con la sanitación del ambiente respirable (Ley *et al.*, 2009) y los filtros HEPA permiten atrapar microorganismos de >0,3 μm con un 99,997% de eficiencia (Perry, 2017).

La calidad del agua debe ser vigilada para contacto y consumo, y se tiene regulado que su conteo bacteriano no debe ser mayor a 50 ufc/mL, no detectable para coliformes, hongos por 100 mL y no detectable para protozoos (NASA, 2019). Además, hay que asegurarse de que la calidad del agua consumible cumpla estándares de potabilidad que incluyen carbón inorgánico, constituyentes volátiles, metales y otras características como sabor, olor, turbidez, acidez y gases disueltos (Jernigan *et al.*, 2018).

Como resultado de la variedad de experimentos de microbiología que se realizan en la EEI, se pueden generar cepas que adquieran o muestren un incremento en la resistencia antimicrobiana o incluso virulencia que potencialmente afecte la salud de los astronautas en confinamiento, sobre todo si no se tiene soporte médico en misiones de tipo exploración (Bijlani *et al.*, 2021).

### Dióxido de carbono

La PCO<sub>2</sub> en la atmósfera es de aproximadamente 0,3 mmHg en condiciones normales, pero dentro de un espacio cerrado un proceso electroquímico la mantiene a 3 mmHg (Virts, 2020). Esta elevación de diez veces

el valor respirable en la troposfera es producto del metabolismo celular.

El dióxido de carbono, que los seres humanos en condiciones de reposo producimos en una cantidad de 0,4 L/min o 600 L/día (±500g/día), se incrementa de 1 a 1,5 kg/día de acuerdo con el régimen de ejercicio físico (Barratt *et al.*, 2020). El ECLSS ha sido diseñado para soportar la carga metabólica de los astronautas en promedio de 82 kg, porque la media de peso por astronauta para 2015 era de 78 kg y un VO<sub>2</sub> máximo de 48 mL/kg/min ±6 mL/kg/min, y una tasa de intercambio respiratorio de 1,0 en ejercicio, dado que de esto depende la producción de CO<sub>2</sub> (Bayt y Lueders, 2016).

Los estándares de habitabilidad de la NASA mencionan que en operaciones nominales los sistemas de barrido deben limitar la PCO<sub>2</sub> en 3 mmHg a 1 h en el volumen del hábitat a 760 mmHg (NASA, 2019; Nicogosian *et al.*, 2016), dado a que se han observado efectos negativos en el rendimiento humano a ±12 mmHg y la correlación con síntomas es positiva desde los 15 mmHg hasta los 20 mmHg, cuyo valor ha sido definido como límite para declarar una emergencia (Barratt *et al.*, 2020). Sin embargo, estos valores están en revisión (Ryder *et al.*, 2020), con el fin de tener mayor correspondencia con el desempeño humano y al mismo tiempo prevenir la condición llamada “cerebro espacial” (Virts, 2020) por algunos astronautas.

Debido al efecto de la microgravedad sobre la convección, en las naves espaciales se pueden encontrar áreas con bajo flujo de aire que no logran dispersar el CO<sub>2</sub> acumulado alrededor del cuerpo y resultan en un área llamada “burbujas de CO<sub>2</sub>”. En caso de que la tripulación esté en la obligación de trabajar en un módulo con defectos en la ventilación y para que el astronauta repare el defecto, debe llevar consigo el medidor portátil referenciando el valor de PCO<sub>2</sub> de 5,3 mmHg como límite superior para trabajar sin contramedidas. Pero si esta medida se incrementa entre 10 y 15 mmHg, se debe optimizar el barrido de CO<sub>2</sub>; o toda vez que se presente cefalea, disnea o bajo rendimiento psicofísico, se hace necesaria la suplencia de O<sub>2</sub> e incluso cuando se requiera llevar a cabo alguna tarea crítica con la PCO<sub>2</sub> por encima de 20 mmHg (Barratt *et al.*, 2020).

## Efectos del dióxido de carbono en el astronauta

En 1985, durante una misión para reparar Salyut 7, dos cosmonautas estuvieron expuestos en un módulo sin electricidad, sin ventilación ni control térmico, lo que ocasionó cefalea y letargia asociada a la acumulación de  $\text{CO}_2$  (Newkirk, 1990). Las diversas experiencias de astronautas que han tenido síntomas durante las estadías en la EEI por la acumulación de dióxido de carbono motivaron a construir un modelo de dinámica de fluido para correlacionar el flujo de aire con la presión de  $\text{CO}_2$  en un módulo de servicio. Encontraron que el astronauta, en el cuarto donde duerme con el ventilador apagado, construye una burbuja de gas bajo su nariz y tórax que supera los 8 mmHg en tan solo 10 min (Son *et al.*, 2002), no se dispersa y sus síntomas producen potencialmente despertares con importante cefalea (Nicogossian *et al.*, 2016).

Los síntomas agudos (minutos a horas) más frecuentes incluyen: disnea, sensación térmica alterada o sudoración, taquicardia y disestesias en dedos, entre otros. Hay diferencias significativas entre la incidencia de cefalea en los hombres (13%) y en las mujeres (37%); se presenta de manera tardía con un promedio tres a cinco síntomas por astronauta con diferencias individuales y temporales, por lo que varios autores recomiendan a las agencias espaciales realizar el entrenamiento fisiológico de exposición a  $\text{CO}_2$  cada cinco años (Law *et al.*, 2017). Por el incremento de la  $\text{P}_i\text{CO}_2$ , se desencadena una acidosis respiratoria que induce cambios de la ventilación por minuto de 2-3 L por cada 1 mmHg de  $\text{CO}_2$  sin cambios en la  $\text{PO}_2$  (Barer *et al.*, 1970).

En la EEI, se establece un límite de  $\text{PCO}_2$  de 3 mmHg para operaciones nominales y un promedio de 5,3 mmHg en un curso de cinco días; sin embargo, con la evidencia emergente estos rangos son susceptibles de modificaciones. Las acciones correctivas incluyen la activación del sistema alterno si el promedio para un día excede los 3,5 mmHg por más de 9 h; y si un astronauta es sintomático y se sospecha que presenta hipercarbia, se debe parar la actividad y optimizar la ventilación alrededor, y proveer oxígeno en máscara si esto se acompaña de hipoxia (Barratt *et al.*, 2020).

Los hallazgos del consumo crónico de  $\text{CO}_2$  en operaciones espaciales suele sumarse a los procesos adaptativos secundarios a microgravedad, contaminantes atmosféricos y radiación, por lo que hace difícil la separación causa-efecto precisa. Sin embargo, se ha observado que la exposición a  $\text{PCO}_2$  de 25-30 mmHg de 7 a 15 días continuos produce disnea, cefalea, incremento del volumen por minuto cuatro veces el valor de base, trastornos del sueño y reducción de la tolerancia al ejercicio; y algunos autores sugieren la reducción del desempeño cognitivo en términos de toma de decisiones a pesar de ser tareas aprendidas y repetitivas (Allen *et al.*, 2016; Satish *et al.*, 2012). Se requieren más estudios en condiciones de microgravedad y ambiente de cabina similar a los astronautas de la EEI, dado que observaciones recientes han documentado un proceso de toma de decisiones sin alteraciones importantes a pesar del incremento del contenido de  $\text{CO}_2$  respirado en personas jóvenes (Scully *et al.*, 2019) y submarinistas (Rodeheffer *et al.*, 2018).

## Métodos de manejo del dióxido de carbono

La cabina de cualquier estructura espacial tripulada debe ser diseñada para proveer la atmósfera suficiente para el metabolismo oxidativo, pero también debe remover los productos de  $\text{CO}_2$  y en la EEI se hace mediante un sistema electroquímico acompañado de ventilación con una velocidad entre 0,08 y 0,2 m/s (Barratt *et al.*, 2020).

Al combinar hidróxido de litio ( $\text{LiOH}$ ) con  $\text{CO}_2$ , se produce  $\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  en una reacción irreversible exotérmica que requiere diariamente 2 kg de  $\text{LiOH}$  para barrer el producto diario de un astronauta, lo que obliga a reemplazar los frascos de manera frecuente y lo hace impráctico para misiones de larga duración (Eckart, 2013).

En la EEI, los laboratorios de Estados Unidos y Rusia usan el sistema  $\text{CDRA}$  y aprovechan los tamices moleculares con piedras sintéticas de zeolita que remueven el dióxido de carbono del aire ambiental (Eckart, 2013). El módulo europeo aprovecha la capacidad de adsorción sobre la superficie, que consiste en una resina de intercambio iónico y la regeneración de



la cama saturada con dióxido de carbono usando agua a 110 °C a 1 atmósfera; el exceso puede ser usado para reciclar el oxígeno del proceso y si no, es ventilado al espacio (Ley *et al.*, 2009).

### Entrenamiento de reconocimiento de síntomas por el dióxido de carbono

Este escenario debe ser estudiado por los astronautas durante toda su carrera, por lo cual es obligatorio realizar entrenamientos recurrentes y previos a las misiones de larga duración para reconocer los síntomas individuales y sortear situaciones de acumulación del dióxido de carbono en la EEI, en su compartimento de descanso, al igual que en reuniones para celebrar eventos especiales, cenar o en conferencias de prensa, en actividades extravehiculares, en el manejo de fuego en cabina y en tareas de reparación en un módulo con pobre ventilación (Law *et al.*, 2017).

### Oxígeno

La disminución de la  $P_b$  en la EEI por cualquier razón resulta en la presentación de hipoxia hipobárica en la tripulación, y cuando hay solo una reducción de la producción de oxígeno con una  $P_b$  normal, se presenta la hipoxia normobárica (Clément, 2011; Rainford y Gradwell, 2016).

En la EEI, la  $PO_2$  debe estar entre 146 y 178 mmHg con una  $P_b$  de 724 a 770 mmHg, teniendo en cuenta que el máximo valor de concentración de  $O_2$  es de 24 % para la mayor parte de la EEI y para los sitios donde se hacen las operaciones de conexión al exterior (“airlocks”), y de 30 % (Barratt *et al.*, 2020; NASA, 2019) en condiciones nominales para asegurar un buen rendimiento fisiológico. Existen protocolos establecidos en casos de emergencia (ejemplo: fugas); si se afecta la presurización, el sistema debe incrementar la concentración de oxígeno a más de 30 % por tiempos limitados para no dejar que la  $P_iO_2$  caiga por debajo de 128 mmHg y afecte el rendimiento humano. El punto mínimo de presurización de la EEI se ha definido en 490 mmHg, y cuando no haya otra posibilidad de solución, los astronautas deben abandonar la EEI (NASA,

2019). La fuente primaria de  $O_2$  proviene de la electrólisis del agua, y como sistema redundante primario, se cuenta con un generador de oxígeno de combustible sólido; el sistema redundante secundario se ubica en almacenamiento de tanques en la porción externa del módulo presurizado de Estados Unidos. El proceso de electrólisis requiere dos moléculas de agua que a través de la inducción de electricidad generan dos moléculas de hidrógeno, una de oxígeno y calor mediante una tecnología de intercambio de protones en una membrana de polímero de ácido sulfónico perfluorado (Eckart, 2013).

El sistema ruso llamado Elektron es un generador de oxígeno de combustible sólido a través de electrólisis de agua con 30 % de hidróxido de potasio. El hidrógeno resultante es ventilado al espacio y tiene la capacidad de producir 25 L de oxígeno/h a partir del flujo de 1 L/ $H_2O$ /h, que es suficiente para mantener con vida a un astronauta por día (Seedhouse, 2020). Los módulos europeos usan un proceso llamado electrólisis alcalina (Ley *et al.*, 2009) en una malla de asbesto, cuyo método se denomina electrólisis con alimentación estática de agua (Eckart, 2013).

En la EEI, al tener sistemas de circulación cerrados, es posible aprovechar las moléculas derivadas de la generación de dióxido de carbono a través del principio de Sabatier (Vogt *et al.*, 2019), como lo describe la figura 2, reduciéndolas con un catalizador a temperaturas entre 300 y 500 °C con el hidrógeno para que se produzca gas metano ( $CH_4$ ), que es ventilado al exterior, y agua para consumo (Barratt *et al.*, 2020), con una eficiencia del 90 al 100 % (Ley *et al.*, 2009).

### Requerimientos de oxígeno

El diseño de vehículos y estructuras habitacionales en el espacio considera un consumo promedio de 0,85 a 0,90 kg de  $O_2$  por día por astronauta, teniendo en cuenta que la producción metabólica de  $CO_2$  es de 1 kg/persona/día (Eckart, 2013). La separación electrolítica del agua requiere aproximadamente 0,956 kg de  $H_2O$  para garantizar que la producción sea suficiente para mantener con vida a la tripulación (Eckart, 2013). La tasa de masa de dióxido de carbono producida por masa de

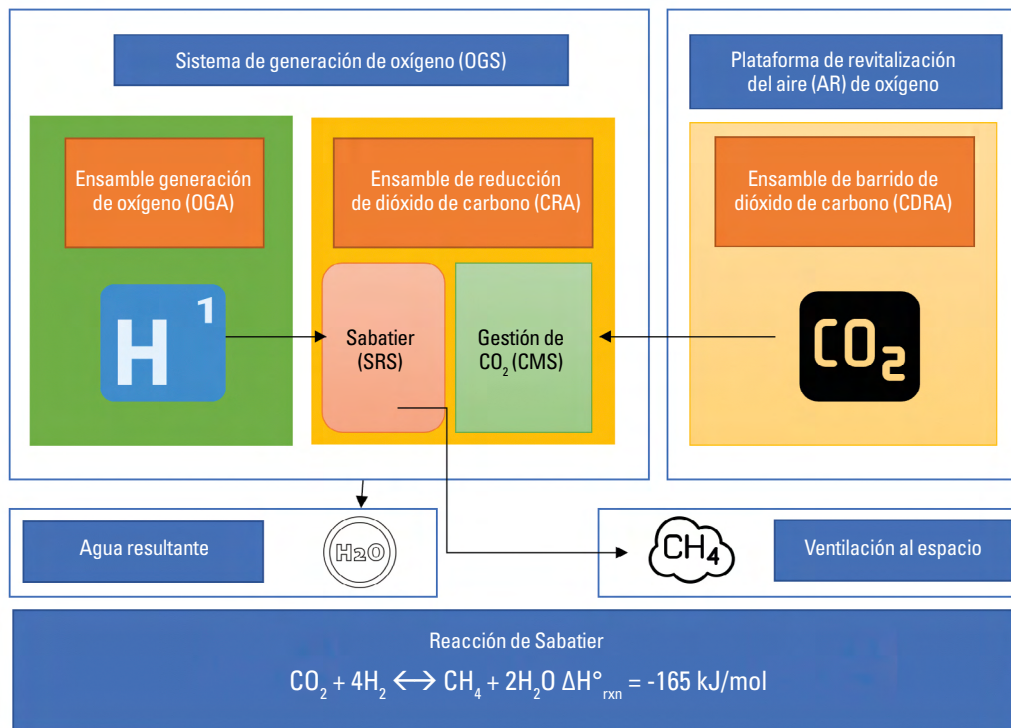


Figura 2. Sistema de revitalización del aire y reacción de Sabatier

Fuente: adaptación de Seedhouse (2020).

oxígeno consumida depende del catabolismo oxidativo de cada astronauta, se conoce como cociente respiratorio (RQ) o tasa de intercambio respiratorio (RER, por sus siglas en inglés) y esta depende del tipo de alimentación disponible. Por ejemplo, con carbohidratos el RQ es 1,0, con la oxidación de ácidos grasos o proteína es de 0,7 y con la alimentación ofrecida en la EEI se tiene un balance en el rango de 0,80 a 0,85 (Davis *et al.*, 2008). Contando que no todo el oxígeno es exhalado, sino que alrededor del 15% es metabolizado en agua para ser perspirado u orinado, se tiene una producción en promedio de 0,73 kg de O<sub>2</sub> + 0,27 de carbono si el cociente respiratorio está alrededor de 0,85 (Nicogossian *et al.*, 2016) para poder ser reutilizado (Eckart, 2013).

### Efectos de la hipoxia en el astronauta

Ante el fenómeno de hipoxia, se incrementa la actividad de los quimiorreceptores de H<sup>+</sup> en el sistema nervioso central, que junto a los quimiorreceptores

periféricos en los cuerpos carotídeos y cuerpos aórticos responden directamente a la P<sub>a</sub>O<sub>2</sub>, a la P<sub>a</sub>CO<sub>2</sub>, y a H<sup>+</sup>, y esta información es llevada a través del nervio glosofaríngeo y vago que, con la participación de receptores de estiramiento pulmonar, de músculos y de articulaciones del tórax, estimulan el centro respiratorio en el bulbo raquídeo para incrementar el volumen y la frecuencia respiratoria compensando por esa deficiencia (Hall y Hall, 2020).

El rendimiento cognitivo y el desempeño físico son altamente afectados por la reducción de la P<sub>a</sub>O<sub>2</sub>, que incluso en reposo le representa al sistema nervioso central casi el 20% del consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) (Raichle y Gusnard, 2002), independientemente de la demanda física impuesta en el astronauta. La disminución del aporte desencadena la activación de mecanismos compensadores que incluyen vasoconstricción pulmonar, redistribución del flujo y redistribución de la ventilación, los cuales que terminan en aumento de la presión de la arteria pulmonar (Swenson y Bärtisch,

2021) y en incremento de la frecuencia respiratoria y volumen por minuto (Hall y Hall, 2020).

El término usado para estimar los efectos de la hipoxia sobre el rendimiento psicofísico se denomina “tiempo efectivo de desempeño”, esto es, el periodo desde el inicio de la exposición al ambiente hipóxico hasta el momento en que puede tomar una acción correctiva, por ejemplo, buscar y ponerse la máscara de oxígeno, prender el regulador de oxígeno y configurarlo para remediar la situación (Rainford y Gradwell, 2016). Este periodo es variable de persona a persona y depende de otras situaciones que son posibles dentro del ambiente operativo en la EEI, como despresurización de la cabina, alta actividad física, comunicar al centro de control e incremento de la tasa metabólica; también depende de condiciones de base de la persona como la reducción de la masa eritrocitaria (cambios inducidos por la microgravedad) donde se espera que reduzcan este tiempo disponible (Nicogossian *et al.*, 2016). Es imperativo definir con mayor certeza estos tiempos en astronautas, porque los estudios han incluido solamente aviadores jóvenes (Davis *et al.*, 2008) sin exposición crónica a microgravedad.

Al estar aclimatados a una atmósfera de presión en la EEI, sumado a los efectos de la microgravedad, en caso de emergencia se espera que los astronautas reduzcan su desempeño neurocognitivo hasta en deterioro sutil de la  $P_b$  de 570 a 640 mmHg (Petrassi *et al.*, 2012), se incrementan los tiempos de reacción, y los procesos de atención y memoria son significativamente reducidos a 400 mmHg (Turner *et al.*, 2015).

En la exposición aguda, también se incrementa la vasodilatación retiniana; a una  $P_b$  de 500 mmHg se afecta significativamente la percepción y discriminación de tonos rojo-verde y azul-amarillo (Connolly *et al.*, 2008). La sensibilidad a la luz en la retina periférica se incrementa a una  $P_b$  en promedio de 300 mmHg (Horng *et al.*, 2008) y se amplía el tiempo de adaptación a la oscuridad a una  $P_b$  de 450 mmHg (Connolly y Hosking, 2006). Esto se traduce en una reducción de la capacidad visual en general, lo cual impone retos para los astronautas en el manejo de emergencias en una estructura habitable en el espacio en condiciones de hipoxia y oscuridad.

Para sumar estos problemas desencadenados por la hipoxia, una de las necesidades fisiológicas que más se relaciona con rendimiento cognitivo, atención, memoria visual y de trabajo, concentración, trabajo ejecutivo, control inhibitorio, entre otros, es el sueño (de Aquino Lemos *et al.*, 2012). Este se puede ver afectado por el patrón respiratorio con presencia de apneas centrales, exacerbación de las apneas obstructivas (Anders y Selim, 2021) y cambios de la arquitectura electroencefalográfica como los vistos en personas con insomnio (Stadelmann *et al.*, 2014; Venkat *et al.*, 2021).

## Producción de nitrógeno

Para mantener la presión barométrica dentro de valores normales, se requiere la disociación térmica catalítica de hidracina ( $N_2H_4$ ), que proviene del almacenamiento de propelente de vehículos espaciales y permite que a través de amonio ( $NH_3$ ), un separador de hidrógeno y un oxidante catalítico se produzca nitrógeno e hidrógeno en una reacción exotérmica (Eckart, 2013).

## Temperatura y humedad en la Estación Espacial Internacional

El objetivo del sistema de control de temperatura y humedad es mantener un ambiente confortable para que los astronautas trabajen sin afectar significativamente su fisiología de termorregulación, además de mantener la humedad relativa dentro de unos rangos específicos para reducir la probabilidad de condensación atmosférica que puede dañar los instrumentos abordo.

El calor generado por los equipos de soporte habitacional (como el electrolizador de agua para la producción de  $O_2$  y el sistema de barrido de  $CO_2$ ), los equipos electrónicos, el intercambiador de calor y los seres humanos, aumenta la energía térmica en la atmósfera de la EEI que debe ser regulada a través del sistema de circulación de aire y el exceso de energía térmica ventilada al exterior (Ley *et al.*, 2009).

Dos sistemas de control térmico son usados: el sistema pasivo mediante aislantes, recubrimientos de superficies, escudos de calor y calentadores (que a partir del balance de las propiedades de emisividad

y absorptividad de los materiales pueden mantener el balance térmico dentro de valores deseados), en la EEI hay instalados más de 300 calentadores en el exterior del segmento estadounidense (Rose, 1998); el sistema activo se compone de un intercambiador de condensación de calor (CHX), transfiere la carga térmica interna y el flujo térmico por uno o dos círculos de refrigeración, uno de ellos interno con agua y el otro externo con amoníaco con una capacidad de 75W de rechazo de calor (Davis *et al.*, 2008; Rose, 1998).

Los rangos de temperatura de confort están desde los 18 °C hasta los 27 °C durante operaciones nominales y no consideran los cambios dinámicos en otras actividades espaciales como movilidad extravehicular, ascenso, entrada en órbita, descenso, aterrizaje y postaterrizaje (NASA, 2019). Por eso, para estas actividades debe usarse el modelo “41-Node-Man” o “Wissler” para calcular la ganancia o pérdida de calor corporal con una confianza del 95 % (Pickett *et al.*, 2007).

El mecanismo termodinámico de convección en microgravedad afecta la pérdida de calor en el cuerpo humano. El sudor en actividad física se condensa en una capa gruesa que reduce la evaporación en la cabeza (Polyakov *et al.*, 2001) y obliga a los astronautas a usar una toalla para remover el exceso de sudoración de la piel, además de optimizar el flujo de aire en la zona de ejercicio de la EEI, debido al incremento de la temperatura corporal central de base y de la encontrada en el espacio durante el ejercicio (Fortney *et al.*, 1998; Stahn *et al.*, 2017).

La actividad metabólica humana en promedio genera entre 105 y 155 W/persona/día, y este proceso se adiciona al ambiente mediante la respiración y con un promedio de 2,3 kg de agua/persona/día, regulado en la EEI mediante un sistema que disminuye

la temperatura por debajo del punto de rocío formando de una película de condensación (Hapke *et al.*, 2003) y luego separándola de la corriente de aire (Pérez-Vara *et al.*, 2003) para nuevamente disponer del agua para consumo. La zona de confort de la HR% debe mantenerse entre 25 y 75% en un margen de 24 h (Pickett *et al.*, 2007), y debe medirse, recolectarse y grabarse para ser analizado en tiempo real y entender las tendencias.

La hipotermia resultante de la pérdida del control de temperatura de cabina puede poner en riesgo la vida y esto ya ha ocurrido en el pasado. En la “fallida y exitosa” misión de Apollo 13, donde la temperatura ambiental de 10 °C mantuvo a los astronautas en riesgo de sufrirla, afortunadamente se generaron soluciones para que se mantuviera un ambiente de la cápsula con un CO<sub>2</sub> normal usando dispositivos de hidróxido de litio del módulo lunar y adaptándolos al módulo de comando de manera exitosa (Lovell y Kluger, 2006).

## Límites acústicos en órbita de la Estación Espacial Internacional

Estos límites están dispuestos para conservar la salud auditiva de los astronautas, prevenir interferencias en la comunicación y dar soporte al desempeño humano, por lo que el diseño habitacional de los módulos tripulados debe tener un plan de control de ruido acústico que incluye la estrategia de control de ruido, pruebas acústicas, análisis, y protocolo remedial y de seguimiento (NASA, 2019).

Para las operaciones orbitales de la EEI, se establecen los límites de presión de sonido continuo en bandas de octavos de decibeles (dB) re-20 μPa sin elementos de protección personal según la frecuencia en Hertz (Hz), como se describe en la tabla 3.

Tabla 3.  
Límites SPL para ruido continuo en bandas de octavos, dB re-20 μPa

Frecuencia	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
Máximo en áreas de trabajo (dB)	71	64	58	54	51	49	48	47	46
Máximo en áreas de sueño (dB)	64	56	50	45	41	39	38	37	36

Fuente: NASA (2019).

El ruido intermitente para el trabajo en 24 h no debe superar los 49 dB por un periodo de 8 h, y para trabajos menores a 30 min este no debe superar los 69dB (NASA, 2019).

## Radiación electromagnética

El objetivo del ambiente habitacional es proveer protección a los tripulantes de la EEI contra el riesgo de radiación proveniente de partículas solares, radiación cósmica y radiación atrapada geomagnéticamente, manteniendo los principios de exposición tan bajos como sea racionalmente posible (ALARA); y las dosis recibidas están basadas en los trabajos con alto riesgo por el Consejo Nacional de Protección a la Radiación que limita a 0,05 Sv (5 rem)/año, y para astronautas en órbita terrestre baja hasta 0,5 Sv (50 rem) /año (Townsend y Fry, 2002). Un grupo de soporte de operaciones espaciales llamado SRAG (que por sus siglas en inglés significa Grupo de Análisis de Radiación Espacial), en el Centro Espacial Johnson, considera parámetros como la altitud, la inclinación de la órbita, el estado de la zona interna y externa de los cinturones de protones, el flujo de protones interplanetario, las condiciones del campo geomagnético y el ciclo solar para administrar el riesgo de exposición y dar recomendaciones para actividades extravehiculares (Barratt *et al.*, 2020; Davis *et al.*, 2008).

Los equipos de medición abordo para consolidar la dosimetría de cada astronauta, transmitida en tiempo real vía telemetría, incluyen: el detector para análisis de radiación (RAD, por su siglas en inglés) de partículas cargadas y neutrones, el contador proporcional al tejido (TEPC, por su siglas en inglés), el telescopio de Dosis y Dostel de la agencia espacial alemana y el RD-8 Lulin de Rusia. Los monitores de radiación por área (RAM, por su siglas en inglés) se encuentran en todos los volúmenes habitables y son rotados cuando se cambia la tripulación; junto al dosímetro personal de cada astronauta, son útiles para el análisis de datos posvuelo y su análisis se incluye dentro de su historial médico (Barratt *et al.*, 2020; Rose, 1998).

La exposición a radiación electromagnética no ionizante proviene de fuentes naturales como las emisiones solares ultravioletas, rango de luz visible, infrarrojo,

radiofrecuencia de baja intensidad en 2800 MHz, campos magnéticos y los producidos por el hombre, como los equipos de comunicaciones, láser, luces y en general todos los electrónicos que requieren fuente de electricidad. Los límites de exposición adoptados por la NASA pertenecen al Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) C95,1, a pesar de que para 2019 no se especifican los aspectos relacionados con la exposición en el espacio exterior, teniendo el ambiente específico de órbita terrestre baja (IEEE, 2019).

La protección ofrecida a los astronautas ante la presencia de láser debe estar acorde a lo estipulado en ANSI Z136,1 y en la ACGIH para limitar la exposición cutánea y ocular a los pulsos repetidos y a las ondas, al igual que la radiación electromagnética incoherente relajando los límites por un factor de cinco, excepto el cálculo para la exposición en la frecuencia de ultravioleta (ACGIH, 2020; NASA, 2019; Pickett *et al.*, 2007).

## Conclusiones

La permanencia humana en el espacio ha ganado momento en los últimos años por el esfuerzo de investigación y desarrollo tecnológico para soportar la vida en otros cuerpos celestes. La decisión de regresar a la Luna para tener presencia continua como plataforma de aprendizaje y dar el siguiente paso al planeta Marte requiere que las tecnologías disponibles evolucionen para uso de recursos *in situ* y que se habilite la posibilidad de extender el tiempo de exploración humana espacial. Sin duda, se necesitará voluntad investigativa de todas las áreas del conocimiento en ambientes análogos, a fin de gestionar todas las variables asociadas a mantener con vida a los astronautas sin afectar significativamente su salud y mantener un rendimiento óptimo durante su misión (Siegel *et al.*, 2022).

La EEI ha servido por décadas como laboratorio y como plataforma análoga para misiones de tipo exploración. Sus sistemas de soporte de vida han sido probados de manera continua en microgravedad. Existe el reto adicional de actualizar los sistemas para exploración del espacio profundo y de garantizar su función

en condiciones de gravedad parcial como la encontrada en la superficie de la Luna y de Marte, donde el ambiente presurizado será diferente a la EEI, generando un medio hipobárico con una mezcla enriquecida de oxígeno (34%) para garantizar el rendimiento físico del astronauta (Ridley *et al.*, 2022).

Además, los ensamblajes tecnológicos tendrán la capacidad de almacenar un intercambiador de condensación de calor con mejor control microbiológico para remover compuestos volátiles orgánicos, y un barredor de dióxido de carbono más eficiente con mayor capacidad de aprovechar el metano producto de la reacción de Sabatier para descomponerlo en hidrógeno adicional y utilizarlo para sintetizar mayor cantidad de agua. Estos experimentos serán lanzados a la EEI en 2024, con el objetivo de evaluar su confiabilidad, eficiencia y que sirvan de plataformas para misiones más largas con mayor independencia de la Tierra (Bagdigian *et al.*, 2015; C. Escobar *et al.*, 2017; Ridley *et al.*, 2022).

Es necesario, entonces, que el ECLSS en misiones de tipo exploración mantenga la habilidad de conservar las condiciones de habitabilidad para la supervivencia y productividad de la tripulación en un amplio rango de condiciones, y que tenga confiabilidad, resiliencia y una sobrevida suficiente para misiones de más de tres años de duración (Bagdigian *et al.*, 2015; C. Escobar *et al.*, 2017, 2019; Jernigan *et al.*, 2018; Ridley *et al.*, 2022). Las emergencias que alteren los parámetros atmosféricos de los hábitats podrían traer consecuencias letales o limitar el rendimiento en una tarea crítica. La distancia a la Tierra y el escaso soporte logístico para una evacuación hacen necesario que el entrenamiento desde las plataformas análogas espaciales sea incorporado y evaluado (Bejarano *et al.*, 2022; Terhorst y Dowling, 2022).

Entre los efectos fisiopatológicos de la falla de los sistemas de control ambiental encontramos: hipoxia, hipercarbia, disbarismos, enfermedad descompresiva, ebullismo, hipoacusia, infecciones, intoxicaciones, estrés térmico, cáncer, enfermedades degenerativas y alteraciones neurocognitivas que impactan negativamente la toma de decisiones en un contexto de exposición extrema (Nicogossian *et al.*, 2016).

Colombia tiene interés en participar en misiones de tipo exploración espacial humana, dado que en 2022 ha firmado los acuerdos Artemisa con la NASA y esto obliga a la academia a incluir dentro de sus programas educativos la doctrina para el entendimiento integral entre el ambiente y el rendimiento humano en el espacio, siendo un aspecto crítico para misiones a la Luna y a Marte. El ser humano debe ser seleccionado y entrenado para mantener un desempeño normal en condiciones de exposición extrema, garantizando el cumplimiento de las misiones asignadas. Además, debe ser preparado para responder en caso de emergencia derivado de un fallo del ECLSS, tal como ha mostrado la historia con el evento de seguridad presentado en Apollo 13, cuando la tripulación estuvo expuesta a un ambiente de cabina hostil por baja temperatura e incremento del dióxido de carbono derivado de la explosión de un tanque de oxígeno requerido para mantener el aire respirable durante su misión a la Luna, lo cual los obligó a regresar a la Tierra de manera exitosa (Lovell y Kluger, 2006).

## Referencias

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). (2020). *TLVs and BEIs based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices*. ACGIH.
- Alfano, C. A., Bower, J. L., Cowie, J., Lau, S. y Simpson, R. J. (2018). Long-duration space exploration and emotional health: Recommendations for conceptualizing and evaluating risk. *Acta Astronautica*, 142, 289-299. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2017.11.009>
- Allen, J. G., MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J. y Spengler, J. D. (2016). Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: A controlled exposure study of green and conventional office environments. *Environmental Health Perspectives*, 124(6), 805-812. <https://doi.org/10.1289/ehp.1510037>
- Anders, G. y Selim, B. J. (2021). Sleep disordered breathing at high altitude. *Complex sleep breathing disorders: A clinical casebook of challenging patient* (C. Won, ed.; pp. 177-184). Springer.

- Auerbach, P. S., Cushing, T. A. y Harris, N. S. (2016). *Auerbach's wilderness medicine e-book*. Elsevier Health Sciences.
- Bagdigian, R. M., Dake, J., Gentry, G. y Gault, M. (2015). *International Space Station environmental control and life support system mass and crew-time utilization in comparison to a long duration human space exploration mission* [ponencia]. 45th International Conference on Environmental Systems-ICES, 13-17 July, Seattle, Washington. <http://hdl.handle.net/2346/64374>
- Barer, G. R., Howard, P. y Shaw, J. W. (1970). Stimulus — Response curves for the pulmonary vascular bed to hypoxia and hypercapnia. *The Journal of Physiology*, 211(1), 139-155. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1970.sp009271>
- Barratt, M. R., Baker, E. S. y Pool, S. L. (2020). Principles of clinical medicine for space flight. *Principles of clinical medicine for space flight* (M. R. Barrat, Baker E. S y S. L. Pool, eds.). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9889-0>
- Bayt, R. L. y Lueders, K. L. (2016). *ISS crew transportation and services requirements document*. NASA. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20170001943/downloads/20170001943.pdf>
- Bejarano, X., Malpica, D., Cortés, D., Campos, C., Buitrago, N., Jiménez, G., Harasymczuk, M., Hettrich, S. y Kolodziejczyk, A. (2022). *Astronaut training and analysis of human performance during the human operational research space analog simulation* [ponencia]. 73rd International Astronautical Congress (IAC).
- Bijlani, S., Stephens, E., Singh, N. K., Venkateswaran, K. y Wang, C. C. C. (2021). Advances in space microbiology. *IScience*, 24(5), 102395. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102395>
- Biswal M, M. K., Gómez-Fernández, D., Das, N. B. y Kumar V, R. (2021). Design study and validation of Mars underground habitat for human settlement on Mars. *AIAA Propulsion and Energy 2021 Forum*. <https://doi.org/10.2514/6.2021-3725>
- Cameron, P., Little, M. y Mitra, B. (2020). *Textbook of adult emergency medicine* (5.ª ed.; vol. 1). Elsevier.
- Carrasquillo, R. L., Reuter, J. L. Y Philistine, C. L. (1997). *Summary of resources for the International Space Station environmental control and life support system*. SAE Technical Paper.
- Clément, G. (2011). Fundamentals of space medicine. *Space technology library* (2.ª ed.; vol. 17). Microcosm Press; Springer.
- Connolly, D. M., Barbur, J. L., Hosking, S. L. y Moorhead, I. R. (2008). Mild hypoxia impairs chromatic sensitivity in the mesopic range. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 49(2), 820-827. <https://doi.org/10.1167/iovs.07-1004>
- Connolly, D. M. y Hosking, S. L. (2006). Aviation-related respiratory gas disturbances affect dark adaptation: A reappraisal. *Vision Research*, 46(11), 1784-1793. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2005.10.027>
- Cortright, E. M. (2019). *Apollo expeditions to the Moon: The NASA history: 50th Anniversary Edition*. Courier Dover Publications.
- Creech, S., Guidi, J. y Elburn, D. (2022). Artemis: An overview of NASA's activities to return humans to the Moon. *2022 IEEE Aerospace Conference (AERO)*. Pages 1-7.
- Davis, J. R., Johnson, R. y Stepanek, J. (2008). *Fundamentals of aerospace medicine* (4.ª ed). Lippincott Williams & Wilkins.
- De Aquino Lemos, V., Antunes, H. K. M., Dos Santos, R. V. T., Lira, F. S., Tufik, S. y De Mello, M. T. (2012). High altitude exposure impairs sleep patterns, mood, and cognitive functions. *Psychophysiology*, 49(9), 1298-1306. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01411.x>
- DeLucas, L. J. (1996). International Space Station. *Acta Astronautica*, 38(4-8), 613-619. [https://doi.org/10.1016/0094-5765\(96\)00056-2](https://doi.org/10.1016/0094-5765(96)00056-2)
- Deplano, R. (2021). The Artemis Accords: Evolution or Revolution in International Space Law? *International & Comparative Law Quarterly*, 70(3), 799-819. <https://doi.org/10.1017/S0020589321000142>
- Eckart, P. (2013). *Spaceflight life support and biospherics* (vol. 5). Springer Science & Business Media.
- Escobar, C., Nabity, J. y Escobar, A. (2019). *Quantifying ECLSS robustness for deep space exploration*. <https://hdl.handle.net/2346/84455>
- Escobar, C., Nabity, J. y Klaus, D. (2017). *Defining ECLSS robustness for deep space exploration*. <http://hdl.handle.net/2346/73061>
- Fortney, S. M., Mikhaylov, V., Lee, S. M., Kobzev, Y., Gonzalez, R. R. y Greenleaf, J. E. (1998). Body temperature and thermoregulation during submaximal exercise after 115-day spaceflight. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 69(2), 137-141. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9491252/>
- Hall, J. E. y Hall, M. E. (2020). *Guyton and Hall textbook of medical physiology*. Elsevier Health Sciences.

- Hapke, J., Ranong, C. N., Brodt, K. y Tan, G. (2003). *Temperature and humidity control by means of a Membrane based Condensing Heat Exchanger (MCHX)*. SAE Technical Paper.
- Horie, M., Kambara, T., Kuroda, E., Miki, T., Honma, Y., Aoki, S. y Morimoto, Y. (2012). Possibility of exacerbation of allergy by lunar regolith. *Journal of University of Occupational and Environmental Health, Japan UOEH*, 34(3), 237-243. <https://doi.org/10.7888/juoeh.34.237>
- Horg, C.-T., Liu, C.-C., Wu, D.-M., Wu, Y.-C., Chen, J.-T., Chang, C.-J. y Tsai, M.-L. (2008). Visual fields during acute exposure to a simulated altitude of 7620 m. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 79(7), 666-669. <https://doi.org/10.3357/asm.2160.2008>
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (2019). *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz*. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2019.8859679>
- Jernigan, M., Gatens, R., Perry, J. y Joshi, J. (2018). *The next steps for environmental control and life support systems development for deep space exploration*. <http://hdl.handle.net/2346/74222>
- Kennedy, A. R. (2014). Biological effects of space radiation and development of effective countermeasures. *Life Sciences in Space Research*, 1, 10-43. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2014.02.004>
- Kourtidou-Papadeli, C. (2022). Effects of spaceflight on the nervous system. *Handbook of Space Pharmaceuticals* (Y. V. Pathak, M. Araújo dos Santos, L. Zea, eds.; pp. 521-553). Springer.
- La Duc, M. T., Kern, R. y Venkateswaran, K. (2004). Microbial Monitoring of Spacecraft and Associated Environments. *Microbial Ecology*, 47(2), 150-158. <https://doi.org/10.1007/s00248-003-1012-0>
- Lam, C. W., Coleman, M. E. y García, H. D. (1997). *Guidelines for assessing the toxic hazard of spacecraft chemicals and test materials*. NASA-Johnson Space Center.
- Law, J., Young, M., Alexander, D., Mason, S. S., Wear, M. L., Méndez, C. M., Stanley, D., Ryder, V. M. y Van Baalen, M. (2017). Carbon dioxide physiological training at NASA. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 88(10), 897-902. <https://doi.org/10.3357/amhp.4552.2017>
- Lee, P. H. U., Chung, M., Ren, Z., Mair, D. B. y Kim, D. H. (2022). Factors mediating spaceflight-induced skeletal muscle atrophy. *American Journal of Physiology – Cell Physiology*, 332(3). <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00203.2021>
- Ley, W., Wittmann, K. y Hallmann, W. (Eds.) (2009). *Handbook of Space Technology* (vol. 22). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470742433>
- Lovell, J. y Kluger, J. (2006). *Apollo 13*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Man, J., Graham, T., Squires-Donnelly, G. y Laslett, A. L. (2022). The effects of microgravity on bone structure and function. *NPJ Microgravity*, 8(1), 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41526-022-00194-8>
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2019). *NASA Spaceflight Human-System Standard. Volume 2: Human factors, habitability, and environmental health*. NASA.
- Newkirk, D. (1990). *Almanac of soviet manned space flight*. Gulf Pub Co.
- Nicogossian, A. E., Williams, R. S., Huntoon, C. L., Doarn, C. R., Polk, J. D. y Schneider, V. S. (2016). *Space physiology and medicine: From evidence to practice* (4.a ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6652-3>
- Pagel, J. I. y Choukèr, A. (2016). Effects of isolation and confinement on humans-implications for manned space explorations. *Journal of Applied Physiology*, 120(12), 1449-1457. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00928.2015>
- Pérez-Vara, R., Mannu, S., Pin, O. y Müller, R. (2003). *Overview of European Applications of EcosimPro to ECLSS, CELSS, and ATCS*. SAE Technical Paper.
- Perry, J. L. (2017). *Trace contaminant control for the International Space Station's Node 1 – Analysis, Design, and Verification*. NASA Technical Publication.
- Peterson, L. J. (2013). *Environmental Control and Life Support System (ECLSS) System Engineering Workshop*. BiblioGov.
- Petrassi, F. A., Hodkinson, P. D., Walters, P. L. y Gaydos, S. J. (2012). Hypoxic hypoxia at moderate altitudes: review of the state of the science. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 83(10), 975-984. <https://doi.org/10.3357/asm.3315.2012>
- Pickett, L., Connolly, J., Arch, M., Tillman, B. y Russo, D. (2007). *NASA-STD 3001 and the Human Integration Design Handbook (HIDH): Evolution of NASA-STD-3000*. <https://ntrs.nasa.gov/citations/20070017247>
- Pierson, D. L. (2007). Microbial contamination of spacecraft. *Gravitational and Space Research*, 14(2). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11865864/>
- Polyakov, V. V., Lacota, N. G. y Gundel, A. (2001). Human thermohomeostasis onboard “Mir” and in simulated microgravity studies. *Acta Astronautica*, 49(3-10), 137-143. [https://doi.org/10.1016/S0094-5765\(01\)00091-1](https://doi.org/10.1016/S0094-5765(01)00091-1)



- Raichle, M. E. y Gusnard, D. A. (2002). Appraising the brain's energy budget. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(16), 10237-10239. <https://doi.org/10.1073/pnas.172399499>
- Rainford, D. y Gradwell, D. P. (2016). *Ernsting's aviation and space medicine* (5.ª ed). CRC Press; Taylor & Francis Group.
- Ridley, A. H., Shaw, L. A., Brown, C. A., Garr II, J. D., Gavin, L. L., Hornyak, D. M., Matty, C. M., Toon, K. P. y Caradec, P. A. (2022). *International Space Station as a testbed for exploration environmental control and life support systems-2022 Status* [ponencia]. 51st International Conference on Environmental Systems ICES.
- Robinson, J. A., Waid, M. C., Korth, D., Rucker, M. y Renfrew, R. (2019). *Innovative approaches to using the International Space Station as a Mars-transit analog* [ponencia]. International Astronautical Congress.
- Rodeheffer, C. D., Chabal, S., Clarke, J. M. y Fothergill, D. M. (2018). Acute exposure to low-to-moderate carbon dioxide levels and submariner decision making. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 89(6), 520-525. <https://doi.org/10.3357/AMHP.5010.2018>
- Rose, D. (1998). International space station familiarization. En *Progressive Management, Inside the International Space Station (ISS): NASA International Space Station Familiarization Astronaut Training Manual — Comprehensive Review of ISS Systems*. NASA.
- Ryder, V., McCoy, J. y Hayes, J. (2020). *Spacecraft maximum allowable concentrations for airborne contaminants*. NASA. <https://standards.nasa.gov/standard/jsc/jsc-20584>
- Satish, U., Mendell, M. J., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S. y Fisk, W. J. (2012). Is CO<sub>2</sub> an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO<sub>2</sub> concentrations on human decision-making performance. *Environmental Health Perspectives*, 120(12), 1671-1677. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104789>
- Scully, R. R., Basner, M., Nasrini, J., Lam, C.-W., Hermosillo, E., Gur, R. C., Moore, T., Alexander, D. J., Satish, U. y Ryder, V. E. (2019). Effects of acute exposures to carbon dioxide on decision making and cognition in astronaut-like subjects. *NPJ Microgravity*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/s41526-019-0071-6>
- Seedhouse, E. (2020). *Life support systems for humans in space*. Springer.
- Siegel, B., Spry, J. A., Wallace, S. L., Robinson, J. A., Broyan, J. y Mahoney, E. (2022). *Development of a NASA Roadmap for Planetary Protection to prepare for the first Human Missions to Mars* [ponencia]. 44th COSPAR Scientific Assembly, 16-24 July.
- Son, C. H., Zapata, J. L. y Lin, C.-H. (2002). *Investigation of air-flow and accumulation of carbon dioxide in the service module crew quarters*. SAE Technical Paper.
- Stadelmann, K., Latshang, T. D., Tarokh, L., Lo Cascio, C. M., Tesler, N., Stoewhas, A., Kohler, M., Bloch, K. E., Huber, R. y Achermann, P. (2014). Sleep respiratory disturbances and arousals at moderate altitude have overlapping electroencephalogram spectral signatures. *Journal of Sleep Research*, 23(4), 463-468. <https://doi.org/10.1111/jsr.12131>
- Stahn, A. C., Werner, A., Opatz, O., Maggioni, M. A., Steinach, M., Von Ahlefeld, V. W., Moore, A., Crucian, B. E., Smith, S. M., Zwart, S. R., Schlabs, T., Mendt, S., Trippel, T., Koralewski, E., Koch, J., Chouker, A., Reitz, G., Shang, P., Röcker, L., et al. (2017). Increased core body temperature in astronauts during long-duration space missions. *Scientific Reports*, 7(1), 1-8. <https://pub.ub.uni-muenchen.de/50239/>
- Stambaugh, I. C., Baccus, S., Naidis, A. J., Borrego, M., Hanford, A., Eckhardt, B., Allada, R. K. y Yagoda, E. (2013). *Environmental controls and life support system (ECLSS) design for a multi-mission space exploration vehicle (MMSEV)*. 43rd International Conference on Environmental Systems.
- Stapleton, T., Heldmann, M., Schneider, S., O'Neill, J., Samplatsky, D., White, K. y Corallo, R. (2016). *Environmental control and life support for deep space travel*. <http://hdl.handle.net/2346/74271>
- Swenson, E. R. y Bärtsch, P. (2021). The search for a model of high-altitude pulmonary oedema must continue. *Acta Physiologica*, 231(1), e13485. <https://doi.org/10.1111/apha.13485>
- Tanaka, K., Nishimura, N. y Kawai, Y. (2017). Adaptation to microgravity, deconditioning, and countermeasures. *The Journal of Physiological Sciences*, 67(2), 271-281. <https://doi.org/10.1007/s12576-016-0514-8>
- Terhorst, A. y Dowling, J. A. (2022). *Terrestrial analogue research to support human performance on Mars: A review and bibliographic analysis*. <https://downloads.spj-science.org/space/aip/9841785.pdf>
- Thomas, K. S. y McMann, H. J. (2011). *US spacesuits*. Springer Science & Business Media.
- Townsend, L. W. y Fry, R. J. M. (2002). Radiation protection guidance for activities in Low-Earth orbit. *Advances in Space Research*, 30(4), 957-963. [https://doi.org/10.1016/S0273-1177\(02\)00160-6](https://doi.org/10.1016/S0273-1177(02)00160-6)
- Turner, C. E., Byblow, W. D. y Gant, N. (2015). Creatine supplementation enhances corticomotor excitability and

- cognitive performance during oxygen deprivation. *Journal of Neuroscience*, 35(4), 1773-1780. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3113-14.2015>
- Venkat, D., Dhillon, K. y Rowley, J. A. (2021). Effects of high altitude on sleep and respiratory system. *Current Pulmonology Reports*, 10, 103-109.
- Virts, T. (2020). *How to astronaut: An insider's guide to leaving planet Earth*. Workman Publishing.
- Vogt, C., Monai, M., Kramer, G. J. y Weckhuysen, B. M. (2019). The renaissance of the Sabatier reaction and its applications on Earth and in space. *Nature Catalysis*, 2(3), 188-197. <https://doi.org/10.1038/s41929-019-0244-4>
- Williams, D., Dake, J. y Gentry, G. (2012). *International Space Station environmental control and life support system status for the prior year: 2010-2011* [ponencia]. 42nd International Conference on Environmental Systems.

# Estrategias en el manejo de heridos en combate a bordo de las aeronaves militares

| Fecha de recibido: 11 de julio 2022 | Fecha de aprobado: 28 de septiembre 2022 |

| Reception date: July 11, 2022 | Approval date: September 28, 2022 |

| Data de recebimento: 02 de julho de 2022 | Data de aprovação: 28 de setembro de 2022 |

**Cristian Camilo  
Moyano Lesama**

<https://orcid.org/0000-0002-7403-1462>

✉ [cricamotaph@gmail.com](mailto:cricamotaph@gmail.com)

**Tecnólogo en Atención prehospitalaria**

Paramédico militar de vuelo

Fuerza Aérea Colombiana

Colombia

Rol del investigador: teórico y escritura

**Prehospital Care Technologist**

Military flight paramedic

Fuerza Aérea Colombiana

Colombia

Researcher's role: theoretical and writing

**Tecnólogo em Atendimento Pré-Hospitalar**

Paramédico de voo militar

Fuerza Aérea Colombiana

Colombia

O papel do pesquisador: teórico e escrito

**Cómo citar este artículo:** Moyano Lesama, C. C. (2023). Estrategias en el manejo de heridos en combate a bordo de las aeronaves militares. *Ciencia y Poder Aéreo*, 18(1), 25-34. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.762>



## Estrategias en el manejo de heridos en combate a bordo de las aeronaves militares

**Resumen:** Los avances en tecnología militar crecen a pasos agigantados tanto en la obtención de armamento, radares, aeronaves militares y drones, como en el campo de la medicina militar, la cual se enfoca en mitigar el índice de bajas en la evacuación de heridos en combate. La atención de estos combatientes requiere cinco estrategias de intervención oportuna por parte del personal sanitario de la Fuerza Aérea Colombiana, planteadas en este artículo por medio de la recopilación de información con un alto nivel de evidencia científica que garantice las condiciones fisiológicas en vuelo, con lo que se destaca la atención médica prehospitalaria como un pilar importante en la atención de pacientes. Este artículo resalta la importancia en la sinergia entre la aviación militar y las ciencias médicas para garantizar la tasa de supervivencia en las víctimas del conflicto armado integrantes de las Fuerzas Militares de Colombia, a través de los lineamientos doctrinales de la medicina táctica empleada en la fase del *tactical evacuation*. Por lo tanto, aplicar las estrategias expuestas en este artículo y fortalecer las condiciones de atención avanzada en la fase prehospitalaria mejorará las expectativas de vida de los heridos en combate y garantizará el cumplimiento del objetivo de la misión.

**Palabras clave:** ácido tranexámico; acidosis metabólica; diamante de la muerte; evacuación aeromédica; hipotermia; hipovolemia; medicina táctica.

## Strategies in the management of combat casualties on board military aircraft

**Abstract:** Advances in military technology are growing by leaps and bounds both in the development of weapons, radars, military aircraft and drones, as well as in the field of military medicine, which focuses on mitigating the casualty rate in the evacuation of combat wounded. The care of these combatants requires five strategies of timely intervention by the Colombian Air Force health personnel, proposed in this article through the collection of information with a high level of scientific evidence to ensure the physiological conditions in flight, thus highlighting the pre-hospital medical care as an important pillar in patient care. This article highlights the importance of the synergy between military aviation and medical sciences to guarantee the survival rate of victims of the armed conflict who are members of the Colombian Armed Forces, through the doctrinal guidelines of tactical medicine used in the *tactical evacuation* phase. Therefore, applying the strategies presented in this article and strengthening the conditions of advanced care in the prehospital phase will improve the life expectancy of the wounded in combat and guarantee the fulfillment of the mission's objective.

**Keywords:** Tranexamic acid; metabolic acidosis; death diamond; aeromedical evacuation; hypothermia; hypovolemia; tactical medicine.

## Estratégias na gestão de baixas em combate a bordo de aeronaves militares

**Resumo:** Os avanços na tecnologia militar estão crescendo a passos largos, tanto no desenvolvimento de armas, radares, aviões militares e drones, quanto no campo da medicina militar, que se concentra em mitigar o índice de baixas na evacuação de baixas em combate. O cuidado desses combatentes requer cinco estratégias para a intervenção oportuna do pessoal de saúde da Força Aérea Colombiana, conforme delineado neste artigo através da coleta de informações com alto nível de evidência científica para garantir condições fisiológicas em vôo, destacando assim o cuidado médico pré-hospitalar como um importante pilar no cuidado ao paciente. Este artigo destaca a importância da sinergia entre a aviação militar e as ciências médicas para garantir a taxa de sobrevivência das vítimas do conflito armado que são membros das Forças Armadas Colombianas, através das diretrizes doutrinárias da medicina táctica utilizadas na fase de *evacuação táctica*. Portanto, a aplicação das estratégias descritas neste artigo e o fortalecimento das condições de cuidados avançados na fase pré-hospitalar melhorará a expectativa de vida dos feridos em combate e garantirá o cumprimento do objetivo da missão.

**Palavras-chave:** Ácido tranexâmico; acidose metabólica; diamante da morte; evacuação aeromédica; hipotermia; hipovolaemia; medicina táctica.

## Introducción

En el contexto histórico de la guerra en Colombia, se han desarrollado nuevas técnicas y procedimientos en la atención médica prehospitalaria. En los casi sesenta años de conflicto interno, se han adquirido múltiples experiencias en la evacuación de heridos en combate con traumas cada vez más complejos. Requieren, actualmente, una nueva mirada en dirección al fortalecimiento ante las recomendaciones y actualizaciones que van surgiendo para el manejo del paciente con compromiso orgánico por politraumatismos ocasionados por mecanismos de lesión con gran liberación de energía.

Se presentan, a continuación, unas estrategias de atención en trauma militar en la fase de evacuación aeromédica como recomendaciones de alta evidencia científica. Según Camargo *et al.* (2014), el impacto de la atención médica prehospitalaria de los heridos, en la larga guerra irregular de Colombia con guerrillas, narcotraficantes y bandas criminales emergentes, exige garantizar un manejo adecuado y rápido, eficaz y óptimo, con la mayor probabilidad de supervivencia de las víctimas y una rehabilitación satisfactoria. Depende del abordaje inicial en la atención suministrada desde los primeros eslabones de la cadena de supervivencia.

Según las guías del Tactical Combat Casualty Care (Joint Trauma System, 2021), las tres primeras causas de muerte en heridos de combate son las hemorragias exanguinantes en extremidad (61%), los traumas de tórax (33%) y la obstrucción de la vía aérea (31%). Mientras que en Colombia la mayor incidencia en la tasa de mortalidad, según Camargo *et al.* (2014), la tienen el trauma de tórax (34%), el desmembramiento por minas antipersonales (31%) y heridas en cráneo (17%), con “una cifra preocupante de mortalidad inmediata de los heridos en el campo de combate del 32%, así como la ausencia de la atención médica especializada después del evento traumático y el déficit de la logística de transporte médico, con tiempos muy prolongados para la evacuación”.

Las condiciones fisiológicas de vuelo durante el desarrollo de operaciones médicas militares son un gran reto para el personal sanitario de la Fuerza

Aérea Colombiana (FAC). Son mujeres y hombres que se enfrentan día a día a un sin número de situaciones adversas en el teatro de operaciones, tales como: el ambiente hostil, las condiciones meteorológicas, la limitación de recursos y las diversas condiciones atmosféricas, teniendo como resultado la afectación de los pacientes en plataforma. Por lo anterior, se hace importante que este personal conozca y comprenda muy bien concepciones básicas como el “diamante de la muerte”, concepto derivado de la aparición de los cuatro factores que lo componen: la hipotermia, la coagulopatía, la acidosis metabólica y la hipocalcemia. Su detección y tratamiento temprano puede marcar la diferencia entre la vida y la muerte, y mucho más cuando se exponen a un ambiente aeronáutico.

En el contexto de la situación, dentro del teatro de operaciones es común encontrar pacientes con heridas ocasionadas por arma de fuego de alto calibre o por artefactos explosivos improvisados (AEI). Eventos en los que pueden presentar pérdidas sanguíneas de gran proporción en un lapso corto, teniendo como resultado la aparición del *shock* hipovolémico clase III o clase IV, y por consiguiente, la alteración metabólica secundaria a la deficiencia en la entrega adecuada de oxígeno. Así lo describe Salamea (2013), quien hace referencia a la limitación producida por las pérdidas de hemoglobina (vehículo transportador del oxígeno), ocasionando una afectación mayor en el paciente, ya que de la disminución de la volemia se deriva una baja de temperatura (hipotermia) y da lugar a una alteración de la curva de disociación de la hemoglobina en la entrega del oxígeno a los tejidos.

En situaciones fisiológicas normales, por medio del metabolismo aeróbico, las células humanas producen en las mitocondrias 38 moléculas de adenosín trifosfato (ATP), pero en estas condiciones de hipoxia hipóxica el organismo empieza producir tan solo dos moléculas de ATP mediante un metabolismo anaeróbico; una condición que empeora la función celular y de los tejidos, llevando al paciente a una acidosis metabólica e incrementando la producción de ácido pirúvico y ácido láctico.

Ahora bien, en referencia al *Manual de fisiología de vuelo* (FAC, 2010), se debe recordar que, por cada mil

pies de altura, la temperatura disminuye 2 °C y cuando el paciente alcanza temperaturas por debajo de 35 °C, los tiempos de coagulación se ven alterados en 1.5 veces sobre el rango normal, lo que impide la activación del inhibidor del plasminógeno y conlleva a una lisis del coágulo, que como medio compensatorio, se requería para controlar el sangrado, desencadenando así una coagulopatía, situación que empeora con la hipocalcemia secundaria a la pérdida de calcio, un ion importante en la activación de la cascada de coagulación; es por esto que, cada vez que se produce mayor hipotermia en el paciente, se provoca de manera indirecta, un aumento en la pérdida del volumen sanguíneo, más una acidosis metabólica que conlleva a una falla multiorgánica y como desenlace la muerte.

Según lo descrito por Thomas (2015), el estudio de Perel *et al.* (2012) sobre la aleatorización clínica de un antifibrinolítico en la hemorragia significativa (CRASH-2) y el estudio de Morrison *et al.* (2012) sobre la aplicación militar del ácido tranexámico (ATX) en emergencias de reanimación por trauma mostraron que cuando el ácido tranexámico puede administrarse dentro de las tres horas posteriores a la lesión, la mortalidad de los pacientes con lesiones graves, principalmente en cavidad torácica o abdominal, se reduce hasta en 30 % si se acompaña de resucitación con sangre total y en 20 % si solo se administra el ácido tranexámico.

Un segundo estudio CRASH-3, publicado en la revista *The Lancet* (2019), demostró que el ácido tranexámico era seguro y útil de administrar en pacientes con trauma craneoencefálico con escala coma Glasgow leve-moderado, y que por cada veinte minutos de retraso en su administración se limita su efectividad en 10 %, disminuyendo el índice de supervivencia por las lesiones secundarias ocasionadas en este tipo de traumatismo. El estudio ROC-ATX-TBI, publicado por el *Journal of the American Medical Association-JAMA* (Ghasabyan *et al.*, 2020), resaltó la importancia de administrar 2 g de ácido tranexámico en pacientes con trauma craneoencefálico moderado-severo, con al menos una pupila reactiva y una PAS de al menos 90 mmhg, el cual disminuyó en 18 % el índice de mortalidad en los próximos treinta días.

Estas condiciones fisiopatológicas a las que se expone una víctima de trauma derivada del teatro de operaciones requieren la implementación de recomendaciones fundamentadas en la ciencia. Entonces, ¿cuáles serán las mejores recomendaciones para el manejo de los pacientes heridos en combate a bordo de aeronaves militares con la finalidad de garantizar un aumento en la tasa de supervivencia?

## Metodología

El enfoque de este artículo de investigación es interpretativo-cualitativo. Se realizó una búsqueda sistemática en PubMed y MEDLINE utilizando los siguientes términos de búsqueda: evacuación aeromédica, heridos en combate, diamante de la muerte, ácido tranexámico.

Se compararon los resultados para identificar artículos que abordaran los términos de búsqueda, con un análisis temático de diferentes referencias bibliográficas emitidas por asociaciones científicas como el consenso de expertos en trauma militar Joint Trauma System, el comité del Tactical Combat Casualty Care, el Colegio Americano de Cirujanos y el Consenso de Hartford, con evidencia científica de alta fiabilidad en el manejo de heridos en trauma de guerra. Además, se hizo un análisis interpretativo aplicado a las misiones de la FAC, en el contexto misional de la multiplicación de la fuerza.

Es así como el objetivo de este enfoque es establecer cinco estrategias fundamentales para el manejo de pacientes en condiciones críticas, quienes van a ser sometidos a cambios de presión barométrica en vuelo y al impacto en la disminución de las tasas de morbilidad en esta población por parte de las tripulaciones aeromédicas.

## Resultados

Después de una revisión sistemática de la literatura disponible, se revisaron 46 artículos que abordan el

manejo de víctimas heridas en combate en la fase de evacuación aeromédica en aeronaves de ala rotatoria. Se encontraron recomendaciones actualizadas en el manejo de los pacientes que impactan en la tasa de supervivencia, por lo cual se establecen cinco estrategias que disminuyen la tasa de mortalidad. Se evidenció que cuando la aplicación del torniquete se hizo antes de que el paciente se descompensara y entrara en estado de *shock*, la supervivencia fue de 96%; cuando se colocó después de que el paciente presentara *shock*, la supervivencia fue de 4%”.

Los resultados, según Shackelford *et al.* (2017), de hacer la transfusión de productos sanguíneos pre-hospitalarios en cuestión de minutos de la lesión se asociaron a una mayor supervivencia de 24 hrs y 30 días. Así mismo, el reconocimiento de fracturas del anillo pélvico secundario a amputaciones traumáticas al pisar AIE constituye un riesgo del 22% de presentar hemorragia masiva y *shock* hipovolémico clase III y IV en estos pacientes. Su adecuada inmovilización y el uso de cinturón pélvico se asocian a un aumento significativo en la tasa de supervivencia; cuando se adiciona el uso de ácido tranexámico en la primera hora y hasta las tres primeras horas, se reduce la tasa de mortalidad en 20%; y si se administra con hemoderivados, en 30%.

## Primera estrategia

Para hablar de un manejo adecuado de las hemorragias, es importante ahondar en el control oportuno y eficiente según su ubicación. En zonas anatómicas como extremidades, deben ser controladas con un torniquete tipo CAT o SAM-XT, según las recomendaciones descritas por el comité del Tactical Combat Casualty Care (Joint Trauma System, 2021). En la figura 1, se puede apreciar un herido en combate con su prenda militar impregnada de sangre; esta sería una indicación para controlar la hemorragia con un torniquete en la extremidad, justamente entre 5 y 7 cm por encima del sitio de la lesión exanguinante.

Por otro lado, en puntos de unión como el cuello, las axilas o la ingle la recomendación es realizar un empaquetamiento con presión constante en el sitio

por tres minutos. Se pueden usar: i) gasas hemostáticas impregnadas con un componente conocido como Kaolin (arcillas ricas en el mineral caolinita), el cual tiene propiedades absorbentes que provocan una aglutinación de los factores de coagulación, plaquetas y hematíes, favoreciendo la formación de un coágulo estable en gran variedad de heridas; o ii) quitosano (quitosano liofilizado), que es un derivado natural extraído de “la concha de los crustáceos, el cual posee propiedades hemostáticas, que cuando el apósito entra en contacto con la sangre, se vuelve extremadamente pegajoso y se adhiere a la herida sellándola con eficacia, mejorando la función plaquetaria y favoreciendo la formación del coágulo, siendo capaz de controlar incluso hemorragias moderadas y graves” (Ministerio de Defensa del Gobierno de España, 2014, p. 68).

Si se contara con un torniquete de unión como el SAM Junctional Tourniquet (STJ), sería lo ideal para controlar el sangrado en estas regiones. Sin embargo, cuando el orificio de la lesión es profundo puede requerir la utilización de dispositivos como el X-STAT 12 o 30, adicional al iT-Clamp. Este último, según las recomendaciones de las guías del Tactical Combat Casualty Care (Joint Trauma System, 2021), puede ser muy útil en heridas sangrantes en regiones anatómicas como el escapo y en cuello, siendo siempre muy vigilantes del compromiso de la vía aérea o de un hematoma expansivo y en cara. Si la lesión se encuentra cerca de la órbita ocular, debe colocarse a mínimo 1 cm de distancia.

Según Cross *et al.* (2017), las fracturas del anillo pélvico en trauma de guerra son consideradas situaciones de alto riesgo, debido al compromiso hemodinámico que este genera. Si desgarran uno de los grandes vasos que atraviesan esta zona anatómica, albergando toda la volemia de la víctima en esta área, el éxito de estos pacientes dependerá de una adecuada inmovilización por medio de cinturones pélvicos y el uso del ácido tranexámico IV en las tres primeras horas. Se demostró en este estudio que 77 militares que presentaron amputación traumática al pisar un AIE sufrieron fractura pélvica asociada por amputación unilateral (10%), amputación bilateral (30%) y amputación bilateral arriba de la rodilla (39%); en general, en 22% presentaron fractura pélvica.



Figura 1. Palacios (2020). Misión de recuperación de personal. Fuerza de Tarea Conjunta OMEGA.

Fuente: La Macarena-Meta [fotografía].

## Segunda estrategia

La importancia en el manejo adecuado de la vía aérea de un paciente es, precisamente, mantenerla permeable por medio de técnicas manuales como: la tracción mandibular o la elevación del mentón, el uso de accesorios como la cánula nasofaríngea y los dispositivos supraglóticos como la mascarilla de segunda generación tipo i-Gel. Esta última genera un mejor sello en la vía aérea del paciente al estar diseñada con gel en su extremo inferior y al no tener neumotaponador, pues es precisa para mitigar el riesgo de lesión en un paciente que sea sometido a diferentes cambios de presión atmosférica, como se describe en lo establecido por la Ley de Boyle-Mariotte (FAC, 2010). Este tipo de dispositivos de segunda generación limita el riesgo de aerogastría, evita la regurgitación y, como resultado final, disminuye la broncoaspiración, con lo que permite garantizar una adecuada ventilación a presión positiva mediante el dispositivo bolsa-válvula-mascarilla (BVM) con reservorio, que se traduce en un suministro óptimo del volumen corriente, una PEEP entre 5-6 cm de agua y una fracción inspirada de oxígeno para mantener una saturación de oxígeno por encima del 94%, lo cual sería ideal en estos pacientes. Cuando se presenta un trauma maxilofacial y se dificulta mantener

permeable la vía aérea y la ventilación del paciente, se debe recurrir a una cricotiroidotomía quirúrgica.

## Tercera estrategia

El neumotórax a tensión es una de las tres primeras causas de muerte en trauma de guerra, secundario a lesiones por onda explosiva producto del mecanismo de lesión primario y secundario. Entre estas causas se encuentra el neumotórax abierto, que genera una afectación en la integridad de la pared torácica que requiere la colocación de un sello de tórax con válvula unidireccional, el cual inhibe el ingreso de aire en la fase inspiratoria y, a su vez, permite su descompresión en fase espiratoria. La otra causa es un neumotórax a tensión secundario a trauma cerrado de tórax, que genera un colapso cardiovascular por aumento de la presión intratorácica, dado que disminuye la precarga y el volumen minuto cardíaco, con lo cual provoca la caída de la presión de perfusión cerebral y lleva a hipotensión, ingurgitación yugular y disnea.

Uno de los factores que produce la aparición súbita de esta patología traumática es el aumento del volumen de aire contenido en el espacio pleural, secundario a la pérdida de presión barométrica (Ley de Boyle Mariotte). Cuando no se reconoce antes de la evacuación en la aeronave de ala rotatoria, aumenta considerablemente el riesgo de muerte en los primeros minutos de vuelo. Por tanto, es necesario implementar una buena clínica basada en una minuciosa inspección médica prehospitalaria antes del ascenso de la aeronave y durante el crucero, a fin de detectar los cambios fisiológicos en vuelo y, así, realizar la respectiva descompresión del neumotórax a tensión. Esto último, mediante un catéter n.º 14 tipo ARS de 8 cm de longitud, en el quinto espacio intercostal con línea axilar anterior o segundo espacio intercostal con línea media clavicular, por encima de la tercera costilla en el hemitórax afectado.

## Cuarta estrategia

La relación con la reanimación hídrica debe estar basada en el concepto de la *hipotensión permisiva* del



Dr. Cannon en 1918, “donde se debe mantener una tensión arterial que no sea tan baja que no permita perfundir a los órganos, ni tan alta que pueda generar una ruptura del coagulo reactivando el sangrado” (Salamea, 2013). Por tanto, la meta es conseguir una TAS: 90 mmHg o que el paciente recupere su estado de consciencia.

Las guías del Tactical Combat Casualty Care (Joint Trauma System, 2021) recomendaban el uso de expansores de volumen que, a diferencia de los cristaloides, permiten mantener la expansión del sistema cardiovascular por las próximas ocho horas y se requiere administrar tan solo 500 ml de volumen 6% o Hextastarch (Hespan®), en comparación con 3000 ml de cristaloides para mantener una adecuada presión de perfusión cerebral (PPC) = 65 mmHg. Una limitación marcada de los coloides y cristaloides es, precisamente, la deficiencia en el transporte de oxígeno, ya que no cuenta con glóbulos rojos (hemoglobina) para corregir la hipoperfusión tisular. Es debido tener en cuenta que, por su alto costo en el mercado, los coloides no siempre están a la mano; además, algunos coloides generan compromiso de tipo renal y otros pueden generar hipersensibilidad. Por tal razón, la literatura recomienda el uso del lactato de Ringer en cuanto a cristaloides, dada su concentración de Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>, siendo mucho menor en comparación con la solución salina al 0,9%, ya que puede empeorar la acidosis en el paciente y, por ende, llevarlo a una acidosis hiperclorémica después de infundir dos litros. Además, esta solución balanceada contiene lactato, el cual al metabolizarse en el hígado produce bicarbonato (*buffer* amortiguador en la acidosis metabólica), favoreciendo al metabolismo celular.

Con lo anterior, la resucitación agresiva con líquidos endovenosos puede llevar a una coagulopatía por hemodilución de los componentes sanguíneos, inhibiendo el proceso de coagulación y generando un incremento en la presión hidrostática dentro del vaso sanguíneo. Esto aumenta la permeabilidad capilar y, en consecuencia, agrava el estado hemodinámico del paciente, dado que dichos líquidos pasarían al espacio intersticial en 75% durante la primera hora de haber sido administrados, produciendo edema pulmonar. El líquido en el espacio alveolar limita el intercambio

gaseoso de oxígeno por dióxido de carbono a través de la membrana alveolo-capilar. Sin embargo, el Tactical Combat Casualty Care (Joint Trauma System, 2021), en su actualización del 15 de diciembre de 2021, ya no recomienda el uso de cristaloides o coloides para la resucitación hídrica de pacientes con *shock* hemorrágico.

Hoy en día, la medicina basada en la evidencia avala la transfusión, en el ámbito prehospitalario, de sangre total o productos sanguíneos, seguido de la infusión de 10 ml de cloruro de calcio 10% o 30 ml de gluconato de calcio 10%, iv/ío después de haber administrado la primera unidad, con el fin de limitar la aparición de hipocalcemia secundario al aumento en los niveles de citrato en sangre. El estudio PROPPR (Holcomb *et al.*, 2015) evidenció que la reanimación en relación 1:1:1 (plaquetas, plasma, glóbulos rojos) logró la hemostasia en corto tiempo y experimentó una menor cantidad de muertes por exanguinación a las 24 horas. Otros estudios como el PAMPER (Pusateri *et al.*, 2020) evidenciaron que la administración de plasma prehospitalario durante el transporte médico aéreo en pacientes traumatizados con riesgo de *shock* hemorrágico mejora la tasa de supervivencia a las 24 horas y 30 días, disminuyendo el riesgo de morbimortalidad, en comparación con la reanimación con cristaloides.

Según las guías del Tactical Combat Casualty Care (Joint Trauma System, 2021), para pacientes que presenten quemaduras con superficie corporal quemada superior al 20%, se debe emplear el uso de la regla de 10. Esta regla consiste en calcular el porcentaje de la superficie corporal quemada (%SCQ), multiplicando dicho porcentaje x 10 ml/h en adultos de 40-80 kg de peso, y por cada 10 kg por encima de 80 kg se debe aumentar la velocidad de infusión inicial 100 ml/h. El fluido a administrar será el lactato de Ringer vía iv/ío por medio de catéter n.º 18, y en caso de que la víctima también presente *shock* hipovolémico hemorrágico, este último tiene prevalencia sobre la reanimación de la quemadura.

## Quinta estrategia

Entre las recomendaciones importantes por parte del comité del Tactical Combat Casualty Care (Joint

Trauma System, 2021) se incluye la administración de líquidos tibios a una temperatura de 38 °C por medio de calefactores de líquidos intravenosos, los cuales controlan que dicha administración sea segura y brindan una autonomía entre seis y ocho horas, disminuyendo la aparición de la hipotermia y la coagulopatía. Otra recomendación es el uso del *HPMK* (*kit* de prevención de hipotermia), que puede generar una temperatura hasta de 40 °C hasta por ocho horas, razón por la cual no debería colocarse directamente sobre la piel del paciente para evitar riesgo de quemadura.

En caso de que el paciente presente un trauma craneoencefálico, se debe considerar la prevención de cualquier fuente que origine hemorragias sistémicas, ya que la anemia no ayudará a superar la hipoxia. Para esto, use 2 g de ácido tranexámico IV/IO, será una muy buena opción para estos pacientes en las tres primeras horas. En referencia a las guías del Prehospital Trauma Life Support PHTLS (National Association of Emergency Medical Technicians, 2019), se debe prevenir la hipoxia, manteniendo una ventilación asistida de 10 ventilaciones por minuto en adulto para así mantener los niveles de dióxido de carbono espiratorio final ( $\text{EtCO}_2$ ) entre 35 y 45 mmhg, ya que la hipo o hipercapnea lleva a vasoconstricción o vasodilatación y agrava la hipoperfusión cerebral.

La hipotensión no es un buen indicador en un paciente con trauma craneoencefálico. Es por ello que se debe mantener una TAS mínima de 110 mmhg para pacientes entre 15 y 59 años y de 100 mmhg en mayores de 60 años. Se deben garantizar unos niveles adecuados de glucemia (por encima de 40 mg/dl) en el paciente, pues la hipo o hiperglucemia solo agravará el metabolismo a nivel cerebral. Este tipo de pacientes suelen desarrollar edema cerebral; por lo tanto, es ideal el uso de manitol (0,25-1 g/kg), en referencia a lo descrito en las guías del Prehospital Trauma Life Support PHTLS (National Association of Emergency Medical Technicians, 2019), o usar soluciones hipertónicas como la *SSN 3%* para disminuir la PIC, según recomendaciones del Tactical Combat Casualty Care (Joint Trauma System, 2021). Sin embargo, se debe vigilar la diuresis intensiva en estos pacientes, ya que este tipo de soluciones osmóticas puede inducir a hipovolemia y empeora la perfusión

del encéfalo. Además de tener especial cuidado con las soluciones hipertónicas, ya que al pasarlas muy rápido puede generar mielosis pontina.

Es importante mantener una constante vigilancia en la escala de valoración neurológica, en especial si se presentan signos de herniación cerebral como:

1. ECG < 8 o disminución de 2 puntos en la ECG por debajo de la valoración inicial.
2. Focalización del lado opuesto de la lesión.
3. Pupilas anisocorias.
4. Flexión o extensión anormal.

Dado lo anterior, se debe garantizar que durante la evacuación aeromédica la tabla rígida se encuentre a nivel de cabecera, con elevación de 30 ° para disminuir el riesgo de broncoaspiración y el aumento de la presión intracraneal; realizar hiperventilación terapéutica solo mientras disminuye alguno de los cuatro signos especificados antes, aumentando las ventilaciones a 20 por minuto, es decir, una ventilación cada tres segundos. Si las condiciones de seguridad en vuelo para la aeronave de ala rotatoria lo permiten, se deberá descender a una menor altura, ya que es posible que la causa de la herniación sea un neumoencéfalo, secundario a una fractura de tabla ósea en cráneo.

## Conclusiones

Las heridas generadas por los mecanismos de lesión con gran liberación de energía en el teatro de operaciones pueden tener un fuerte impacto en la tasa de mortalidad de las víctimas. Este artículo se centró en el enfoque del abordaje de las lesiones que requieren una intervención rápida y eficaz en la evacuación aeromédica para garantizar la tasa de sobrevivencia.

La primera causa de muerte en trauma de combate son las hemorragias exanguinantes. Por lo tanto, el *gold estándar* (según los estudios revisados en este artículo) se centra en el uso de torniquetes aprobados por diferentes consensos y asociaciones internacionales, así como el uso de agentes hemostáticos.

Garantizar la permeabilidad de la vía aérea en un paciente que ha sido víctima del trauma de guerra, quien es incapaz de mantenerla permeable, es una de las principales maniobras a realizar en el contexto de la evacuación aeromédica, teniendo en cuenta el orden escalonado en el abordaje por medio de diferentes técnicas manuales, accesorios, aditamentos supraglóticos o técnicas quirúrgicas en los casos más críticos.

Las consideraciones de manejo y abordaje en una víctima por mecanismo de lesión, provocada por la expansión de una onda explosiva o heridas por arma de fuego, pueden generar un traumatismo de tórax cerrado o abierto y lesiones de alta incidencia en la mortalidad en esta zona anatómica. Teniendo en cuenta la interacción de las lesiones con los cambios barométricos de presión atmosférica en vuelo, se convierten en un factor deletéreo en la condición médica del herido. La implementación de las estrategias planteadas en este artículo permite una atención segura durante la evacuación aeromédica.

El enfoque de las condiciones fisiopatológicas del trauma expuesto en este artículo permite reconocer las consecuencias de las demandas metabólicas y las fallas multiorgánicas que llevan a la muerte del herido antes de que llegue a un centro hospitalario de referencia para recibir un manejo definitivo. Una de las estrategias que cuenta con una fuerte recomendación es la resucitación con hemoderivados desde el punto de la evacuación aeromédica. El uso de antifibrinolíticos y resucitación balanceada, que se plantea por medio de la hipotensión permisiva, toma relevancia en el contexto operacional para el abordaje de heridos en el teatro de operaciones.

Las condiciones medioambientales del vuelo determinan la baja temperatura del herido en la fase de evacuación aeromédica. Las estrategias para mitigar el impacto de la hipotermia mejoran las condiciones metabólicas y de supervivencia del herido al inhibir la aparición del diamante de la muerte. En conclusión, aplicar las estrategias expuestas en este artículo y fortalecer las condiciones de atención avanzada en la fase prehospitalaria mejorarán las expectativas de vida de los heridos en combate y garantizarán el cumplimiento del objetivo de la misión.

## Referencias

- Camargo, J., Pérez, L. E., Franco, C., Rodríguez, E. y Sánchez, W. (2014). "Plan pantera", trauma militar en Colombia. *Revista Colombiana de Cirugía*, 29(4), 293-304. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2011-75822014000400005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-75822014000400005)
- CRASH-2 Trial Collaborators, Shakur, H., Roberts, I., Bautista, R., Caballero, J., Coats, T., Dewan, Y., El-Sayed, H., Gogichaishvili, T., Gupta, S., Herrera, J., Hunt, B., Iribhogbe, P., Izurieta, M., Khamis, H., Komolafe, E., Marrero, M. A., Mejía-Mantilla, J., Miranda, J., Morales, C., et al. (2010). Effects of tranexamic acid on death, vascular occlusive events, and blood transfusion in trauma patients with significant haemorrhage (CRASH-2): a randomised, placebo-controlled trial. *Lancet*, 376(9734), 23-32. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)60835-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60835-5)
- CRASH-3 Trial Collaborators. (2010). Effects of tranexamic acid on death, disability, vascular occlusive events and other morbidities in patients with acute traumatic brain injury (CRASH-3): a randomised, placebo-controlled trial. *The Lancet*, 394(10210), 1713-1723. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)32233-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)32233-0)
- Cross, A. M., Davis, C., Penn-Barwell, J., Taylor, D. M., De Mello, W. F. y Matthews, J. J. (2014). The incidence of pelvic fractures with traumatic lower limb amputation in modern warfare due to improvised explosive devices. *Journal of the Royal Naval Medical Service*, 100(2), 152-156. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25335309/>
- Ditzel, R., Anderson, J., Eisenhart, W., Rankin, C., DeFeo, D., Oak, S. y Siegler, J. (2019). A review of transfusion — and trauma-induced hypocalcemia: Is it time to change the lethal triad to the lethal diamond? *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 88(1), 434-439. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000002570>
- Holcomb, J. B., Tilley, B. C., Baraniuk, S., Fox, E. E., Wade, C. E., Podbielski, J. M., Del Junco, D. J., Brasel, K. J., Bulger, E. M., Callcut, R. A., Cohen, M. J., Cotton, B. A., Fabian, T. C., Inaba, K., Kerby, J. D., Muskat, P., O'Keeffe, T., Rizoli, S., Robinson, B. R. H., et al. (2015). Transfusion of plasma, platelets, and red blood cells in a 1:1:1 vs a 1:1:2 ratio and mortality in patients with severe trauma: The PROPPR randomized clinical trial. *Journal of the American Medical Association*, 313(5), 471-482. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.12>

- Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (2010). *Manual de fisiología de vuelo*. EPFAC.
- Joint Trauma System. (2021). *Guideline TCCC (Tactical Combat Casualty Care)*. <https://www.deployedmedicine.com/content/40>
- Ministerio de Defensa del Gobierno de España. (2014). *Manual de soporte vital avanzado en combate*. <https://publicaciones.defensa.gob.es/fileuploader/download/download/?d=0&file=custom%2Fupload%2FPDF566.pdf>
- Morrison, J. J., Dubose, J. J., Rasmussen, T. E. y Midwinter, M. J. (2012). Military application of tranexamic acid in trauma emergency resuscitation (MATTERS) study. *Archives of Surgery*, 147(2), 113-119. <https://doi.org/10.1001/archsurg.2011.287>
- National Association of Emergency Medical Technicians. (2019). *Prehospital Trauma Life Support PHTLS* (9.ª ed.). Intersistemas.
- Palacios, J. (2020). *Misión de recuperación de personal. Fuerza de Tarea Conjunta Omega. La Macarena-Meta* [fotografía].
- Perel, P., Prieto-Merino, D., Shakur, H., Clayton, T., Lecky, F., Bouamra, O., Russell, R., Faulkner, M., Roberts, I. y Steyerberg, E. W. (2012). Predicción de muerte temprana en pacientes con hemorragia traumática: desarrollo y validación del modelo de pronóstico. *The BMJ*, 345. <https://doi.org/10.1136/bmj.e5166>
- Pusateri, A. W., Moore, E. E., Moore, H. B., Le, T. D., Guyette, F. X., Chapman, M. P., Sauaia, A., Ghasabian, A., Chandler, J., McVane, K., Brown, J. B., Daley, B. J., Miller, R. S., Harbrecht, B. G., Claridge, J. A., Phelan, H. A., Witham, W. R., Putnam, A. T. y Sperry, J. L. (2020). Association of prehospital plasma transfusion with survival in trauma patients with hemorrhagic shock when transport times are longer than 20 minutes: A post-hoc analysis of the PAMPER and COMBAT Clinical Trials. *Journal of the American Medical Association*, 155(2). <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2019.5085>
- Salamea, J. C. (2013). *Trauma: abordaje inicial en los servicios de urgencias* (5.ª ed.). Salamandra.
- Shackelford, S. A., Del Junco, D. J., Powell-Dunford, N., Mazuchowski, E. L., Howard, J. F., Kotwal, R. S., Gurney, J., Butler Jr., F. K., Gross, K. y Stockinger, Z. T. (2017). Association of prehospital blood product transfusion during medical evacuation of combat casualties in Afghanistan with acute and 30-day survival. *Journal of the American Medical Association*, 318(16), 1581-1591. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.15097>
- Thomas, J. E. (2015, 5 de agosto). *Los beneficios del ATX*. EMS World. <https://www.hmpgloblearningnetwork.com/site/emsworld/article/12072360/revista---los-beneficios-de-atx>

# Tendencias y desafíos en investigación formativa de la seguridad operacional en la Fuerza Aérea Colombiana

Fecha de recibido: 02 de mayo 2022	Fecha de aprobado: 28 de septiembre 2022
Reception date: May 02, 2022	Approval date: September 28, 2022
Data de recebimento: 02 de maio de 2022	Data de aprovação: 28 de setembro de 2022

## Bryan Felipe Ramírez Segura

<https://orcid.org/0000-0003-1562-5479>  
✉ bryan.ramirez@epfac.edu.co

**Magíster en Calidad y Gestión Integral**  
Investigador Maestría en Seguridad Operacional  
Escuela de Postgrados FAC  
Colombia  
Rol del investigador: teórico y escritura  
Grupo de investigación: Cultura Educación y  
Liderazgo en Seguridad Operacional (CELSO)

**Master in Quality and Integral Management**  
Researcher Master in Operational Safety  
Escuela de Postgrados FAC  
Colombia  
Researcher's role: theoretical and writing  
Research group: Culture, Education and  
Leadership in Operational Safety (CELSO)

**Mestrado em Qualidade e Gestão Integral**  
Pesquisador Mestre em Segurança Operacional  
Escuela de Postgrados FAC  
Colombia  
O papel do pesquisador: teórico e escrito  
Grupo de Pesquisa: Cultura, Educação e  
Liderança em Segurança Operacional (CELSO)

## Leidy Gabriela Ariza Ariza

<https://orcid.org/0000-0001-5970-3059>  
✉ leidygabriela@yahoo.es

**Doctora en Educación Ambiental**  
Coordinadora de la Licenciatura en Ciencias  
Naturales y Educación Ambiental  
Universidad Pedagógica Nacional  
Colombia  
Rol del investigador: teórico y escritura  
Grupo de investigación: Cultura Educación y  
Liderazgo en Seguridad Operacional (CELSO)

**Doctor in Environmental Education**  
Coordinator of the Bachelor's Degree in Natural  
Sciences and Environmental Education  
Universidad Pedagógica Nacional  
Colombia  
Researcher's role: theoretical and writing  
Research group: Culture, Education and  
Leadership in Operational Safety (CELSO)

**Doutor em Educação Ambiental**  
Coordenador do programa Lic. Ciências  
Naturais e Educação Ambiental  
Universidad Pedagógica Nacional  
Colombia  
O papel do pesquisador: teórico e escrito  
Grupo de Pesquisa: Cultura, Educação e  
Liderança em Segurança Operacional (CELSO)

## Juan David Pava

<https://orcid.org/0000-0002-1141-7691>  
✉ juandpava@hotmail.com

**Magíster en Educación**  
Docente Investigador  
Universidad ECCI  
Colombia  
Rol del investigador: teórico y escritura

**Master in Education**  
Researcher Master in Operational Safety  
Escuela de Postgrados FAC  
Colombia  
Researcher's role: theoretical and writing

**Mestre em Educação**  
Pesquisador Mestre em Segurança Operacional  
Escuela de Postgrados FAC  
Colombia  
O papel do pesquisador: teórico e escrito

**Cómo citar este artículo:** Ramírez Segura, B. F., Ariza Ariza, L. G. y Pava, J. D. (2023). Tendencias y desafíos en investigación formativa de la seguridad operacional en la Fuerza Aérea Colombiana. *Ciencia y Poder Aéreo*, 18(1), 35-46. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.763>



## Tendencias y desafíos en investigación formativa de la seguridad operacional en la Fuerza Aérea Colombiana

## Trends and challenges in operational safety training research in the Fuerza Aérea Colombiana

## Tendências e desafios na pesquisa de treinamento em segurança operacional na Fuerza Aérea Colombiana

**Resumen:** El artículo pretende realizar un análisis del estado actual de la investigación formativa generada en la Maestría en Seguridad Operacional (Maeso) de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana (EPFAC), con la intención de visualizar los productos académicos y la proyección de los resultados de aprendizaje en el programa desde sus inicios. De igual forma, se busca explicar los elementos que presentan los intereses de los estudiantes y las líneas de investigación actuales, a fin de establecer desafíos en la formación de profesionales especializados. Así mismo, se busca reconocer fortalezas y necesidades de indagación, problemáticas de interés y áreas de estudio que permitan robustecer el campo de estudio de la seguridad operacional en Colombia. Entre los resultados encontrados se interpreta el análisis sociocrítico de las problemáticas del contexto aeronáutico desde la seguridad operacional, y el interés de responder al campo de investigación a partir de investigaciones cualitativas con productos consolidados como programas, protocolos o guías. Se encontró que la mayoría de los trabajos son programas que pretenden prevenir, mitigar y administrar la seguridad operacional en la aviación civil y militar. La línea de investigación de factores humanos ha sido la más amplia fundamentada en su impacto directo en los cargos que ocupan los estudiantes, pero le sigue la gestión de la seguridad operacional con los trabajos que se vienen desarrollando.

**Palabras clave:** educación; investigación formativa; factor humano; formación; seguridad operacional.

**Abstract:** The article aims to analyze the current state of the formative research generated in the Master's Degree in Operational Security (Maeso) of the Graduate School of the Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana (EPFAC), with the intention of visualizing the academic products and the projection of learning outcomes in the program since its inception. Likewise, it seeks to explain the elements that present the interests of the students and the current lines of research, in order to establish challenges in the formation of specialized professionals. It also seeks to recognize strengths and research needs, problems of interest and areas of study that allow strengthening the field of study of operational security in Colombia. Among the results found, the socio-critical analysis of the problems of the aeronautical context from the point of view of operational safety is interpreted, and the interest in responding to the research field from qualitative research with consolidated products such as programs, protocols or guides. It was found that most of the works are programs that aim to prevent, mitigate and manage safety in civil and military aviation. The line of research on human factors has been the most extensive based on its direct impact on the positions held by the students, but it is followed by safety management with the works that are being developed.

**Keywords:** Education; training research; human factors; training; safety.

**Resumo:** O artigo visa realizar uma análise do estado atual da pesquisa formativa gerada no Mestrado em Segurança Operacional (Maeso) da Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana (EPFAC), com a intenção de visualizar os produtos acadêmicos e a projeção dos resultados do aprendizado no programa desde o seu início. Da mesma forma, procura explicar os elementos que apresentam os interesses dos estudantes e as linhas atuais de pesquisa, a fim de estabelecer desafios na formação de profissionais especializados. Também procura reconhecer pontos fortes e necessidades de pesquisa, problemas de interesse e áreas de estudo para fortalecer o campo de estudo da segurança operacional na Colômbia. Entre os resultados encontrados está a análise sócio-crítica dos problemas do contexto aeronáutico a partir da perspectiva da segurança operacional, e o interesse em responder ao campo da pesquisa baseada em pesquisas qualitativas com produtos consolidados, tais como programas, protocolos ou guías. Descobriu-se que a maioria das obras são programas que visam prevenir, mitigar e gerenciar a segurança na aviação civil e militar. A linha de pesquisa de fatores humanos tem sido a mais extensa baseada em seu impacto direto sobre os cargos ocupados pelos estudantes, mas é seguida pela gestão de segurança com o trabalho sendo desenvolvido.

**Palavras-chave:** Educação; pesquisa de treinamento; fatores humanos; treinamento; segurança.

## Introducción

La seguridad operacional se ha convertido en un campo de acción de gran importancia por su funcionalidad; y la necesidad de indagar en este tema tiene el propósito de ejercer operaciones aéreas seguras encaminadas a la protección de la vida. En este sentido, nace la formación específica en esta área de conocimiento, y con el apoyo de la Maestría en Seguridad Operacional (Maeso) de la Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana (Epfac) se han realizado trabajos de investigación que buscan enriquecer la cultura de seguridad, con el fin de mantener las operaciones controladas y bajo una adecuada administración y gestión de los riesgos. Algunas de las propuestas realizadas en el programa están orientadas a fundamentar el factor humano, y desde allí se han formulado conceptos encaminados al entrenamiento, la fatiga del personal, la evaluación de cargas de trabajo y el análisis de eventos bajo metodologías de evaluación y caracterización. Así mismo, se logra enfocar en herramientas que ayudan a la gestión del sistema con apoyo de un componente reactivo Maeso (2019b).

Desde el rol de la Maeso, el presente texto realiza un análisis que contribuye a la construcción de conocimiento en la temática específica de seguridad operacional. Uno de los ejes para este propósito se da mediante la investigación formativa empleada como elemento transversal en cada uno de los resultados de investigación de la Maeso. El tipo de investigación utilizada en este texto es documental, a partir de los reportes que reposan en el programa académico tanto en trabajos de investigación terminados, como en cursos, proyectos de investigación y actividades investigativas formulados desde el programa posgradual. Esto significa que, para los investigadores, las experiencias de accidentalidad provienen de los aspectos formativos, administrativos y normativos.

De acuerdo con el objetivo de las maestrías para Colombia, el Ministerio de Educación Nacional en el Decreto 1330 de 2019 menciona “desarrollar conocimientos, actitudes y habilidades para la solución de problemas disciplinares, interdisciplinarios

o profesionales y/o dotar a la persona de propósitos”. Esto último se relaciona con el caso particular de encontrar soluciones lógicas y objetivas para la resolución de problemas en seguridad operacional en el interior de la FAC, pero que también sean lecciones de aprendizaje extrapolables a la aviación comercial, lo cual se fundamenta en el conocimiento y la experiencia del personal de estudiantes de la maestría y se expresa en el desarrollo tanto de proyectos de investigación como de trabajos de grado, junto con la posterior socialización y difusión de los resultados obtenidos a la comunidad académica y al sector aeronáutico en general.

Entre las preguntas que guiaron esta reflexión relacionada con la formación posgradual en este campo del conocimiento se incluye conocer: ¿cuál es la tendencia de la investigación formativa en la seguridad operacional en la FAC y sus desafíos? La respuesta se halla por medio de la caracterización del estado actual de la investigación formativa en el posgrado en seguridad operacional de la FAC y mediante la interpretación de elementos intertextuales para explicar los intereses de los estudiantes reflejados en los trabajos de grado.

Con el ánimo de dar respuesta a esta pregunta, y partiendo de las características de una investigación documental, se ha realizado —mediante el diseño de una matriz de caracterización de temáticas— la evaluación y categorización de los trabajos de grado presentados hasta el 2021. Se incluyeron documentos terminados y en ejecución por los estudiantes, en los cuales se definieron variables como la línea de investigación, el eje temático, el riesgo y la probabilidad, encaminada a determinar la claridad y los aportes significativos que se hacen a la seguridad operacional desde el programa de posgrado. El empleo de la herramienta Atlas Ti en este proceso investigativo ayudó a codificar y a sistematizar la información, con lo que se determinaron las áreas de conocimiento que estarían involucradas en las líneas de investigación definidas y se estableció que los ejes temáticos mencionados en los lineamientos para la articulación de la investigación (año 2021) están directamente relacionados con los intereses de los estudiantes; incluso, se detectaron conceptos de interés general a ser empleados en las líneas de investigación propuestas.

Antes de iniciar con el análisis de los trabajos de investigación, es necesario aclarar qué es un producto de investigación: es el resultado de un trabajo académico realizado por estudiantes, docentes e investigadores en alguna de las ciencias sociales y las humanidades; algunos ejemplos de productos son: artículos, libros, capítulos de libro, audiovisuales y *podcasts*.

Así mismo, la difusión de los resultados es, quizás, la etapa más importante del ciclo de la investigación; la difusión y comunicación se convierte en un proceso central para dar a conocer el trabajo y nuevos avances en temas de interés. En este sentido, la Maeso pretende plantear un estado del arte de los proyectos de investigación, con el fin de determinar el impacto que estos han tenido como puesta académica del programa y la institución para el contexto académico y laboral de la seguridad operacional. Con este análisis documental, se buscó interpretar el interés de los estudiantes en realizar trabajos de investigación formativa encaminados a impulsar la cultura de seguridad operacional para cada una de las dependencias de la FAC.

Dado lo anterior, se identifica que las líneas de investigación usadas por los estudiantes de la Maeso se enmarcan en la Gestión de la Seguridad Operacional, en la Investigación de Accidentes y en los Factores Humanos. En la tercera línea, se evidencia un gran interés en investigar los factores humanos por su relación directa con la cadena del error en las operaciones aéreas; en la primera línea, se tiene en cuenta la inclusión de nuevas propuestas para la gestión de riesgos, normatividad, planes de prevención y auditorías; por último, la segunda línea se considera como elemento reactivo para la toma de decisiones y es un insu- mo fundamental para la gestión según el aprendizaje de eventos ocurridos. Sin embargo, dentro del análisis de las propuestas investigativas se busca fomentar la proactividad y llevar el sistema a un comportamiento predictivo en la organización.

## Marco referencial

La academia establece como elemento central la investigación, proceso en el que se desarrollan líneas

enfocadas en proyectos. La disciplina académica que desarrolla una facultad se encuentra directamente articulada con la definición del área investigativa y requiere, de ser el caso, la preexistencia de una práctica y de un posicionamiento académico (Flores, 2022). De estas áreas, se desprenden líneas de investigación generalmente integradas por programas, proyectos y subproyectos de investigación.

Con esa articulación, las líneas de investigación involucran los campos de trabajo teórico-práctico en el interior de un área del conocimiento en una disciplina científica en particular. Estas líneas articulan programas y proyectos que se orientan al descubrimiento, la creación, la indagación, la comprensión y la solución de problemas concretos. En este sentido, como lo define Bayle (1995), las líneas de investigación hacen parte de los niveles estratégicos de consolidación de problemas de investigación, que pueden ser un punto de partida desde lo teórico o lo práctico.

A través de las líneas de investigación, se fortalece el trabajo inter y multidisciplinar contribuyendo a la construcción y/o generación de conocimiento. Una de las tareas de la investigación aplicada y formativa en la formación posgradual es articular las líneas con las áreas que constituyen el currículo. En esta dirección, Tamayo y Tamayo explica que “el área de conocimiento es la rama o campo de estudio sobre el cual se realiza docencia e investigación” (2002, p. 106). Los entornos del conocimiento a generarse pueden ser diversos, y el investigador define por medio de proyectos de investigación las fases crecientes y progresivas de la línea, de acuerdo con el personal formado y los aportes al conocimiento específico.

En este sentido, algo importante para comprender la especificidad de las líneas de la Maeso se señala en la siguiente afirmación de Bernal:

El avance o el estancamiento de las diferentes disciplinas y de la ciencia misma dependerá de la capacidad epistemológica que tengan los profesionales de la respectiva disciplina, así como de la capacidad de la propia profesión o campo de conocimiento para reflexionar sobre sí misma y sobre la realidad cambiante de la cual forma parte. (2006, p. 26)



Lo anterior es un hecho considerando la epistemología como la teoría del conocimiento construido por la trayectoria de la línea en función de los investigadores. En esta dirección, el presente texto se convierte en una reflexión acerca de lo que se está generando en la formación de profesionales en seguridad operacional.

La articulación de las líneas de investigación de la Maeso con los programas de la FAC tiene lugar en la función “Sostener la Fuerza” y en el Programa de Autonomía Institucional de la FAC. A su vez, se articula por su objeto de estudio a la Línea Estratégica de Seguridad Operacional. Desde la ontogénesis del programa, su intencionalidad básica es moldear talento humano por medio del desarrollo de habilidades en análisis crítico y resolución de problemas, a través de ejes temáticos específicos de la seguridad operacional, con el fin de propender al desarrollo y a la aplicación de soluciones a problemas específicos operacionales de la FAC. Además, teniendo como base rectora los objetivos de investigación del Modelo de Investigación del Sistema Educativo de la FAC y del Sistema de Ciencia y Tecnología de la FAC.

Desde los inicios de la Maeso, se dispone de dos líneas de investigación: Factores Humanos y Factor Material. Con ellas, se ha buscado

[...] fortalecer la investigación en el área de la seguridad operacional buscando facilitar la comprensión del comportamiento tanto de los factores humanos, como de los materiales aeronáuticos que participan en las operaciones aéreas, con el fin de proponer mecanismos de intervención para la prevención de accidentes. (Epfac, 2021)

Sin embargo, a partir del año 2019 la Maeso ha realizado una actualización de todo su programa académico y con ello se han establecido tres líneas de investigación definidas en Factores Humanos, Gestión de la Seguridad Operacional e Investigación de Accidentes (Maeso, 2019a).

La seguridad operacional se centra en disminuir los riesgos antes de que se conviertan en incidentes o accidentes (Organización de Aviación Civil

Internacional [Oaci], 2013). Por lo tanto, la seguridad operacional aeronáutica es sinónimo de prevención, pues sencillamente se enfoca en anticipar eventos perjudiciales para las operaciones aéreas, apalancada en cifras, en datos estadísticos y en la confiabilidad de componentes antes que fallen; un aspecto muy importante es el error humano. Todo esto ayuda a generar procedimientos y recomendaciones, que se convierten en tomas de decisiones asertivas para evitar incidentes o accidentes.

Sin embargo, a pesar de que han ocurrido eventos catastróficos desde los albores de la aviación militar y civil, el concepto de seguridad operacional tomó muchos años en ser considerado importante, y no solo para el sector aeronáutico. Por ejemplo, en 1921 ocurrieron 361 accidentes graves en 77 000 horas de vuelo, lo cual en las condiciones actuales representa miles de pérdidas humanas (Cusick, *et al.*, 2017). Esto demuestra la reticencia inicial a escala mundial a desarrollar planes de seguridad operacional, y hoy día muchos accidentes se podrían haber evitado. Se confirma además que, aunque la seguridad operacional conlleva costos asociados a personal, procedimientos, normas y operación, siempre será más económica que cualquier accidente.

## Metodología

Desde la investigación formativa en la Maeso, se clasifican los tipos de trabajo de grado desarrollados por los estudiantes, los productos y demás aspectos que contribuyen al campo del conocimiento, alrededor de las líneas de investigación de Factores Humanos, Gestión de la Seguridad Operacional e Investigación de Accidentes.

Con la intención de comprender lo que se ha generado mediante la investigación formativa representada en los trabajos de grado en la Maeso, en este texto se utiliza la hermenéutica para interpretar dialógicamente las investigaciones desde una perspectiva cualitativa que pretende estudiar objetivamente la subjetividad (Packer, 2013), enfrentando paradigmas

establecidos por marcos conceptuales específicos en campos de conocimiento que han sido marcados por la investigación cualitativa.

Se analizaron ocho proyectos de investigación terminados a la fecha del 2021 y setenta trabajos de grado en ejecución, incluyendo las ponencias presentadas en los cuatro coloquios de investigación (2019-2021) realizados en el programa de Maeso. Por medio de una matriz de caracterización de temáticas, se realizó la evaluación y categorización de los trabajos de grado presentados al 2021, en los que se definieron parámetros de referencia como la línea de investigación, el eje temático, el riesgo y la probabilidad.

Dado que el programa es nuevo, se pretende que este trabajo reflexivo permita evaluar la orientación de los resultados de aprendizaje a partir de la experiencia de las primeras cohortes. La investigación es documental mediante el análisis de contenido (López, 2002) presente en los trabajos de investigación de los estudiantes de la Maeso.

Se realizó la categorización a partir de los campos de estudio determinados por el mismo programa desde su fundamentación ante el Ministerio de Educación. En este sentido, las categorías de análisis son: factores humanos, gestión de la seguridad operacional, factores de material e investigación de accidentes. Estas líneas se relacionan con el trabajo de los grupos de investigación reconocidos por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. En la tabla 1, se evidencia la relación:

Tabla. 1.  
Grupos y líneas de investigación de Maeso

Grupo de investigación	Líneas
Cipaer	Factores de Material
Celso	Factores Humanos
	Gestión de la Seguridad Operacional
	Investigación de Accidentes

Fuente: elaboración propia.

En esta misma dirección, se realizó la codificación de la información a partir de tres categorías *a priori*: aporte, producto y objetivo. Otro aspecto de interés en la indagación es reconocer el tipo de investigación que más se destaca en las preferencias de los

estudiantes y cómo estas se relacionan con las líneas de investigación de la Maeso. La técnica de codificación y sistematización de la información se realiza con el *software* Atlas Ti de investigación cualitativa.

## Resultados y discusión

Los trabajos terminados en el periodo de ventana de análisis se organizan teniendo en cuenta la línea de investigación. Se destaca en el cuerpo de análisis la inclinación de los estudiantes por acercarse al tema de investigación a sus campos de acción (cargo que desempeñan). La población estudiantil se puede decir que es multidisciplinar en cuanto a formación y estudios, ya que hay pilotos, inspectores, ingenieros mecánicos, ingenieros aeronáuticos, controladores aéreos y psicólogas, entre otros. Sin embargo, a nivel de desempeño laboral aportan desde su área de trabajo específica a la mejora continua de la seguridad operacional.

Teniendo en cuenta la tabla 1, en la que se mencionan las líneas de investigación que orientan la investigación formativa en la Maeso, se determina que la línea de Factores Humanos, como se evidencia en la tabla 2, es la más fundamentada, tal vez por el acompañamiento directo del grupo de investigación Celso, cuyo interés está en regular e investigar problemáticas de impacto directo en el ser humano e identificar qué componentes influyen en la seguridad operacional.

Tabla. 2.  
Proporción de trabajos de grado por línea de investigación (2019-2021)

Línea de investigación	Cantidad de trabajos desarrollados
Factores de Material	2
Factores Humanos	57
Gestión de la Seguridad Operacional	19
Investigación de Accidentes	0

Fuente: elaboración propia.

Es de mencionar que los proyectos presentados por los estudiantes tienden a responder a necesidades

que presenta la FAC en algunas de sus bases aéreas, lo cual permite la aplicabilidad de los resultados en los procesos diarios que la institución establece. En este sentido, el impacto de la mayoría de las investigaciones ha alcanzado su punto de mayor fortaleza en las habilidades investigativas, con lo que se ha permitido un proceso sistemático entre el componente investigativo y el práctico.

Si bien la expresión “factores humanos” se usa para describir la interacción de las personas con equipos, instalaciones y sistemas de gestión, tales interacciones están movilizadas por un ambiente de trabajo y cultura (Mallard, 2016). Por tal razón, es un componente clave del éxito para la seguridad operacional teniendo en cuenta que las personas son las encargadas de dirigir, recomendar y mantener las operaciones aéreas de manera segura, lo cual hace de esta línea de investigación un gran campo de acción y conocimiento.

Lo descrito no implica que las otras líneas no sean importantes; de hecho, lo son y están muy vigentes, tanto que están interrelacionadas. El desarrollo y las pruebas de nuevas aeronaves ha conllevado procesos de innovación en nuevos materiales plásticos, cerámicos y aleaciones metálicas, y muchos accidentes están ligados a fallas de componentes de los equipos aeronáuticos. Las conclusiones de investigaciones de estos accidentes y las fallas en los parámetros de trabajo de los materiales aeronáuticos se fundamentan en la interpretación de los resultados por parte de un equipo investigador; es decir que las líneas de investigación en seguridad operacional, en su mayoría al final de la investigación realizada, están condicionadas a la valoración del ser humano, por lo cual el factor humano siempre estará presente (Montoya *et al.*, 2017).

Así mismo, la mayoría de las investigaciones de la Maeso son en la línea de factores humanos, independientemente del área de formación disciplinar y laboral del investigador. Un claro ejemplo es que, en los años ochenta, se hacía más énfasis en el desarrollo de competencias técnicas de las tripulaciones, y poco en las no técnicas, lo cual llevaba a un incremento en los errores humanos evidenciado en accidentes o incidentes (Salas *et al.*, 2010). Esto enmascaraba que estos “accidentes” podrían ser por fallas de componentes o

elementos, o por desconocimiento de procesos o falta de gestión, cuando en realidad eran consecuencia de factores humanos.

En la tabla 3, se presenta este panorama alrededor de los trabajos de investigación en la línea de Factores Humanos. Se evidencia que esta temática tiene un gran impacto en los estudiantes y despierta su interés, ya sea por el contexto con el que interactúan en su día a día o por la orientación de asesores técnicos en el programa académico. Esta tendencia se ve en aumento con los trabajos que se encuentran en desarrollo, como se presenta en la figura 1.

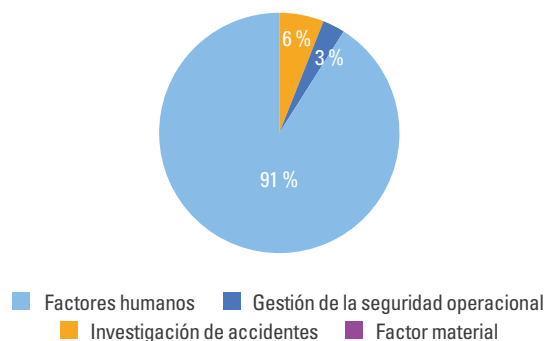


Figura 1. Proyectos de investigación en ejecución año 2021  
Fuente: elaboración propia.

Es un programa nuevo y, en este sentido, el papel de evaluar sus avances contribuye a mejorar sus decisiones y estrategias de acción en la investigación formativa. En la tabla 3, se evidencian proyectos de investigación pertenecientes a diez estudiantes graduados de la Maeso, y de acuerdo con el análisis realizado, se identifica que:

- En su gran mayoría (87,5%), los proyectos suelen enfocarse en solucionar problemáticas generadas en el interior de la FAC, con lo cual se cumple uno de los lineamientos de investigación en cuanto a que todos estos trabajos deben apuntar a generar soluciones dentro de la institución.
- Únicamente el 6% de los proyectos tiene su naturaleza en la línea de investigación de Factor de Material, pues la mayoría de los trabajos se concentra en los factores humanos.

- De los trabajos finalizados de la Maeso, el 3% corresponde a la línea de investigación de Gestión de la Seguridad Operacional. Sin embargo, en el registro de estudiantes en cuanto a su opción de grado se identifica que a partir de la cohorte 5 esta línea de investigación contribuye enormemente a las investigaciones del programa.

De tal manera, se puede analizar que los lineamientos de investigación han impactado directamente la búsqueda de soluciones para las problemáticas institucionales. Se encontró una tendencia clara hacia los factores humanos, por lo cual la renovación del registro calificado propuesto en el 2019 plantea una modificación del plan de estudios para incluir la línea de factor material y abarcar otros campos del conocimiento en seguridad operacional. En la línea de Investigación de Accidentes Aéreos, se podrá mantener el análisis de materiales como un eje temático, además de que el egresado podrá contar con conocimientos básicos en ambas líneas de profundización, lo cual repercute en un mayor espectro de aprendizaje.

Así mismo, en los proyectos de grado en construcción se observa la tendencia a otras líneas de investigación, entre ellas la de Gestión de la Seguridad Operacional, la cual interviene en los programas de prevención, auditoría y administración que están desarrollando los estudiantes, como se muestra en figura 2.

Otra tendencia identificada es que el 70% de los proyectos de investigación son programas orientados a la gestión de la seguridad operacional. El deseo de aportar un producto material hace que los estudiantes se interesen en diseñar herramientas para mejorar la gestión de la seguridad operacional de la aviación militar.

En los trabajos realizados hasta el momento, los estudiantes desarrollan sus investigaciones con la tendencia de trabajar metodológicamente bajo el paradigma sociocrítico; es decir, prefieren realizar caracterizaciones y descripciones, y determinar y especificar aspectos cualitativos en el estudio de factores críticos en las organizaciones de aviación civil y militar. Las investigaciones se inclinan por ser de tipo cualitativo, y algunas plantean interpretaciones bajo el paradigma investigativo mixto para la obtención y análisis de

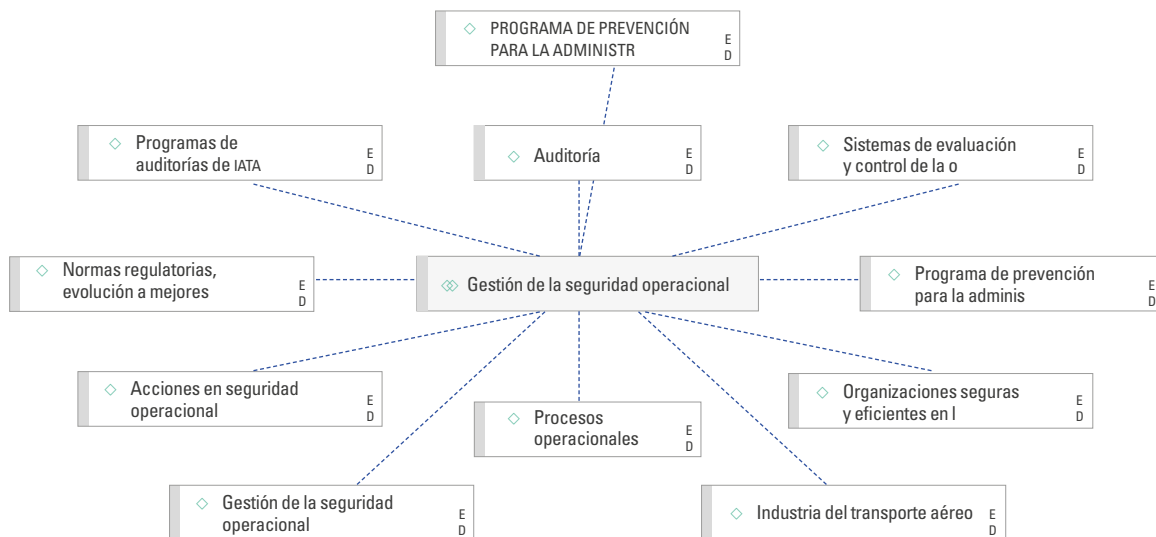


Figura 2. Temáticas que se han trabajado en la investigación formativa en la línea de Gestión de la Seguridad Operacional

Fuente: elaboración propia.

Nota. Esquema representativo del análisis de contenido realizado mediante el *software* Atlas Ti.

la información. Aunque se mantiene el uso de herramientas como cuestionarios y su análisis cuantitativo, también le dan importancia al uso de técnicas como entrevista y trabajo con grupos focales para interpretar los intereses del personal que labora en campos específicos de la aviación. Uno de los elementos a destacar en los trabajos es su fundamentación en los antecedentes, pues se apoyan en rastreos documentales

amplios y en la caracterización de la población que impactará la investigación.

En la tabla 3, se describen los ocho trabajos de grado que han tenido un impacto en los procesos de la FAC en cuanto a la aplicabilidad de las propuestas formuladas, en las cuales se identifican los grandes esfuerzos alcanzados por la seguridad operacional en la generación de una cultura proactiva.

**Tabla 3.**  
Caracterización trabajos de grado Maeso

Título del proyecto	Línea de investigación	Impacto	Tipo de riesgo	Probabilidad (Oaci, 2013)
“Análisis de radiaciones de frecuencia emitidas por los equipos de inteligencia de señales a bordo de la aeronave King FAC-5748” (Uribe, 2019)	Factores humanos	Uribe (2019) concluye que el análisis del espectro de radiaciones arroja una exposición ocupacional a radiaciones no ionizantes por parte de la población objeto de estudio; sin embargo, los efectos en la salud son mínimos y solo se requieren medidas de protección para mitigar la exposición directa.	Físico, psicosocial	Remoto
“El estrés térmico en las actividades de los vuelos de prueba en el Comando Aéreo de Combate No. 4: afectaciones y recomendaciones para su control” (Aponte y Corzo, 2019)	Factores humanos	Se recomienda implementar el índice militar de estrés térmico (FITS) como sistema de control en el Comando Aéreo de Combate N.º 4 y hacerlo extensivo también para las condiciones que presenta el índice de vuelos por debajo de 3000 pies AGL (Aponte y Corzo, 2019).	Psicosocial, fisiológicos	Frecuente
“Propuesta de un procedimiento para la utilización del maletín de vuelo electrónico a partir de la determinación de cargas de trabajo en cabina para los pilotos de helicóptero BELL 212 de CACOM-4” (Rodríguez y Malpica, 2019)	Factores humanos	Se realizó una estandarización de un procedimiento guía para el uso del maletín de vuelo electrónico enfocado directamente en los pilotos del equipo BELL 212 (Rodríguez y Malpica, 2019).	Ergonómico, físico	Remoto
“Programa de prevención para la administración del riesgo por factor técnico, aplicado a la flota de aeronaves T-37B” (Giraldo y Lizcano, 2019)	Factor material	Se determinaron los niveles aceptables de seguridad operacional por factor técnico que permitieron evaluar el desempeño de la flota de aeronaves T-37B desde el 2013 hasta el 2016, el cual se convirtió en un modelo que se puede implementar en aeronaves que presenten condiciones de envejecimiento y exposición al riesgo en la FAC.	Mecánicos, físicos	Ocasional
“Estudio de presencia y afectación del síndrome de <i>burnout</i> en instructores de TH-67, en la Escuela de Helicópteros de las Fuerzas Armadas de Colombia”. (Arboleda <i>et al.</i> , 2019)	Factores humanos	Se pudo determinar que la intensidad del síndrome de <i>burnout</i> en los pilotos instructores es baja. No se encontró asociación entre el síndrome de <i>burnout</i> y la carga laboral administrativa y operativa con las dimensiones del test Maslach de agotamiento emocional, despersonalización y realización personal (Arboleda <i>et al.</i> , 2019).	Psicosocial, ergonómicos	Remoto
“Herramienta de entrenamiento basada en funcionamiento neuropsicológico y fisiológico en operadores de Aeronaves Remotamente Tripuladas SCAN EAGLE de la Fuerza Aérea Colombiana” (López y Corzo, 2019)	Factores humanos	Se determinaron las áreas de mayor activación cerebral durante los controles anuales de los operadores de la aeronave SCAN EAGLE, con lo que se establecieron ejercicios prácticos que buscan activar de forma directa aquellas áreas del cerebro que más se utilizan durante la operación (López y Corzo, 2019).	Psicosocial, fisiológicos	Improbable

Continúa

Título del proyecto	Línea de investigación	Impacto	Tipo de riesgo	Probabilidad (Oaci, 2013)
“Modelamiento del error humano en los pilotos de A29B del Comando Aéreo de Combate No. 2, basado en el modelo HEMA en situaciones de emergencia” (Campo, 2019)	Factores humanos	Campo (2019) concluye que “los pilotos de combate de A-29B poseen un patrón de conducta predecible”, de acuerdo con el modelamiento del error humano (HEMA), “lo que otorga la capacidad de generar planes proactivos que propendan por la mitigación y reducción del error”.	Psicosocial	Remoto
“Plan de acción para la prevención de accidentes aéreos en instrucción de vuelo desde el sistema de clasificación y análisis de factores humanos (HFACS), asociados a la aviación comercial en Colombia como contribución a la seguridad operacional” (Rocha, 2018).	Factores humanos	Rocha (2018) realiza un estudio de los accidentes en la instrucción de vuelo, empleando el modelo HFACS para identificar las causas, los factores contribuyentes y el contexto general. Se determina un plan de acción para operar con altos estándares y con un nivel aceptable de riesgo.	Psicosocial, ambiental	Remoto

Fuente: elaboración propia con base en los autores reseñados.

En la figura 3, se evidencia la intencionalidad de los trabajos de grado en marcha y terminados en contribuir con programas de prevención, mitigación, normatividades y estandarizaciones de procesos de aviación. Aunque los últimos trabajos presentados por los estudiantes están interesados en la formación de los pilotos para mejorar la preparación y regular procesos de seguridad desde la academia.

Aunque hasta el momento la línea de investigación en factores humanos es la más fuerte en la generación de investigación formativa materializada en los trabajos de grado de los estudiantes de la Mae-so, los proyectos de investigación en marcha presentan el interés en otros campos. Así se evidencia en los coloquios como actividad de formación en el proceso de construcción de los trabajos de grado, donde se

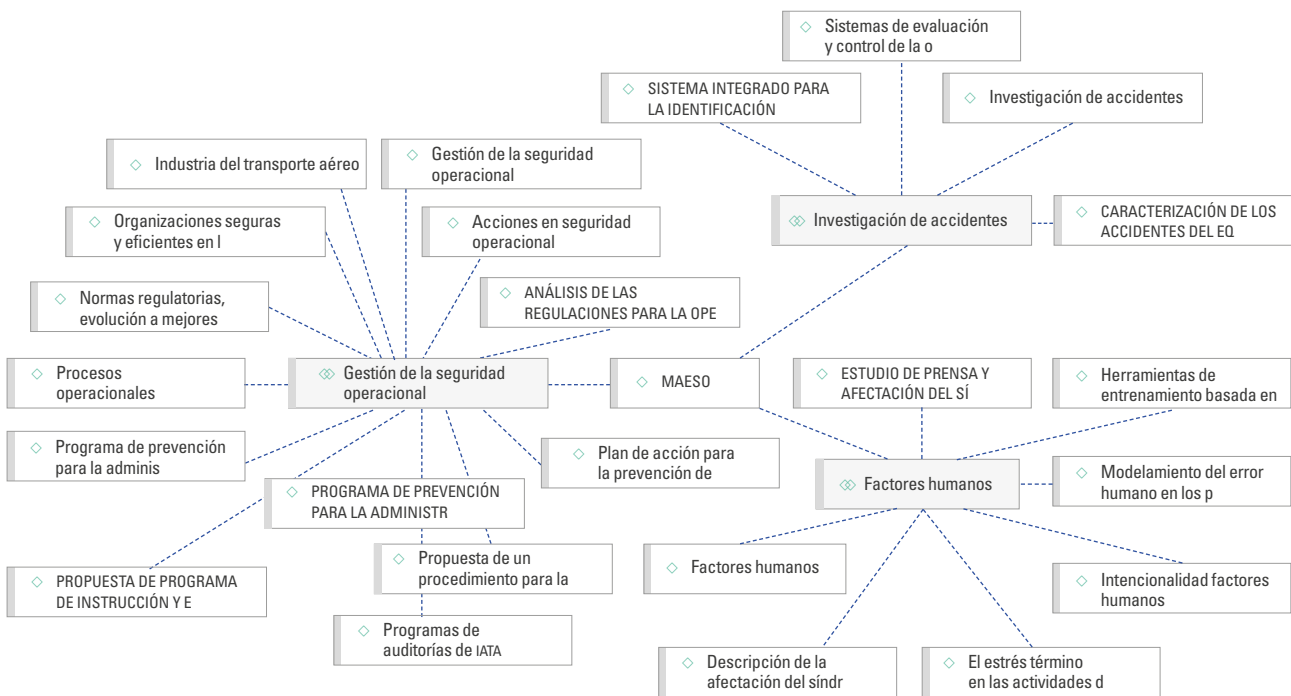


Figura 3. Representación de proyectos de investigación

Fuente: elaboración propia.

Nota. Esquema representativo del análisis de contenido realizado mediante el software Atlas Ti.

someten a la revisión de especialistas y público en general para presentar sus propuestas de investigación. En esta actividad, se identifica el interés de fomentar la gestión de la seguridad operacional y la investigación de accidentes aéreos, como se visualiza en la figura 3. Esto también lleva a pensar en la necesidad de involucrar más profesionales en este tema para orientar a los estudiantes y construir alianzas con instituciones especialistas en estas líneas de investigación.

Así mismo, se identifica que para la línea de investigación en Gestión de la Seguridad Operacional las temáticas responden a las propuestas en los lineamientos para la articulación 2021 de la Epfac, y se denota que, en ella, nuevas oportunidades pueden llegar a establecerse desde el programa, con enfoques en elementos normativos y en la administración hacia planes de prevención que logren implementar una cultura predictiva en materia de seguridad operacional.

Es de mencionar que la línea de Investigación de Accidentes Aéreos es nueva y se encuentra formulada a partir del 2019 (Maeso, 2019a). Esto es producto de la actualización de la renovación del registro calificado del programa, y que —a consideración de la Dirección del programa— es vital y cumple con los criterios básicos de la gestión de la seguridad, partiendo de un elemento reactivo toda vez que los eventos ya han sucedido y se deben emplear medidas de mitigación bajo hechos cumplidos.

## Conclusiones

La tendencia de la investigación desde la formación de magíster en Seguridad Operacional en los últimos años, desde su constitución como programa académico, fundamenta la ontogénesis de ella, porque ha contribuido en la fundamentación de un campo de conocimiento específico dentro de la FAC. Se destaca el riesgo psicosocial, ergonómico e integral y la protección del piloto frente a las condiciones culturales, sociales y ambientales a las que se enfrenta diariamente.

Entre los elementos hermenéuticos interpretados en los trabajos de grado está el interés por la

accidentalidad y su prevención; es decir, por identificar causas, efectos y mitigación del riesgo en contextos diversos, donde los actores involucrados son directamente los estudiantes desde su rol dentro de la FAC. Partiendo también de experiencias internacionales, pretenden proponer nuevas formas de actuar establecidas por ellos en guías, manuales, protocolos o herramientas.

Algunos de los desafíos de la Maeso son: focalizar el campo de acción de las investigaciones y revisar la intencionalidad dentro de cada línea de investigación y la coherencia con los perfiles de los estudiantes que ingresan, ya que el interés es dar respuesta a las problemáticas que identifican en su puesto de trabajo.

## Referencias

- Aponte Díaz, J. L. y Corzo Zamora, M. A. (2019). *El estrés térmico en las actividades de los vuelos de prueba en el Comando Aéreo de Combate No. 4: afectaciones y recomendaciones para su control* [tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana]. Repositorio institucional Epfac. <https://cutt.ly/WV35KkW>
- Arboleda Medina, A., Ramírez, B., Ariza Ariza, L. G., Rodríguez Guerrero, N. I. (2020). Estudio de presencia y afectación del síndrome de *burnout* en instructores de TH-67, en la Escuela de Helicópteros de las Fuerzas Armadas de Colombia. *Revista Ciencia y Poder Aéreo*, 15(2), 6-17. <https://cutt.ly/xV36I9A>
- Bernal Torres, C. A. (2006). *Metodología de la investigación*. Pearson Prentice Hall.
- Bayley, Z. (1995). *La incorporación de la investigación al perfil profesional del pregrado*. Universidad Simón Rodríguez.
- Campo Pérez, D. (2019). *Modelamiento del error humano en los pilotos de A29B del Comando Aéreo de Combate No. 2, basado en el modelo HEMA en situaciones de emergencia* [tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana]. Repositorio institucional Epfac. <https://cutt.ly/2V8qoTA>
- Cusick, S. K., Cortés, A. I. y Rodrigues, C. C. (2017). *Commercial aviation safety*. McGraw-Hill Education.
- Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana (Epfac). (2021). *Lineamientos para la articulación de la investigación*. <https://cutt.ly/oV8tFoi>

- Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (2020). *Manual de investigación para la elaboración de trabajos de grado* (4.ª ed.). Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez. <https://cutt.ly/NV8iQgM>
- Flores, R. C. (2022). Prácticas investigativas en educación ambiental. *Revista Latina de Sociología*, 11(1), 88-113. <https://doi.org/10.17979/relaso.2021.11.1.7179>
- Giraldo Montoya, J. P. y Lizcano Gómez, Y. A. (2018). *Programa de prevención para la administración del riesgo por factor técnico, aplicado a la flota de aeronaves T-37B* [tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana]. Repositorio institucional Epfac. <https://cutt.ly/EV8qWje>
- López Noguera, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. *XXI: Revista de Educación*, (4), 167-180. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=309707>
- Maestría en Seguridad Operacional (Maeso). (2019a). *Documento maestro de la Maestría en Seguridad Operacional*. Epfac.
- Maestría en Seguridad Operacional (Maeso). (2019b). *Proyecto Educativo de Programa*. Epfac.
- Mallard, D. (2016). *The human factor in safety and operations*. EHSToday. <https://www.ehstoday.com/training-and-engagement/article/21917614/the-human-factor-in-safety-and-operations>.
- Presidencia de la República. (2019, 25 de julio). Decreto 1330 de 2019. *Por el cual se sustituye el Capítulo 2 y se suprime el Capítulo 7 del Título 3 de la Parte 5 del Libro 2 del Decreto 1075 de 2015 -Único Reglamentario del Sector Educación*. Diario Oficial 51.025. [https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-387348\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-387348_archivo_pdf.pdf)
- López Páez, G. A. y Corzo Zamora M. A. (2019). *Herramienta de entrenamiento basada en funcionamiento neuropsicológico y fisiológico en operadores de Aeronaves Remotamente Tripuladas SCAN EAGLE de la Fuerza Aérea Colombiana* [tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana]. Repositorio institucional Epfac. <https://cutt.ly/CV8lWfR>
- Montoya Agudelo, C. A., Boyero Saavedra, M. R., Montenegro Velandia, W. Arango Benjumea, J. J. (2017). *El factor humano como elemento competitivo para la organización moderna*. <https://www.escolme.edu.co/wp-content/uploads/2017/03/El-factor-humano-como-elemento-competitivo-para-la-organizacion-moderna.pdf>
- Packer, M. J. (2013). *La ciencia de la investigación cualitativa*. Ediciones Uniandes.
- Organización de Aviación Civil Internacional (Oaci). (2013). *Manual de Gestión de la Seguridad Operacional* (3.ª ed.). <https://cutt.ly/zV8xHwQ>
- Padrón Guillén, J. (2001). El problema de organizar la investigación universitaria. Línea de investigación en enseñanza/aprendizaje de la investigación. *Diálogos Universitarios de Postgrado*, (11), 9-33.
- Rocha Castillo, S. (2018). *Plan de acción para la prevención de accidentes aéreos en instrucción de vuelo desde el sistema de clasificación y análisis de factores humanos (HFACS), asociados a la aviación comercial en Colombia como contribución a la seguridad operacional* [tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana]. Repositorio institucional Epfac. <https://repositorio.crai-fac.com/handle/20.500.12963/435>
- Rodríguez Albán, M. (2012). Líneas de investigación y diálogo en los procesos investigativos en el campo universitario ecuatoriano. *Latinoamérica. Revista de Estudios Latinoamericanos*, (54), 155-181. <http://dx.doi.org/10.22201/cialc.24486914e.2012.54.56478>
- Rodríguez Sossa, J. C. y Malpica, D. L. (2019). Propuesta de un procedimiento para la utilización del maletín de vuelo electrónico a partir de la determinación de cargas de trabajo en cabina para los pilotos de helicóptero BELL 212 de CACOM-4 [tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana]. Repositorio institucional Epfac. <https://cutt.ly/mV8xu0V>
- Salas, E., Maurino, D. y Curtis, M. (2010). Human factors in aviation: an overview. *Human factors in aviation* (E. Salas y D. Marino, eds.; pp. 3-19). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374518-7.00001-8>
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (4.ª ed.). Editorial Limusa.
- Uribe Taborda, A. E. (2019). *Análisis de radiaciones de frecuencia emitidas por los equipos de inteligencia de señales a bordo de la aeronave King FAC-5748* [tesis de maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana]. Repositorio institucional Epfac. <https://cutt.ly/YV8cHaL>



# Detección de pistas aéreas ilegales en imágenes digitales empleando técnicas de inteligencia artificial

| Fecha de recibido: 22 de julio 2022 | Fecha de aprobado: 28 de septiembre 2022 |

| Reception date: July 22, 2022 | Approval date: September 28, 2022 |

| Data de recebimento: 22 de julho de 2022 | Data de aprovação: 28 de setembro de 2022 |

## Carlos Patricio Erazo Yáñez

<https://orcid.org/0000-0002-7427-4042>

✉ [cerazo@fae.mil.ec](mailto:cerazo@fae.mil.ec)

Magíster en Inteligencia Artificial

Mayor

Fuerza Aérea Ecuatoriana

Ecuador

Rol del investigador: teórico y escritura

Grupo de investigación: Tecnologías de Información y Comunicaciones

Master in Artificial Intelligence

Major

Fuerza Aérea Ecuatoriana

Ecuador

Researcher's role: theoretical and writing

Research group: Information and Communication Technologies

Mestre em Inteligência Artificial

Major

Fuerza Aérea Ecuatoriana

Ecuador

O papel do pesquisador: teórico e escrito

Grupo de investigação: Tecnologias de Informação e Comunicação

## Gabriela Alexandra Navarrete Cedillo

<https://orcid.org/0000-0001-7580-5581>

✉ [gancedillo@hotmail.com](mailto:gancedillo@hotmail.com)

Magíster en Inteligencia Artificial

Independiente

Ecuador

Rol del investigador: teórico y escritura

Grupo de investigación: Tecnologías de Información y Comunicaciones

Master in Artificial Intelligence

Independent

Ecuador

Researcher's role: theoretical and writing

Research group: Information and Communication Technologies

Mestre em Inteligência Artificial

Independente

Ecuador

O papel do pesquisador: teórico e escrito

Grupo de investigação: Tecnologias de Informação e Comunicação

**Cómo citar este artículo:** Erazo Yáñez, C. P. y Navarrete Cedillo, G. A. (2023). Detección de pistas aéreas ilegales en imágenes digitales empleando técnicas de inteligencia artificial. *Ciencia y Poder Aéreo*, 18(1), 47-56. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.758>



## Detecção de pistas aéreas ilegales en imágenes digitales empleando técnicas de inteligencia artificial

## Detection of illegal airstrips in digital images using artificial intelligence techniques

## Detecção de tiras de ar ilegais em imagens digitais usando técnicas de inteligência artificial

**Resumen:** El Ecuador es considerado un país de tránsito de actividades de narcotráfico y contrabando. Al ser una problemática actual en la frontera norte y costera del territorio nacional, para estas actividades ilegales se utilizan pistas aéreas no autorizadas donde se transportan sustancias sujetas a fiscalización, dinero, armas, municiones y explosivos.

La investigación se basará en diseñar y desarrollar una metodología de uso mediante técnicas de inteligencia artificial para el análisis y el procesamiento de las imágenes que serán obtenidas de las misiones de reconocimiento que realicen los aviones de la Fuerza Aérea Ecuatoriana. Para el reconocimiento de pistas clandestinas, se utilizará el método de detección de objetos basado en aprendizaje profundo y técnicas de segmentación.

**Palabras clave:** aprendizaje profundo; detección de objetos; inteligencia artificial; pistas de aterrizaje.

**Abstract:** Ecuador is considered a transit country for drug trafficking and smuggling activities. Being a current problem in the northern and coastal border of the national territory, unauthorized airstrips are used for these illegal activities where controlled substances, money, weapons, ammunition and explosives are transported.

The research will be based on the design and development of a methodology using artificial intelligence techniques for the analysis and processing of images that will be obtained from reconnaissance missions carried out by Ecuadorian Air Force airplanes. For the recognition of clandestine airstrips, the yolo deep learning-based object detection method and segmentation techniques will be used.

**Keywords:** Deep learning; object detection; artificial intelligence; runways.

**Resumo:** O Equador é considerado um país de trânsito para atividades de contrabando e tráfico de drogas. Como um problema atual na fronteira norte e costeira do território nacional, são utilizadas pistas de pouso não autorizadas para essas atividades ilegais, onde substâncias controladas, dinheiro, armas, munições e explosivos são transportados.

A pesquisa será baseada no projeto e desenvolvimento de uma metodologia que utiliza técnicas de inteligência artificial para a análise e processamento de imagens obtidas em missões de reconhecimento realizadas por aeronaves da Força Aérea Equatoriana. Para o reconhecimento de pistas clandestinas, será utilizado o método de detecção de objetos baseado no aprendizado profundo yolo e técnicas de segmentação.

**Palavras-chave:** Aprendizagem profunda; detecção de objetos; inteligência artificial; tiras de ar.

## Introducción

El Ecuador, durante muchos años, fue considerado un país de tránsito para actividades ilegales relacionadas con el narcotráfico. Sin embargo, las leyes promulgadas por los gobiernos de turno y una falta de asignación de recursos para el control de estupefacientes durante los últimos diez años han convertido a este territorio en un nuevo punto de producción, almacenamiento y traslado de sustancias sujetas a fiscalización en la región. Todo esto ha brindado amplia expectativa a las mafias criminales, y al ser un país dolarizado, se convierte en una estancia deseada por todas las bandas criminales que operan en los países de Centroamérica.

Producto de una escalada de estas organizaciones delictivas y sus operaciones ilícitas en la región, durante el año 2021 se han registrado hechos de extrema violencia en las principales ciudades del país. Con esto, han saturado los Centros de Rehabilitación Social donde se encuentran las personas privadas de la libertad por narcotráfico y crimen organizado. Es así como los hechos producidos en la Penitenciaría del Litoral de la ciudad de Guayaquil durante septiembre fue considerada la emergencia más grande por crisis carcelaria, con una cifra de 116 reclusos privados de la libertad muertos (*Diario El Universo*, 2021).

Una de las principales causas de esta problemática radica en la lucha del territorio por el control del tráfico de drogas y armas, empleando pistas aéreas clandestinas dedicadas a actividades narcodelictivas en la zona costera del territorio nacional. Aquí, operan dos carteles considerados los más peligrosos de la región, quienes dirigen sus operaciones desde Ecuador. Para la consecución de sus objetivos, estas organizaciones usan un grupo de “ataque” (sicarios) como “Los Choneros”, identificados con el cartel de Sinaloa, y “Los Lobos”, identificados con el cartel de Jalisco Nueva Generación, quienes se disputan un enfrentamiento continuo por el control de estas actividades ilícitas.

Por tal razón, se establece la importancia del trabajo de investigación, el mismo que permitirá la identificación oportuna de pistas de aterrizaje ilegales

empleando imágenes digitales, proporcionadas por las aeronaves de vigilancia y reconocimiento de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE). Los resultados de este trabajo permitieron identificar, mediante imágenes y video, las zonas establecidas para el desarrollo de actividades narcodelictivas. De esta forma, se reducirán las operaciones para el transporte aéreo de armas y estupefacientes que realizan estas organizaciones, con lo cual se contribuye directamente a la percepción de seguridad interna de la población ecuatoriana, así como a mejorar las capacidades de control y destrucción de pistas aéreas ilegales.

## Bases teóricas de conocimiento

“La visión artificial es una rama de la inteligencia artificial cuyo propósito es diseñar sistemas capaces de entender elementos y características de una imagen o escena del mundo real” (Núñez, 2016), siendo relacionada estrechamente con el reconocimiento de patrones y técnicas de procesamiento de imágenes para detectar áreas de interés e identificar y clasificar los objetos encontrados en función de sus características.

La clasificación o el reconocimiento de imágenes consiste en asignar una etiqueta a una imagen, en función de las características de un conjunto definido de categorías. Las “imágenes para estos algoritmos son matrices tridimensionales cuyas dimensiones son ancho, alto y profundidad” (Monroy de Jesús *et al.*, 2019).

Es necesario conocer que el *machine learning* (aprendizaje automático) “es un área de la inteligencia artificial que engloba un conjunto de técnicas que hacen posible el aprendizaje automático a través del entrenamiento con grandes volúmenes de datos” (Russo *et al.*, 2016), y “con el fin de mejorar la eficiencia en el reconocimiento de objetos con imágenes y video, existen modernos algoritmos basados en técnicas de *deep learning* (López *et al.*, 2021).

*Deep learning*, o también conocido como “aprendizaje profundo”, es una de las técnicas más poderosas y de mayor crecimiento de la inteligencia artificial. Realiza el procesamiento de datos mediante redes

neuronales convolucionales (CNN, por sus siglas en inglés), técnica que se utiliza en el algoritmo para la detección de objetos en esta investigación.

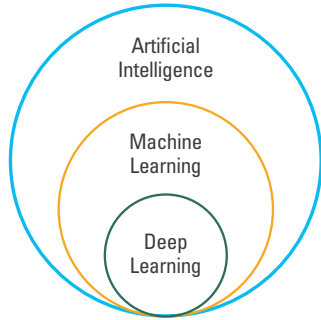


Figura 1. Inteligencia Artificial (AI), Aprendizaje Automático (ML), Aprendizaje Profundo (DL)  
Fuente: Berchane (2018). M2 IESCI.

La CNN es un tipo de red neuronal artificial con aprendizaje supervisado que procesa capas imitando al córtex visual del ojo humano, que usa la identificación de características en las distintas entradas. Para realizar este procedimiento, tiene varias capas ocultas especializadas y con una jerarquía, de tal forma que llegue a las capas más profundas que reconozcan formas complejas como rostros o siluetas de un objeto (Moreira, 2021).

En la detección de objetos como pistas aéreas ilegales se utilizó YOLOv4, un algoritmo de código abierto que está basado en una CNN inspirada en el sistema GoogleNet, usado para la clasificación de imágenes. Está formado por veinticuatro capas *convolutional* y dos capas *fully-connected*, que tienen dimensiones de 1x1 para reducir la profundidad de las anteriores capas (Redmon *et al.*, 2016), como se muestra en la figura 2.

A diferencia de otros sistemas de detección, el algoritmo YOLO establece la detección de objetos como un solo problema de regresión (Sánchez y González-Díez, 2020), directamente desde los píxeles de la imagen hasta las coordenadas del cuadro delimitador. El modelo entrenado solo observa una vez la imagen para predecir qué objetos están presentes y dónde están ubicados (López *et al.*, 2021), con lo cual logra optimizar el tiempo de detección con eficiencia en el procesamiento de imágenes y de video en tiempo real.

## Estado del arte

Existen otros estudios realizados para detección de pistas aéreas clandestinas. En 2017, se desarrolló la investigación “Drone autónoma para identificación de pistas

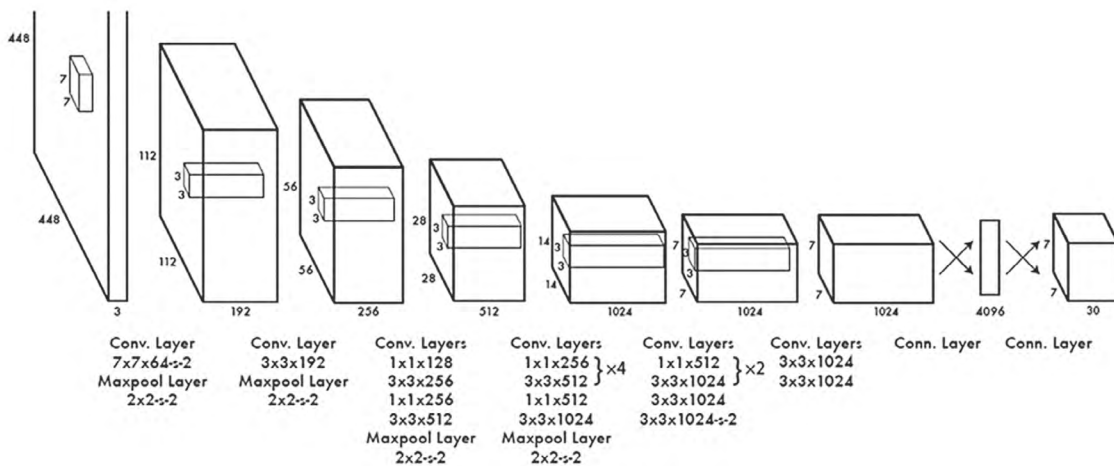


Figura 2. Estructura YOLO  
Fuente: Miranda-Pérez *et al.* (2019).

aéreas clandestinas” (Cedeño-Bravo et al., 2017), en la cual se emplearon drones para la detección de pistas clandestinas en imágenes captadas, previo el ingreso de las coordenadas geográficas al sistema del vehículo aéreo no tripulado (UAV). Las imágenes obtenidas fueron analizadas utilizando el *software* Global Mapper, y una vez procesadas por un grupo de análisis, se determinó si la zona puede ser utilizada como una pista aérea ilegal para realizar despegues y aterrizajes cortos.

Esta investigación permitió continuar con la línea de trabajo futuro propuesto, desarrollando el algoritmo de detección con técnicas de inteligencia artificial para la detección de pistas aéreas ilegales basado en CNN.

Para contrarrestar los resultados obtenidos, las pruebas se realizaron en pistas aéreas previamente identificadas para determinar, con el recurso humano del grupo de análisis, si la zona cumple los requisitos como pista improvisada o clandestina. Mientras que para las pruebas de validación de la presente investigación se utilizaron técnicas de inteligencia artificial mediante un algoritmo de detección. Adicional a esto, se debe considerar que las imágenes obtenidas fueron de zonas rurales y costeras en el año 2021, empleando medios aéreos donde la identificación de pistas aéreas ilegales es de mayor complejidad.

Los resultados obtenidos fueron producto del aumento de la potencia de cómputo, la capacidad de procesamiento en GPU y la disposición de grandes conjuntos de datos convenientemente etiquetados, lo cual impulsa el desarrollo del aprendizaje profundo (Fernández y Paredes, 2019).

Otra mejora propuesta fue la personalización del algoritmo de detección basado en YOLOv4, considerando que se ha logrado un rápido desarrollo de la detección de objetos con CNN y se ha predicho probabilidades superiores al 80% para la detección de pistas aéreas ilegales.

Finalmente, en la personalización del algoritmo se utilizó “*data augmentation*, que es una técnica extendida y muy útil para mejorar los resultados de los sistemas detectores de objetos” (Gutiérrez, 2019). Consiste en crear nuevos datos mediante pequeñas

transformaciones o distorsiones sobre los datos originales, lo cual contribuyó al entrenamiento del modelo con un resultado final del 85,76% de precisión.

## Objetivos y metodología

### Objetivo general

Desarrollar un modelo de aprendizaje profundo con técnicas de inteligencia artificial para la identificación y detección de pistas aéreas clandestinas, utilizando imágenes de reconocimiento de los aviones de la FAE.

### Objetivos específicos

1. Obtener las imágenes digitales de pistas aéreas clandestinas de los aviones de la FAE.
2. Clasificar y etiquetar las imágenes disponibles de pistas aéreas en las imágenes obtenidas.
3. Generar el *dataset* a ser utilizado con las imágenes obtenidas mediante técnicas de *data augmentation*.
4. Determinar el algoritmo de entrenamiento y aprendizaje automático para la detección de pistas aéreas clandestinas.
5. Establecer un modelo de detección de objetos basado en aprendizaje profundo con YOLO para el análisis y el procesamiento de las imágenes.

### Metodología del trabajo

La metodología a seguir está basada en CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining), utilizado para normalizar el proceso de análisis de datos y el descubrimiento de conocimiento por medio del aprendizaje profundo. El propósito es evaluar los entrenamientos hasta obtener un algoritmo deseado validado, evaluando continuamente el modelo y recibiendo una retroalimentación de los resultados obtenidos. Al final, se obtendrá un detector de pistas aéreas clandestinas personalizado.

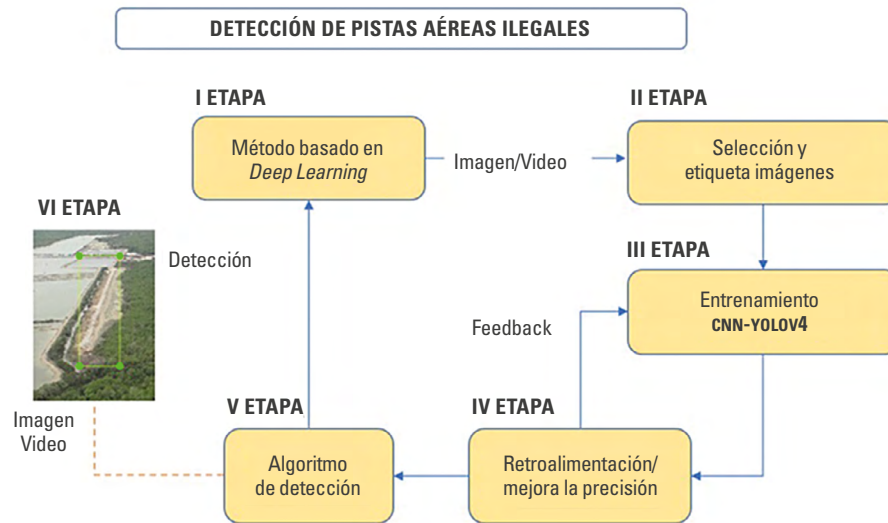


Figura 3. Metodología CRISP-DM

Fuente: elaboración propia.

Cabe manifestar que esta propuesta de metodología se basa principalmente en las seis etapas descritas en la figura 3.

Primera etapa (comprensión del problema): Esta etapa inicial es muy importante, ya que si no se comprenden los objetivos del proyecto a desarrollar, no servirá su aplicación. En esta etapa, se entendió la problemática, se identificaron los requerimientos necesarios y se establecieron los beneficios del desarrollo. Posteriormente, se determinaron los objetivos estableciendo las metas a lograr, buscando obtener un modelo entrenado con una precisión superior al 80 % para establecer la detección de pistas aéreas ilegales en el Ecuador.

Segunda etapa (comprensión de los datos): En esta fase, se realizará la recolección de imágenes de pistas aéreas ilegales disponibles en el Comando de Operaciones Aéreas y Defensa, así como en el Comando Operacional N.º 2 “Occidental”. Así mismo, se define el tipo de imagen y formato para nuestro entrenamiento, que serán imágenes \*.jpg como formato establecido.

Tercera etapa (preparación de datos): En esta fase, se seleccionarán las imágenes que serán consideradas en nuestro *dataset* de entrenamiento, con dos mil imágenes que serán entrenadas. En esta etapa, se

realizará la identificación de las imágenes que se van a utilizar, separando el conjunto de datos para el entrenamiento (80 %), validación (15 %) y pruebas (5 %); así como la personalización del detector yolov4.

La etiqueta de las imágenes disponibles se realizará con la herramienta LabelImg, como se muestra en la figura 4.

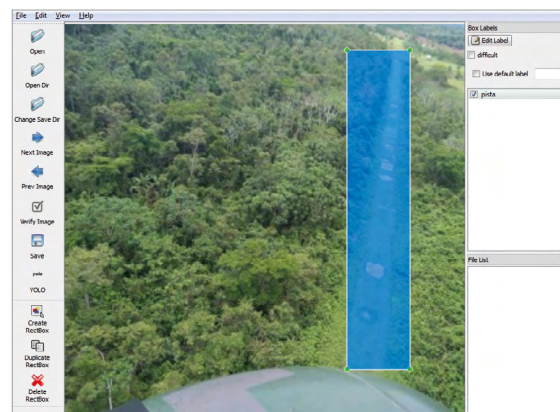


Figura 4. Etiqueta de pista con LabelImg

Fuente: Software LabelImg (2021, 15 de noviembre).

Cuarta etapa (modelado):– En esta etapa, se realiza el entrenamiento de la red neuronal con yolov4, la observación de los pesos obtenidos y la precisión de

detección. Durante la ejecución de esta etapa, se realizarán ensayos con una mejora continua para retornar a la etapa de preparación de datos y corregir el sobreajuste, el código, los parámetros de la red neuronal y las etiquetas de imágenes.

Aquí, se realizó la retroalimentación del entrenamiento aplicando la técnica *data augmentation*, con el fin de obtener una mayor cantidad de imágenes en el entrenamiento, realizando giros y movimientos en las imágenes, oscurecimiento y segmentación, y de corregir el sobreajuste de las imágenes de pistas aéreas ilegales. Esto se repetirá hasta obtener un resultado deseado, evaluando la precisión y pérdida del modelo para obtener 96 000 imágenes para el algoritmo de entrenamiento.

Quinta etapa (evaluación del modelo): En esta etapa, se determinará la eficacia del modelo entrenado con base en el análisis de métricas estadísticas y en la comparación de resultados con informes de inteligencia en la detección de pistas clandestinas. Se verifica con imágenes de prueba que el algoritmo realice la detección de pistas aéreas ilegales, así como se comprueba su efectividad con nuevas imágenes no consideradas en el *dataset*.

Sexta etapa (producción): Una vez creado el modelo para la detección de pistas aéreas ilegales, se ha logrado aumentar el conocimiento de los datos obtenidos. La producción de este modelo estará establecida en el análisis de los datos y los resultados obtenidos en la evaluación.

## Evaluación y resultados

Se realizará la evaluación de una pista aérea ilegal que ha sido construida con material de pavimento asfáltico, con el uso de señalización y mangas de viento.

Este tipo de pistas aéreas están siendo utilizadas sin autorización de las autoridades competentes para el aterrizaje y despegue de aeronaves con gran envergadura. Se comprueba la detección de la pista aérea ilegal con el modelo entrenado, como se muestra en la figura 5.

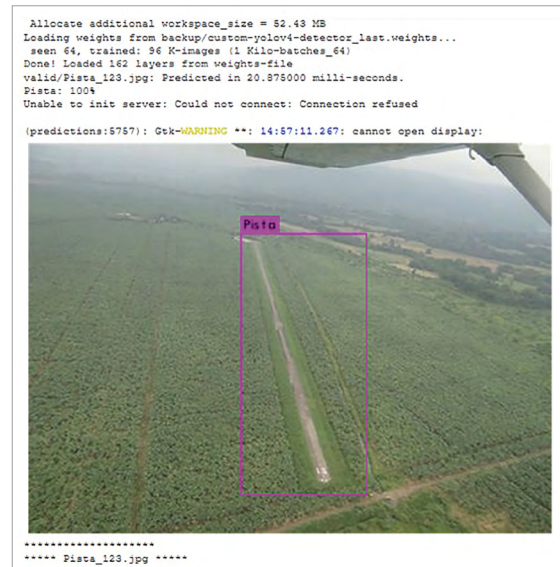


Figura 5. Inferencia de pista aérea ilegal

Fuente: Pista\_123 Colab Pro (2022, 04 de febrero) (Dataset).

Se utilizará una imagen de cultivo en zonas rurales. Se puede visualizar el uso de una pista aérea ilegal que tiene una cabecera señalizada, así como la zona donde puede girar la avioneta para volver a despegar en un área rural con vegetación. Se aplica el algoritmo de detección y se puede visualizar su resultado (figura 6).



Figura 6. Inferencia en zonas rurales

Fuente: Pista\_146 Colab Pro (2022, 04 de febrero) (Dataset).

Así mismo, se puede observar que la detección con el modelo propuesto tiene un porcentaje del 98 %, misma que se realizó en 20,81 milisegundos. Se considera que esta imagen no se encontraba en el *dataset* y fue obtenida de fuentes abiertas para realizar la comprobación del modelo entrenado. Se logró evidenciar la funcionalidad con la evaluación del algoritmo, y estableciendo que puede ser utilizado para la detección de nuevas pistas aéreas ilegales (ver figura 7).



Figura 7. Inferencia con imagen adicional al *dataset*  
Fuente: pista\_nueva2 Colab Pro (2022, 04 de febrero).

Se considera que la mejor precisión del modelo fue del 85,76 %, que es aceptable para el estudio realizado y la comprobación de la metodología aplicada en el modelo de entrenamiento para la detección de pistas aéreas ilegales en el Ecuador.

Para la detección del video en formato \*.mp4, se compiló *darknet* con CUDA y OpenCV, y después se ejecutó el comando `<darknet detector demo>`. Como se puede visualizar, la detección del video se realizó a 50,6 FPS (fotogramas por segundo), que es la frecuencia que muestra las imágenes en la captura de movimiento. Se obtiene así como resultado un nuevo video con la detección de pistas aéreas ilegales, como se muestra en la figura 8.

## Discusión

Finalmente, una vez realizada la evaluación y la comprobación de la metodología propuesta para la detección de pistas aéreas ilegales, se determina que el método basado en *deep learning* de aprendizaje profundo para la generación del algoritmo de detección, mediante la personalización del detector *YOLOv4* y una continua retroalimentación para mejorar la precisión, exactitud y corrección de sobreajuste en el entrenamiento, ha obtenido un modelo con el 85,76 % de precisión para la detección de imágenes y video. De tal modo, cumple con el objetivo de esta investigación y establece su aplicabilidad para contribuir al control y a la vigilancia de pistas aéreas ilegales en el Ecuador.



Figura 8. Inferencia de pista ilegal en video  
Fuente: video *Noticiero Ecuavisa*, 2021

Para esta investigación, se utilizó sobre *YOLOv4* la técnica *data augmentation*, lo cual permitió expandir la cantidad de imágenes disponibles girándolas de forma horizontal, vertical e inclinado. Con el uso de esta técnica, se aplicaron filtros gaussianos y segmentación de imágenes con técnicas de Sobel y Canny, con la finalidad de detectar las líneas y los bordes de pistas aéreas clandestinas y eliminar el ruido cuando existe una mayor vegetación o cuando se encuentra en lugares desérticos. Así, se logró mejorar la cantidad de imágenes



del *dataset*, y esto permitió al modelo detectar pistas aéreas ilegales con características establecidas en zonas rurales y con grandes áreas de vegetación.

Se puede considerar mejorar el modelo de detección de pistas aéreas ilegales, utilizando una mayor cantidad de imágenes en el entrenamiento. Se pueden emplear al menos dos mil imágenes que deberán ser etiquetadas y clasificadas, esto aumentaría la precisión de detección del modelo y mejoraría la precisión en las imágenes.

Es necesario aplicar nuevas versiones de la herramienta de detección YOLO, en razón a que la utilizada en esta investigación fue YOLOv4, lanzada en abril del año 2020. Desde entonces, se encuentra en desarrollo YOLOv5, actualmente liberada, que realiza una excelente detección de objetos y es más eficiente en el razonamiento de velocidad, calificada como una nueva generación de YOLO.

Esta investigación pretende proporcionar un conocimiento inicial sobre las aplicaciones militares que pueden ser desarrolladas con inteligencia artificial en el Ecuador.

## Conclusiones y trabajo futuro

El Comando de Operaciones Aéreas y Defensa “COAD”, a través del Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea “CIDFAE”, así como el Comando de Operaciones N.º 2 “Occidental”, contribuyeron a la obtención de las imágenes digitales de pistas aéreas ilegales. Esta estrategia se hace más recurrente con la escalada de actividades ilícitas en el Ecuador y la necesidad de identificar las pistas ilegales en la región.

Se realizó de forma exitosa la clasificación de las imágenes, ya que no todas las proporcionadas podrían ser utilizadas para la generación de un modelo de entrenamiento, logrando así etiquetar las imágenes de pistas aéreas ilegales mediante el *software* LabelImg.

Se construyó el *dataset* de entrenamiento con dos mil imágenes etiquetadas, separando el conjunto de datos para el entrenamiento con el 80 %, validación con el 15 %, y pruebas con el 5 % del conjunto de imágenes.

Se estableció la metodología CRISP-DM para la detección de pistas aéreas ilegales, con lo que se logró determinar el algoritmo de entrenamiento y aprendizaje automático. Se optimizó el *dataset* de entrenamiento utilizando técnicas de *data augmentation* para incrementar la cantidad de imágenes procesadas.

Se estableció el modelo de detección basado en aprendizaje profundo con YOLOv4, en el que se realizaron continuas mejoras en el código, la precisión y el sobreajuste, obteniendo una precisión del moldeo entrenado del 85,76 % para la detección de pistas aéreas ilegales.

La implementación futura de este algoritmo se establecerá en los Centros de Mando y Control de la Fuerza Aérea, a fin de disponer de la información en tiempo real y la toma de decisiones en seguridad y defensa nacional. Así, se disminuirán las actividades ilícitas derivadas del uso de las pistas aéreas clandestinas.

## Referencias

- Berchane, N. (2018, 16 de abril). *Artificial intelligence, machine learning, and deep learning: Same context, different concepts*. <https://master-iesc-angers.com/artificial-intelligence-machine-learning-and-deep-learning-same-context-different-concepts/>
- Cedeño-Bravo, G., Marcillo-Parra, D. y Pereira, A. (2017). Drone autónoma para identificación de pistas aéreas clandestinas. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies*. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2017.7975951>
- Diario El Universo. (2021, 30 de septiembre). Ecuador entra en la lista de los países con más muertos en motines en cárceles. Redacción Internacional. <https://www.eluniverso.com/noticias/internacional/ecuador-entra-en-la-lista-de-los-paises-con-mas-muertos-en-motines-en-carceles-nota/>
- Fernández Cordeiro, L. y Paredes Palacios, R. (2019). *Desarrollo de dataset personalizado para entrenamiento de YOLO como sistema de detección de objetos en tiempo real, para entorno con brazo robot* [tesis de máster, Universitat Politècnica de València]. Repositorio institucional UPV. <http://hdl.handle.net/10251/115351>

- Gutiérrez Lancho, C. (2019). *Detección de armas en vídeos mediante técnicas de Deep Learning* [tesis de grado, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, Informática y de Telecomunicación]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/2454/33697>
- López Moreno, L. M., Moya Garzón, J. Á., Valoyes Porras, D. M. y Romero Álvarez, F. E. (2021, 21-24 de septiembre). *Sistemas inteligentes autónomos para ejecutar misiones de búsqueda y reconocimiento* [ponencia]. Mujeres en Ingeniería: Empoderamiento, Liderazgo y Compromiso, Universidad El Bosque.
- Miranda Pérez, R., Solano Arias, J. y Méndez Porras, A. (2019). Introducción al aprendizaje automático con YOLO. *Tecnología Vital*, 2(6). <https://revistas.ulatina.ac.cr/index.php/tecnologiavital/article/view/250>
- Monroy de Jesús, J., Reyes Nava, A. y Olmos, F. (2019). Clasificador de plantas medicinales por medio de *deep learning*. *Research in Computing Science*, 148(7), 65-78. <https://doi.org/10.13053/rcs-148-7-5>
- Moreira Ramos, D. L. (2021). *Aplicación de un modelo de reconocimiento de objetos utilizando YOLO (you only look once)*. <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/5755>
- Núñez Sánchez-Agustino, F. J. (2016). *Diseño de un sistema de reconocimiento automático de matrículas de vehículos mediante una red neuronal convolucional* [tesis de máster, Universitat Oberta de Catalunya]. Repositorio institucional uoc. <https://openaccess.uoc.edu/browse?type=author&authority=439af5fa-aedc-4b2e-ad2c-7b790819c592>
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R. y Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 779-788. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>
- Russo, C., Ramón, H., Alonso, N., Cicerchia, B., Esnaola, L. y Tessore, J. P. (2016). *Tratamiento masivo de datos utilizando técnicas de machine learning* [ponencia]. XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación WICC, pp. 131-134. <http://repositorio.unnoba.edu.ar:8080/xmlui/handle/23601/107>
- Sánchez, D. A. y Gonzáles Díez, H. (2020). Algorithms for detection and tracking objects with deep networks for intelligent video surveillance: A review. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 14(3), 165-196.

# Desafíos geopolíticos y nuevos dilemas para las políticas industriales\*

| Fecha de recibido: 25 de julio 2022 | Fecha de aprobado: 28 de septiembre 2022 |

| Reception date: July 25, 2022 | Approval date: September 28, 2022 |

| Data de recebimento: 25 de julho de 2022 | Data de aprovação: 28 de setembro de 2022 |

## Mónica Casalet

<https://orcid.org/0000-0002-6182-9731>

✉ [casalet@flacso.edu.mx](mailto:casalet@flacso.edu.mx)

### Doctora en Sociología del Desarrollo

Docente e investigadora  
Facultad Latinoamericana de  
Ciencias Sociales (Flacso)  
México

Rol del investigador: teórico,  
experimental y escritura

Grupo de investigación: Política Industrial  
y Tecnológica, Desarrollo Regional

### PhD in Sociology of Development

Teacher and Researcher  
Latin American Faculty of Social Sciences  
(Flacso, for its acronym in Spanish)  
México

Role of the researcher: theoretical,  
experimental and writing

Research group: Industrial and Technological  
Policy, Regional Development

### Doutorado em Sociologia do Desenvolvimento

Professor e Pesquisador  
Facultad Latinoamericana de  
Ciencias Sociales (Flacso)  
México

Papel do pesquisador: teórico, experimental e escrito

Grupo de pesquisa: Política Industrial e  
Tecnológica, Desenvolvimento Regional

## Federico Stezano

<https://orcid.org/0000-0001-5450-6339>

✉ [fstezano@gmail.com](mailto:fstezano@gmail.com)

### Doctor en Ciencias Sociales

Docente e investigador  
Colegio de San Luis  
México

Rol del investigador: teórico,  
experimental y escritura

Grupo de investigación: Política Industrial  
y Tecnológica, Desarrollo Regional  
Doctor of Social Sciences

### Teacher and researcher

Colegio de San Luis  
México

Role of the researcher: theoretical,  
experimental and writing

Research group: Industrial and Technological  
Policy, Regional Development

### Doutor em Ciências Sociais

Professora e pesquisadora  
Colegio de San Luis  
México

Papel do pesquisador: teórico, experimental e escrito

Grupo de pesquisa: Política Industrial e  
Tecnológica, Desenvolvimento Regional

\* Artículo de reflexión, desarrollado por miembros fundadores de la Red Temática Convergencia de Conocimiento para Beneficio de la Sociedad y por integrantes del Sistema Nacional de Investigadores de Conacyt-México, especializados en el estudio y análisis de procesos y políticas de desarrollo industrial, ciencia, tecnología e innovación.

**Cómo citar este artículo:** Casalet, M. y Stezano, F. (2023). Desafíos geopolíticos y nuevos dilemas para las políticas industriales. *Ciencia y Poder Aéreo*, 18(1), 57-72. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.759>



## Desafíos geopolíticos y nuevos dilemas para las políticas industriales

## Geopolitical challenges and new dilemmas for industrial policies

## Desafios geopolíticos e novos dilemas para as políticas industriais

**Resumen:** Este trabajo se inserta en la temática de los nuevos procesos técnicos y productivos a la luz de distintas estrategias nacionales para impulsar su crecimiento en la manufactura y la sociedad. En este marco, el objetivo del trabajo es discutir las posibilidades de las nuevas políticas públicas de desarrollo de nuevas tecnologías digitales en la actual coyuntura global, subrayando las posibilidades de posicionamiento de Latinoamérica desde una transformación digital basada en el desarrollo y la formación de capacidades y talentos.

Para alcanzar dicho objetivo, el trabajo sintetiza los desafíos socioeconómicos que impone el fenómeno de la creciente digitalización, sus beneficios y obstáculos, y las respuestas adoptadas por distintos países industrializados y emergentes para promover el avance de las tecnologías digitales y su incorporación tecnoproductiva y social. En segundo término, el trabajo revisa los hechos críticos de coyuntura actual que determinan opciones de rumbos de transformación digital a nivel global: los escenarios pospandemia, los reposicionamientos geopolíticos influenciados por la invasión de Rusia a Ucrania, y las estrategias de los países industrializados en busca del liderazgo tecnológico-global.

El trabajo concluye que la situación actual de crisis e incertidumbre económica y política impide prever los caminos futuros de incorporación de nuevas tecnologías digitales. En la búsqueda por el liderazgo tecnológico-global, los países industrializados adoptan nuevas tecnologías avanzadas (no solo las digitales), alentando a los sectores privados a asumir riesgos crecientes de asimilación de esas tecnologías, y avanzan en nuevos esquemas institucionales y de regulación. En este escenario, el desafío de los países latinoamericanos radica en localizar los nichos tecnológicos donde insertarse y responder a los nuevos desafíos de la formación de talentos y capacidades en la economía y la sociedad, a fin de dinamizar la adopción de las nuevas tecnologías desde la acción coordinada de los distintos grupos de la sociedad, las empresas y el Estado.

**Palabras clave:** políticas; Estado; industrialización; geopolítica; tecnología; gestión.

**Abstract:** This paper is inserted in the topic of new technical and productive processes in the light of different national strategies to promote their growth in manufacturing and society. In this framework, the objective of the paper is to discuss the possibilities of new public policies for the development of new digital technologies in the current global situation, highlighting the possibilities of positioning Latin America from a digital transformation based on the development and training of skills and talents.

To achieve this objective, the paper summarizes the socioeconomic challenges posed by the phenomenon of growing digitalization, its benefits and obstacles, and the responses adopted by different industrialized and emerging countries to promote the advancement of digital technologies and their techno productive and social incorporation. Secondly, the paper reviews the critical facts of the current situation that determine options for digital transformation directions at the global level: post-pandemic scenarios, geopolitical repositioning influenced by Russia's invasion of Ukraine, and the strategies of industrialized countries in search of technological-global leadership.

The paper concludes that the current situation of economic and political crisis and uncertainty makes it impossible to foresee future paths for the incorporation of new digital technologies. In the search for technological-global leadership, industrialized countries are adopting new advanced technologies (not only digital ones), encouraging the private sectors to assume increasing risks of assimilation of these technologies, and advancing in new institutional and regulatory schemes. In this scenario, the challenge for Latin American countries lies in locating the technological niches where to insert themselves and respond to the new challenges of the formation of talents and capabilities in the economy and society, in order to boost the adoption of new technologies from the coordinated action of the different groups of society, enterprises and the State.

**Keywords:** Policies; State; industrialization; geopolitics; technology; management.

**Resumo:** Este trabalho está inserido no tema de novos processos técnicos e produtivos à luz de diferentes estratégias nacionais para promover seu crescimento na manufatura e na sociedade. Dentro desta estrutura, o objetivo do documento é discutir as possibilidades de novas políticas públicas para o desenvolvimento de novas tecnologias digitais no atual contexto global, destacando as possibilidades de posicionamento da América Latina através de uma transformação digital baseada no desenvolvimento e treinamento de habilidades e talentos.

Para alcançar este objetivo, o documento resume os desafios socioeconômicos colocados pelo fenômeno da crescente digitalização, seus benefícios e obstáculos, e as respostas adotadas por diferentes países industrializados e emergentes para promover o avanço das tecnologias digitais e sua incorporação tecnoproductiva e social. Em segundo lugar, o documento analisa os fatos críticos da situação atual que determinam opções para a direção da transformação digital em nível global: cenários pós-pandêmicos, reposicionamentos geopolíticos influenciados pela invasão russa da Ucrânia, e as estratégias dos países industrializados em busca de liderança tecnológica-global.

O documento conclui que a atual situação de crise econômica e política e incerteza torna impossível prever os caminhos futuros para a incorporação de novas tecnologias digitais. Na busca pela liderança tecnológica global, os países industrializados estão adotando novas tecnologias avançadas (não apenas digitais), incentivando o setor privado a assumir riscos crescentes na assimilação dessas tecnologias, e avançando em novos esquemas institucionais e regulatórios. Neste cenário, o desafio para os países da América Latina está em localizar nichos tecnológicos onde se inserir e responder aos novos desafios de talento e capacitação da economia e da sociedade, a fim de impulsionar a adoção de novas tecnologias a partir da ação coordenada dos diferentes grupos da sociedade, das empresas e do Estado.

**Palavras-chave:** Políticas; Estado; industrialização; geopolítica; tecnologia; gestão.

## Introducción

El presente trabajo se inserta en la temática de los nuevos procesos técnicos y productivos a la luz de distintas estrategias nacionales para impulsar su crecimiento en la manufactura y la sociedad. En este marco, su objetivo es discutir las posibilidades de las nuevas políticas públicas de desarrollo de nuevas tecnologías digitales en la actual coyuntura global. Se subrayan las posibilidades de posicionamiento de Latinoamérica desde una transformación digital basada en el desarrollo y la formación de capacidades y talentos.

Los interrogantes que analiza este trabajo se refieren a la continuidad del modelo, especialmente a aquello referido a los nuevos desafíos del escenario geopolítico internacional cada vez más complejo. La invasión de Ucrania por parte de Rusia evidencia las alteraciones imprevistas que constantemente enfrenta la economía global, con consecuencias de competencia geopolítica entre los diferentes países industriales, cuyas derivaciones pesan tanto en el futuro de la digitalización, como en las conformaciones de las alianzas políticas en ciernes.

El contexto de crisis internacional, aunado a los problemas de inflación y desabastecimiento, junto a la disrupción de las cadenas de suministros y los elevados precios del transporte de productos, plantea una serie de preguntas guía para este trabajo: i) ¿qué características asumirán las políticas públicas de desarrollo científico, tecnológico y productivo frente a la difícil situación de la economía internacional agitada por la guerra y sus consecuencias, sumada a la falta de medidas de recuperación de la pandemia de COVID-19 y al agravamiento de la inflación a nivel mundial; ii) ¿qué posibilidades de posicionamiento pueden tener los países latinoamericanos, especialmente los que ya han incursionado en el avance de tecnologías avanzadas?; iii) ¿cómo incentivar la inversión en proyectos que estimulen la transformación digital y consoliden el mejoramiento de los talentos existentes, logrados por el avance de la digitalización?

La velocidad de los cambios tecnológicos propone múltiples desafíos a las políticas públicas, especialmente a la política industrial, la tecnológica y la

educativa, por cuanto suponen la creación de plataformas flexibles, regulación, supervisión y capacidades tecnológicas que renueven el tejido productivo, donde las pymes juegan un papel importante y no pueden quedar excluidas de los beneficios. La coyuntura actual muestra el talento como un bien raro y escaso: cerca del 40% de los jóvenes latinoamericanos por ejemplo no estudian, no siguen una formación y carecen de empleo formal (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [Oce], Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal] y Corporación Andina de Fomento [CAF], 2016). Por su parte, la competencia internacional recurre a medidas como ofrecer altos salarios y condiciones laborales de trabajo vía internet, que permiten recuperar la vida personal y el trabajo en el país de localización tanto como en el exterior. A este respecto, resulta central desplegar estrategias para desarrollar y mejorar el talento del capital humano. Este ámbito supone un espacio de oportunidad y nuevos desafíos que apunten a recuperar talento, a fomentar la formación de capacidades en la sociedad y a promover modalidades de vinculación entre industria, sector público y academia, a fin de coordinar esfuerzos novedosos que transformen comportamientos y conocimientos necesarios para constituir proyectos concretos que respondan a los desafíos de la innovación y la digitalización.

## Digitalización creciente de la economía y la sociedad: nuevos desafíos

### Descripción sintética de la Industria 4.0 y de los procesos de incorporación productiva de nuevas tecnologías digitales

El uso de la tecnología de fabricación digital aún no es gran alcance; gradualmente su aplicación y adecuación provoca cambios en la producción de las grandes empresas. Así como en las pymes que se integran como proveedores, debido a que los desafíos

organizacionales derivados del uso de estas nuevas tecnologías son aún mayores, pues abre nuevas oportunidades para el intercambio comercial, productivo y el desarrollo de emprendedores (Casalet, 2020).

De esta forma, se combina el fortalecimiento de la actividad industrial con la revolución digital (Brettel *et al.*, 2016; Kang *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2014; Roblek *et al.*, 2016; Muhuri *et al.*, 2019; Kagermann *et al.*, 2011; Xu *et al.*, 2018), ya que se satisfacen las necesidades heterogéneas de los clientes y se captan más oportunidades del mercado (Casalet, 2020):

La I4.0 se desarrolla mediante procesos flexibles, basados en la modularidad de la cadena de valor, que permite el manejo de información compleja sobre productos, producción y logística, a través del manejo de estándares y protocolos. Estos facilitan el intercambio entre unidades de la producción que pueden estar localizadas en diferentes lugares. (Casalet, 2020, p. 47)

Al contar con la digitalización, las empresas líderes mejoran sus redes logísticas con respuestas rápidas a la diversificación y a los suministros de productos. El impulso de la digitalización facilita las tendencias contradictorias en la geografía de la producción, ya que no crea nuevas cadenas de valor en sí, sino que integra estructuras existentes que dependen de una variedad de factores como el producto o el sector. La modularidad de los procesos conlleva la sustitución del conocimiento anteriormente tácito por el desarrollo de estándares patentados para el intercambio de la información (Sturgeon, 2019; Butollo, 2020).

Potencialmente, todos los países, las empresas y los mercados se ven afectados por la transformación digital; pero “no todos los países innovan de la misma manera, ni cuentan con infraestructuras y consensos sociales para generar confianza e información para que las personas y las organizaciones gestionen los riesgos de seguridad y privacidad digital” (Casalet, 2020, p. 47). La expansión de la industrialización digital dejó claro que su desarrollo no se trató solo de avances técnicos, sino que también involucró una acción coordinada de las políticas gubernamentales y los mercados. La documentación de la experiencia

empírica de los diferentes países en el uso de las tecnologías digitales permitió el acceso y la evaluación de las condiciones favorables para el uso, referidas tanto a la infraestructura de comunicación, servicios y datos, como a las nuevas regulaciones y equilibrios en el empleo y las mejoras de las capacidades técnicas. Además, asumió los retos derivados en la seguridad de la información, la fiabilidad y la integración convertidos en los principales cuellos de botella para diseñar y procesar la integración productiva de la Industria 4.0 (en adelante, I4.0).

El análisis bibliométrico en el campo emergente de la I4.0 (Muhuri *et al.*, 2019) documenta el crecimiento de las investigaciones a lo largo de los años sobre estas tendencias, tales como la aplicación, los efectos, los desafíos a futuro y la estandarización de los procesos para asegurar una visión estratégica de la I4.0. Las investigaciones realizadas en diferentes países industrializados y en algunos países emergentes (Argentina, Brasil y México) avanzaron en conceptualizar la complejidad del nuevo modelo, enfatizando los cambios del paradigma sociotécnico y las formas de gobernanza tentativas para asegurar los cambios: arreglos interinstitucionales, y coordinación entre actores públicos y privados (Casalet, 2018, Motta *et al.*, 2020; Carmona *et al.*, 2020; Maggi *et al.*, 2020; Casalet y Stezano, 2021;).

La intensidad de la coordinación interinstitucional para el desarrollo del modelo I4.0 está relacionada con la historia productiva de los países, así como la cercanía comunicacional cosechada entre las diferentes instituciones y actores en la difusión de políticas. Los países industrializados, con un diálogo más consolidado entre los diferentes actores, articularon arreglos institucionales formales e híbridos para orientar estrategias puentes en la transición analógica a digital, con lo que crearon instituciones, plataformas multiactor para información, expansión del uso de las tecnologías avanzadas, y colaboraciones interinstitucionales para reducir los obstáculos y conflictos en la aplicación. En los países latinoamericanos más desarrollados, en la mitad de la década de los 2000 se perfiló la preocupación sobre el futuro de las tecnologías avanzadas en la industria de exportación (automotriz, aeronáutica, dispositivos médicos, agroindustria) tanto en

las discusiones académicas, como en el diseño de las agendas de políticas industriales y de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI).

La búsqueda de información sobre experiencias internacionales inició una red de intercambios entre fabricantes de equipo original, clústeres y cámaras empresariales sectoriales y centros tecnológicos para sistematizar los logros obtenidos en los programas de despegue del modelo I4.0, ya sea en las empresas o en las políticas industriales, educativas y de difusiones elaboradas por los países desarrollados. Así, por ejemplo, la industria automotriz de Latinoamérica, que fue pionera en introducir nuevos métodos organizacionales, como *enterprise resource planning*, *lean manufacturing* y *Six Sigma*, cuenta con una preparación para explotar los beneficios del modelo I4.0 dado el nivel de madurez alcanzado por empresas localizadas en Argentina, México y Brasil. La industria sigue teniendo un rol central como dinamizador económico y, pese a algunas señales de desindustrialización temprana, aún

concentra el 12,8% del empleo en América Latina y el Caribe (ALC) y el 12,6% del PIB. En México, estas cifras son de 16,6 y 17,3%, respectivamente, mientras que en Argentina alcanzan 18,8 y 18,7% respectivamente (Grosman *et al.*, 2021).

Las características de los procesos de incorporación digital en las empresas, la economía, las capacidades técnicas y organizacionales, y las acciones de gobernanza y de diseño de políticas públicas se resumen en la tabla 1. Esta sintetiza los beneficios y los obstáculos que implica la adopción productiva de nuevas tecnologías digitales en cuatro niveles de análisis: i) los procesos organizacionales al nivel de la empresa; ii) los desempeños técnicos de los procesos productivos; iii) las capacidades técnicas consideradas, como la incorporación de saberes técnicos y la formación de procesos de aprendizaje; y iv) las implicaciones de gobernanza a través de acciones público-privadas de coordinación vía políticas públicas a nivel técnico, productivo, educativo y social.

Tabla 1.  
Beneficios y - de la digitalización industrial

Nivel analítico	Dimensiones	Beneficios	Obstáculos
Procesos organizacionales de la firma	Eficiencia de los procesos	Visibilidad	Deficiencias presupuestarias que limitan la inversión, dados los elevados montos y costos operativos requeridos para adoptar las nuevas tecnologías digitales
		Acceso a la información	
		Reducción de barreras comerciales tradicionales	
		Mejoras en las transacciones financieras	
		Mejor desempeño organizacional	
Nuevos esquemas de gestión y modelos de negocios	Nuevos esquemas de gestión y modelos de negocios	Generación de nuevos modelos de negocio, servicios y productos especializados	Dificultades para aprovechar las potencialidades de las tecnologías digitales para reformular su modelo de negocio
		Nuevos modelos de gestión: diseño, producción, <i>marketing</i> , venta de productos y gestión de datos	
Insumos que fundamentan los procesos de toma de decisión	Insumos que fundamentan los procesos de toma de decisión	Acceso a mejor información para la toma de decisiones, lo cual posibilita un posicionamiento estratégico personalizado en la clientela	Desconocimiento de las ventajas de la digitalización
		Vinculación con canales de <i>marketing</i> que, en tiempo real, recogen percepciones de la demanda y retroalimentan el desarrollo de la firma	

Continúa

Nivel analítico	Dimensiones	Beneficios	Obstáculos
Desempeño técnico en los procesos productivos de la organización		Mayor productividad	La seguridad de los datos
		Mayor eficiencia y efectividad	
		Ahorro en tiempos y costos productivos	La preocupación por la privacidad
		Nuevas soluciones de manufactura y fabricación	
		Acceso a información en tiempo real sobre el proceso productivo	Información insuficiente sobre las normas digitales
		Aumento en las probabilidades de predecir problemas	
		Acceso a mayores instrumentos de flexibilidad en la calidad y la oferta	Problemas de conexión
Capacidades dinámicas: saberes técnicos y procesos de aprendizaje en los procesos de adopción tecnológica		Adquisición de conocimiento	Incapacidad de comprender las tecnologías de Internet
		Vinculaciones en redes de colaboración	
		Reorganización de estrategias de innovación para añadir valor a productos y servicios	Falta de empleo calificado
Acciones de gobernanza		Coordinación público-privada para generar un ambiente colaborativo e informar sobre efectos e impactos tecnológicos y productivos, así como favorecer la integración de pymes	Descoordinación interinstitucional que obstaculiza la formación de redes dinámicas de aprendizaje productivo e innovación tecnológica
		Educación y formación de distintos grupos sociales para acceder a los beneficios de la digitalización	Ausencia de respuestas del sector público en la coordinación de políticas Conductas oportunistas en los sectores empresariales con escaso interés en innovar y centrados en mantener apoyos financieros

Fuente: elaboración propia con base en: Bär *et al.* (2018); Warner y Wäger (2019); Guo *et al.* (2020) y Ulas (2019).

## Incorporación productiva de las nuevas tecnologías digitales: respuestas nacionales en países industrializados y emergentes de ALC

Ante los nuevos desafíos que impone el cambio de paradigma en las estrategias de industrialización a partir del creciente peso de las nuevas tecnologías digitales en la producción, los Gobiernos nacionales han desarrollado múltiples estrategias en las que combinan medidas de política industrial, de política científico-tecnológica y de innovación. Los ritmos y las estrategias de adopción de medidas nacionales han sido distintos entre los países industrializados y los emergentes, que en muchos casos ante la ausencia de una definición clara de visión de desarrollo económico y

política industrial a mediano y a largo plazo, diseñan apoyos al desarrollo de nuevas tecnologías y su incorporación productiva de forma discontinua. En cambio, los países industrializados han articulado estrategias nacionales aunadas a una perspectiva coordinada de desarrollo productivo y económico, en la que ha cumplido un rol central el énfasis a la formación y el desarrollo de capacidades y talentos de organizaciones y trabajadores, y de asociaciones público-privadas.

La tabla 2 ilustra este proceso seleccionando el tipo de estrategia de política pública que, en los últimos años, han implementado países industrializados y emergentes en el desarrollo de las estrategias de industrialización con nuevas tecnologías avanzadas y, consecuentemente, en la estructura institucional que impulsa el proceso.



Tabla 2.

Estrategias nacionales de política pública de apoyo al desarrollo de nuevas tecnologías digitales y su incorporación en el ámbito productivo: países seleccionados

País	Tipo de estrategia	Énfasis críticos/buenas prácticas
Alemania	2006: <i>High Tech</i> impulsó IoT en alianza entre la industria y la Acatech, DFKI, BMBF y BMWI <sup>1</sup>	Investigación público-privada para el desarrollo de la I4.0 Papel destacado de BMBF y de BMWI en la formación de redes de I&D para manufactura digital, cadenas de valor y modelos de negocio
	2020: Estrategia de alta tecnología en acuerdo público-privado para integrar sistemas ciberfísicos 2025: <i>High Tech</i> para aumentar la inversión en I&D	Impacto de la invasión rusa a Ucrania en las prioridades del Gobierno, la urgencia es reducir las importaciones de petróleo y gas rusos. Efectos en la población por el aumento de costos e inflación desatados por la guerra que ha llevado a la desaceleración económica pospandemia
Reino Unido	2019: Agenda nacional para el crecimiento pos-Brexit	Promover la digitalización industrial <i>Mix</i> de políticas industriales horizontales y misiones de innovación
	2021: Build Back Better	Creación de Centros Catapult para apoyar a la industria y las pymes en colaboración industria-universidades
	Made Smarter y Manufacturing Smarter Challenge	Iniciativas para el desarrollo de I4.0 con enfoque regional y apoyo a las pymes para construir capacidades. Mejora de vínculos universidad-empresa y apoyo a la gestión del cambio tecnológico
Estados Unidos	2011: Plan para el desarrollo de la manufactura avanzada	Uso y coordinación de información, automatización, <i>software</i> , sensores. En activo intercambio de la industria, el Gobierno y la academia. Trabajos conjuntos con la Unión Europea en regulación de la inteligencia artificial
	Manufacturing USA	Manufacturing USA apoya a institutos que trabajan en la digitalización y la I4.0. Evalúan y proyectan soluciones a problemas prácticos que enfrentan los sectores industriales, proporcionan capacitación técnica que incluye programas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Varios trabajan en estandarización (CESMII) de la interoperatividad y modelado de datos ARM
	2021: <i>The Chips for America Act</i> donde el NIST <sup>2</sup> tiene a su cargo el Programa Nacional de fabricación de empaques avanzados para favorecer la capacidad de prueba, ensamblaje y empaque de semiconductores	The National Semiconductor Tech Center es un organismo público-privado, responsable de conducir la investigación de prototipos de <i>chips</i> . Además, desde el 2020, el país asume un papel significativo en organismos internacionales de estandarización y en la Comisión Electrotécnica
China	2005: Inversión en la industria manufacturera, siendo uno de los productores más importantes de robots globalmente	Inspirado en la estrategia alemana, China enfatiza la innovación, la eficiencia en la manufactura, el fomento de marcas chinas y la fabricación ecológica. La asistencia de Alemania le permitió a China el acceso a los competidores internacionales (ABB, Cisco, IBM, GE) dispuestos a suministrar a China la tecnología requerida, favoreciendo la eficiencia y calidad de sus empresas
	2015: Made in China 2025 Mejora de Internet Plus Sistema de estandarización centralizado en el Estado Ruta Digital de la Seda, red de cooperación en CTI desde infraestructuras para conectar Asia y Europa con China Creación de China Rare Earth Group	Made in China busca expandir la influencia en dominios como inteligencia artificial y redes 5G. El patrocinio estatal es integral y cubre casi todas las ramas de la industria, y prioriza el desarrollo aeroespacial, la maquinaria para la industria y la manufactura automatiz. También, organiza grupos de trabajo para generar estándares de automatización e interfaces entre tecnologías informáticas (Casalet, 2018)  *China Rare Earth Group controla 60% de la producción China de tierras raras, materias primas indispensables en la fabricación de vehículos eléctricos, turbinas eólicas y aparatos electrónicos actuales

Continúa

1 Academia Nacional de Ciencia e ingeniería (Acatech) German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI, por sus siglas en alemán), Ministerio Federal de Educación e Investigación (BMBF, por sus siglas en alemán) y Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima (BMWi, por sus siglas en alemán)  
2 Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, por sus siglas en inglés)

País	Tipo de estrategia	Énfasis críticos/buenas prácticas
Brasil	2020: Programa Innovacred 4.0 (Brasil) coordinado por la Financiadora de Estudios y Proyectos (Finep) y el Ministerio de CTI y Comunicaciones	Programa que brinda apoyo financiero para desarrollar y ejecutar un plan de acción que incluye el uso de los servicios para la adopción de tecnologías inteligentes. La importancia de las empresas en el proceso de difusión tecnológica son la base del programa Innovacred 4.0, que apoya iniciativas que buscan adoptar las tecnologías 4.0 en las líneas productivas de empresas agrícolas y manufactureras (Grosman <i>et al.</i> , 2021, p. 36)
	2016: SENAI 4.0 del Servicio Nacional de Aprendizaje Industrial (SENAI)	SENAI 4.0 apoya estrategias de mejora técnica a corto plazo, incorporando tecnologías de bajo costo disponibles en el mercado y que conduzcan a una mayor productividad de las empresas (Grosman <i>et al.</i> , 2021)
	Plan Nacional de la Internet de las Cosas	Plan orientado a "promover la eficiencia de servicios, fomentar la capacitación profesional y la generación de empleos de la economía digital, incrementar la productividad y buscar acuerdos entre el sector público y privado" (Laroca, 2019, párr.5)
México	Apoyo a clústeres tecnológicos altamente exportadores en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN, ahora renombrado Tratado México-Estados Unidos-Canadá (T-MEC))	Los clústeres automotriz y aeroespacial en México han asumido un rol protagónico en la manufactura mexicana y revisten gran importancia entre los vínculos comerciales con Estados Unidos.  El cambio estructural industrial se da a través de la creación de bienes y servicios digitales, la adición de valor incorporando lo digital a los bienes físicos, y el desarrollo de nuevas plataformas de producción, intercambio y consumo (Casalet, 2018)
	Incremento de parques industriales zona Norte y Bajío	Incremento de los sectores automotriz, maquinaria y equipo, dispositivos médicos y agroindustrias. Flujo de inversiones en la zona Norte provenientes de China, Taiwán, Singapur y Corea hacia el norte de México  Creación de infraestructura industrial y logística hacia Estados Unidos.

Fuente: elaboración propia.

## Escenario actual: encrucijadas para la toma de decisiones sobre el proceso de transformación digital

### El nuevo marco tras la pandemia por COVID-19

Para evaluar la situación actual de la transformación digital y las nuevas orientaciones que se esbozan en las políticas industriales en los países desarrollados familiarizados con la utilización del modelo de la I4.0, es preciso reflexionar sobre: i) los desafíos que plantean las nuevas condiciones macro para estimular el crecimiento digital y la gestión de los recursos humanos para conducir tal transformación; y ii) el tipo de políticas que facilita cada sociedad. Aunque es difícil indicar vías de cambio, debido a la complejidad de los problemas y a la rapidez de su desarrollo, es imprescindible analizar cómo inciden y se entrelazan los efectos de múltiples hechos nacionales e internacionales que obstaculizan salidas a la recuperación de la sociedad y

donde emergen nuevas tendencias en la conformación de alianzas internacionales.

La digitalización posibilitó la habilidad para identificar oportunidades, desarrollar estrategias y avanzar hacia una nueva cultura de crecimiento digital en función de la exploración de futuros digitales posibles. Entre estos aspectos se incluyen desafíos como: la explotación de nuevas oportunidades de negocio, la mitigación de amenazas relacionadas con opciones de inversión o de ingreso en nuevos campos, y la formación de recursos humanos. Las capacidades dinámicas (North *et al.*, 2018), los cambios organizacionales (Gorecky *et al.*, 2017; Verhoef, 2021) y la exigencia de calificaciones técnicas renovadas (Grundke, 2017; Organization for Economic Co-operation and Development [OCDE], 2019) fueron previstos en los diseños de políticas públicas de los países industrializados. Un ejemplo de esta articulación está representado por Alemania, en donde: i) la comunidad científica y tecnológica organizada asesora en innovación a *policy-makers* y al sector empresarial, con el fin

de promover procesos de transferencia tecnológica; ii) el gobierno federal asumió un rol clave formando redes de I+D orientadas a la manufactura digital, enfatizando la vinculación entre productos, cadenas de valor y modelos de negocio; y iii) en los sectores definidos como prioritarios (industria automotriz, tecnología médica, maquinaria industrial, sector químico) múltiples pequeñas y medianas empresas industriales (muchas de propiedad familiar con productos hiperespecializados) alcanzaron niveles de éxito en términos de desempeño productivo y exportador y de involucramiento en procesos de aprendizaje (Casalet y Stezano, 2021).

En menor medida, los países emergentes de América Latina (México, Brasil, Argentina) han reflexionado sobre el nuevo modelo de industrialización, en un activo intercambio entre empresarios y academia para valorar los cambios y sistematizar experiencias y obstáculos en la implementación. La continuidad del crecimiento del modelo digital en la producción fue alterada radicalmente por la irrupción generalizada de la pandemia por COVID-19. La crisis sanitaria global modificó las condiciones económicas, profundizando las desigualdades sociales, afectando las formas de gobernanza, las estrategias productivas y las alianzas políticas, y acentuando las contradicciones de la sociedad contemporánea frente a los nuevos riesgos.

En este contexto, las posibles estrategias de industrialización I4.0 enfrentan nuevas incertidumbres, las cuales se manifiestan en las relaciones geopolíticas como una dimensión clave de cada movimiento en el contexto internacional. La democracia está debilitada por la pandemia, por el surgimiento de grupos con una preocupante admiración hacia comportamientos autoritarios y por la desafección de la sociedad hacia las fuerzas políticas. La fragmentación de la sociedad ha creado múltiples actores y relatos divergentes, a veces difíciles de congeniar con una negociación basada en acuerdos sociales para movilizar una narrativa de futuro entre los Estados, las empresas, grandes grupos tecnológicos, los medios de información y la opinión ciudadana, que exigen distintas salidas a las crisis, desigualdades y asimetrías por regiones y países.

Inicialmente, la pandemia contribuyó a acelerar la digitalización, como ningún otro proceso de los últimos tiempos: “La irrupción de la crisis sanitaria, económica y social sin precedentes desencadenada por la COVID-19 acentuó la difusión e incorporación de la digitalización en las relaciones cotidianas de consumo de servicios y de comunicación social” (Casalet, 2020, p. 48). El cierre de fronteras y la paralización de la actividad productiva por el confinamiento sanitario, junto a la necesidad de resolver las demandas cotidianas, facilitaron la familiarización de los diferentes grupos de la sociedad con las aplicaciones digitales; más allá de las heterogeneidades de edades, ingresos, carencias de infraestructura digital y ausencias en las habilidades digitales.

En múltiples países industrializados (como en la Unión Europea con los fondos Next Generation, en Estados Unidos con el Plan de Infraestructura y en China con la política “Cero COVID”), se buscó paliar el *shock* que produjo la irrupción de la pandemia. Los planes de estímulos monetarios, fiscales y apoyos implementados para la población desempleada contribuyeron a mitigar la creciente desigualdad económica, social y sanitaria, con lo que el Estado desempeñó un papel más activo. Aunque sin lograr desvanecer las profundas desigualdades sociales acentuadas por la pandemia y la falta de coordinación entre diversas lógicas (sanitarias, científicas y económicas) para gestionar la crisis.

Los efectos derivados de la pandemia fueron múltiples para la economía y la recuperación del consumo. Entre los más importantes estuvo el desabastecimiento de semiconductores, que paralizó las cadenas de suministro y la exportación, con nuevos bloqueos para materias primas utilizadas por la industria. Los efectos negativos se reflejaron en los retrasos de las cadenas de suministros globales, en la entrega de productos, en el embotellamiento en puertos y en el encarecimiento de los precios del transporte y los productos.

## Nuevos posicionamientos geopolíticos

A los problemas de desabastecimiento en la industria y a los conflictos para definir compromisos válidos

alrededor de la sostenibilidad, se les agrega el aumento de la inflación en el 2021 y la retirada de estímulos de diversos bancos centrales a lo largo del año. El aumento de los precios en casi todas las economías avanzadas y emergentes ha estallado en el 2022: aunque las primeras se han beneficiado de condiciones de financiación por las actuaciones extraordinarias de los bancos centrales y los apoyos de los Gobiernos.

Al incierto panorama ocasionado por la pandemia se suman nuevos problemas geopolíticos provocados por la invasión rusa a Ucrania y el estallido de la guerra con dramáticas consecuencias para la población y el país, cuyas ciudades han sido totalmente destruidas. Los daños económicos de la guerra en Ucrania contribuirán a una importante desaceleración del crecimiento mundial en el 2022, incrementando los riesgos para la estabilidad financiera. Se prevé que el crecimiento mundial se ralentice, pasando del 6,1 % en el 2021 al 3,6 % en el 2022 y el 2023 (Fondo Monetario Internacional [FMI], 2021). Con la proyección de que en el 2023 el crecimiento global regrese a las tasas prevalecientes en el periodo pre-pandemia (OCDE, 2022).

Las duras sanciones financieras y comerciales han provocado el éxodo de empresas tecnológicas extranjeras, con lo que se ha aislado a Rusia de las cadenas de suministro mundiales de productos de alta tecnología, especialmente en la aviación y los servicios digitales. Como consecuencia de estas medidas, se sentirá un impacto inmediato debido a la falta de acceso a productos y servicios cruciales como piezas de mantenimiento. En términos más generales, el corte de las cadenas de suministro mundiales ahoga el futuro económico de Rusia. La migración de talentos en las industrias de alta tecnología de Rusia, aunado a su escasez internacional, perjudica el mantenimiento de las industrias de alta tecnología. La invasión rusa a Ucrania impactó a Europa en sus propias debilidades: la defensiva y la energética. Inicialmente, la Unión Europea subestimó la amenaza rusa, con una posición vacilante respecto a las sanciones a Rusia y en defensa de los vínculos de petróleo y gas. Pero en un breve lapso, afirmó una nueva política como el suministro de armas a Ucrania financiado por la Unión Europea y el

cambio en la política de asilo, muy diferente al cierre de fronteras impuesto a los sirios en el 2015.

## Estrategias de liderazgo tecnológico: hacia una nueva geopolítica

La incertidumbre social, económica y política global es creciente y afecta las dinámicas de las cadenas globales de valor y las cadenas de suministro. Las coyunturas a raíz de la pandemia por COVID-19 y la invasión rusa a Ucrania son ejemplos significativos de este escenario, donde priman las indefiniciones a corto y a mediano plazo. Los enfrentamientos globales y nacionales que determinan nuevos posicionamientos geopolíticos dejan ver la existencia de visiones internas altamente polarizadas. La polarización como fenómeno sociopolítico muestra una creciente división de la población en grupos beligerantes con creencias e identidades rígidamente opuestas que inhiben la cooperación y la búsqueda de acuerdos sociales.

En este conjunto de coyunturas, distintos movimientos populistas y/o antisistema se han polarizado contra las fuerzas políticas dominantes en países tan variados como Estados Unidos, Reino Unido, Brasil, Hungría, Polonia, India y Filipinas. En este marco, los debates han fluctuado entre argumentos centrados en la identidad social (que subrayan aspectos nacionalistas, raciales y étnicos) y argumentos vinculados a los dilemas de desarrollo económico (donde los desafíos al bienestar socioeconómico de las clases medias y trabajadoras se ponen en el centro). En el escenario internacional, se entrelazan múltiples tendencias e interpretaciones sobre la reorganización de las respuestas de salida a las crisis. La pandemia y la guerra en Ucrania fomentaron un ciclo alcista de la inflación, cuyas consecuencias erosionan el poder adquisitivo de los países avanzados y en los emergentes profundiza la posición de debilidad y desigualdad social. Esta compleja dinámica dificulta hacer conclusiones rotundas sobre el futuro, pero permite entrever algunas consideraciones que enmarcan un fenómeno común a todos los países: un clima de agitación social y política con impactos imprevisibles para la continuidad democrática.

Rodrik y Stiglitz han señalado que la hiperglobalización posterior a la década de los noventa ha llegado a su fin. La pandemia por COVID-19 y la guerra ruso-ucraniana han relegado los mercados globales a un nivel secundario y, en el mejor de los casos, a un papel de apoyo a los objetivos nacionales, en particular la sanidad pública y la seguridad nacional. La globalización exacerbó los problemas de distribución en muchas economías y mostró que el reverso de las ganancias que genera el comercio global fue la redistribución del ingreso de los perdedores a los ganadores. Con el ascenso de China como rival geopolítico directo de Estados Unidos, la competencia estratégica se reafirmó sobre la economía (Rodrik, 2022). Para Stiglitz, otro indicador de la desglobalización actual es que en la reciente reunión en Davos (Suiza) del Foro Económico Mundial, tradicionalmente comprometido con la defensa de la globalización, se ocupó sobre todo de sus fracasos: cadenas de suministro rotas, inflación de los precios de los alimentos y la energía, y un régimen de propiedad intelectual que dejó a miles de millones de personas sin vacunas COVID-19. Súbitamente, se reconoce que algunas fronteras nacionales son claves para la economía y la seguridad (Stiglitz, 2022).

El contexto internacional muestra una disputa por el dominio y la concentración de las esferas geotecnológicas que definen a las actuales sociedades y economías digitalizadas. La Unión Europea enfrenta desafíos importantes, como superar la dependencia energética de Rusia y consolidar la defensa común. Hay un movimiento de reorganización interna en las decisiones asumidas para aumentar la unidad entre los Estados miembros en torno a problemas de seguridad y defensa.

## Juego de tronos: Unión Europea, Estados Unidos y China

El nivel de sanciones que la Unión Europea ha adoptado contra Rusia no tiene precedentes. Pese a esa respuesta conjunta de todos los Estados miembros de la Unión Europea, su cohesión se mantiene en un delicado equilibrio. El embargo parcial al petróleo ruso pactado recientemente por la Cumbre logró el consenso

de los veintisiete miembros para renunciar a las importaciones de petróleo ruso por barco y mantener temporalmente las que llegan por tubería. La sustitución del petróleo es un reto difícil de enfrentar en la implementación efectiva y los acuerdos políticos a alcanzar entre los países europeos. Pero el gas es una incógnita, ya que presenta mayores problemas en la distribución y no tiene una resolución inmediata. Es probable que se adopte la modalidad de compras comunes con el respaldo de la Comisión Europea a las negociaciones de conjunto ante los productores y una estrategia coordinada de almacenamiento de reservas (Rizzi *et al.*, 2022).

Aún no es clara la capacidad real de la Unión Europea como actor global y regional; su ambición geopolítica abarcaría su propio ámbito, dados los limitados instrumentos de que dispone. A su vez, la Unión Europea tiene un papel activo junto a Estados Unidos en la creación de estándares tecnológicos, en la coordinación de control de exportaciones e inversiones y en el impulso a tecnologías limpias. Frente a condiciones adversas del entorno, la Unión Europea está afianzando su autonomía en un escenario geopolítico donde las hegemonías están cambiando significativamente y se refleja en todos los ámbitos. Especialmente, en el interés de Estados Unidos y China por consolidar esferas de influencia tecnológica en la generación de infraestructuras para responder y aprovechar las necesidades insatisfechas del mundo, a fin de afianzar sus tecnologías, sus normas y a sus aliados (HageBölling, 2022).

Antony Blinken, secretario de Estado de Estados Unidos, puntualizó el enfoque de la administración Biden con respecto a China, así como la orientación de la política actual de Estados Unidos en el desarrollo económico y las estrategias e influencias en la búsqueda de aliados en diferentes zonas geográficas donde se enfrentan los dos antagonistas. Estados Unidos y China compiten en definir esferas de influencia tecnológica que determinarán las relaciones de poder geopolítico internacional y de la economía digitalizada (U.S. Department of State, 2022).

Blinken destacó el alcance de China como potencia mundial, con influencia y ambición para aspirar a dominar las tecnologías e industrias del futuro. Pero

también señaló que, durante el gobierno de Xi Jiang, el Partido Comunista de China se volvió más represivo a nivel interno y agresivo en el extranjero, con lo que sofisticó la vigilancia masiva y exportó esa tecnología a múltiples países; además de promover reclamos ilegítimos en el mar de la China meridional, atentando contra la seguridad, la libertad de navegación y el comercio, o de transgredir normas comerciales. La diplomacia la destaca como fundamental para entender las perspectivas de cada uno.

Pero como Estados Unidos no puede depender de que Pekín cambie su trayectoria, Blinken definió la actual estrategia de la administración Biden en tres palabras: “invertir, alinear y competir”. Invertir supone reforzar los esfuerzos de Estados Unidos para lograr mayor competitividad e innovación en áreas de frontera del conocimiento como inteligencia artificial, biotecnología e informática cuántica. Blinken también enfatizó el interés de Estados Unidos en liderar la carrera en materia de tecnología, clima, infraestructura, salud global y crecimiento económico inclusivo. La magnitud que supone “la nueva política de disuasión integrada” sumará a los aliados y socios para trabajar en conjunto en áreas convencionales, nucleares, espaciales e informativas. La agenda supone crear un Centro sobre China. La exposición del secretario de Estado fue una confirmación pública del interés de Estados Unidos en propiciar nuevas coaliciones en la región Indo-Pacífico y en otros lugares para cercar y contrarrestar los desafíos planteados por China.

## Reflexiones finales

En este escenario pautado por las incertidumbres geopolíticas señaladas (junto a la imposibilidad de predecir las trayectorias que tomarán), se denota un proceso de coevolución en una tendencia de rápido cambio tecnológico, acompañada de transformaciones a nivel político y de las alianzas nacionales y regionales que se generan. En este contexto, las políticas industriales muestran tendencias comunes en todos los países industrializados: i) su articulación de

carácter nacional asociado a una visión de desarrollo económico; ii) el énfasis en la digitalización productiva desde el impulso al desarrollo de capacidades; y iii) la articulación de instancias de diálogo entre los distintos actores productivos, científico-tecnológicos, políticos y sociales.

Estos procesos consolidados de diálogo han articulado arreglos institucionales formales e híbridos para orientar estrategias puentes en la transición analógica a digital, creando instituciones y plataformas multiactores para información, y expandiendo el uso de las tecnologías avanzadas y las colaboraciones interinstitucionales, con la finalidad de reducir los obstáculos en la información y los conflictos en la aplicación.

En los países más industrializados de América Latina (Argentina, Brasil y México), los procesos de articulación de políticas industriales de promoción a procesos de incorporación productiva de las nuevas tecnologías digitales se manifiestan de manera fragmentada. Incluso, en las empresas con trayectoria de proveedores en las industrias automotriz, aeronáutica y electrónica habituados al uso de tecnologías maduras. En estos sectores industriales, a la incertidumbre que generan los cambios disruptivos en la producción se le agregan las carencias de las capacidades técnicas, organizativas, de infraestructura y de conectividad (Casalet, 2020).

Las crisis económicas y las dificultades de los sucesivos cambios políticos ocurridos en estos países han retrasado la inversión, y como consecuencia, se propició un proceso de estancamiento económico, con lo que se ha evidenciado la incapacidad de los Estados nacionales para estimular roles innovadores en el proceso de industrialización y para consolidar una sociedad más equitativa.

Las políticas de desarrollo industrial y tecnológico se diferencian según los objetivos nacionales de desarrollo productivo y el tipo de posicionamiento geopolítico asociado al desarrollo tecnológico e industrial al que aspiran, como el rol que se espera de las nuevas tecnologías digitales a nivel de la producción y de la sociedad. Así, mientras que las políticas productivas y tecnológicas de Estados Unidos y China tienen por objetivo final impulsar su liderazgo tecnológico

mundial, en la Unión Europea la seguridad y la regulación de las nuevas tecnologías son un reto central. En el contexto actual, la tecnología adquiere un papel central en la apropiación y en las relaciones de poder e influencia entre los países, cuyo control acentúa las relaciones asimétricas entre los que la poseen y los que esperan llegar a obtenerla.

Las tendencias actuales se orientan a recuperar las tecnologías de vanguardia a nivel nacional. Pero a la vez, en una situación de crisis y desabastecimiento como la actual, aumentan los desafíos de gestionar el día a día de precios, componentes y proveedores. La ley Chips for America, aplicada por el Gobierno estadounidense frente a la escasez de semiconductores, es ejemplo en tal sentido: una estrategia de política pública de diversificación de la cadena de suministro y relocalización para proteger la economía interna nacional, especialmente frente al avance tecnológico y económico de China.

Este es un momento que necesita grandes acuerdos para enfrentar la complejidad de la recuperación de salidas a la pandemia, así como la elaboración de consensos en torno a problemas urgentes como el cambio climático, la regulación frente al avance de la digitalización y, muy especialmente, el desarrollo de la inteligencia artificial. La apuesta de investigación de los países y las empresas occidentales radica en avanzar en los beneficios de la inteligencia artificial, quizás sin una reflexión crítica sobre las condiciones de seguridad. De igual modo, se ha dado un resurgimiento de las empresas de la industria armamentística, reproduciendo el olvido de los Gobiernos en consolidar en la sociedad civil una cultura de la seguridad y la defensa y una responsabilidad común frente a la sociedad.

## Epílogo. Los desafíos de la investigación y la formación de talentos para el futuro de ALC

En ALC, los nuevos desafíos que imponen los procesos de incorporación productiva de nuevas tecnologías

digitales tienen como limitante el tipo de estructura productiva y su perfil de especialización, que determina procesos de heterogeneidad estructural entre países, regiones, sectores y tipos de empresas.

La región ha experimentado una intensificación creciente de la politización (entendida como la identificación con una ideología política), acompañada de una creciente desconfianza en los partidos políticos y en las instituciones con un pasaje de la fatiga al agotamiento democrático de América Latina (Alcántara, 2021). En países como Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, México y Chile, el fenómeno de la politización ha sido más notorio y, en varios casos, un factor crítico de movilización popular poco antes, durante y después de la pandemia.

Una tarea fundamental en el avance de los procesos de incorporación productiva de las nuevas tecnologías en ALC radica en la generación de conocimiento surgido de la investigación empírica y la explicación de las tendencias de los procesos de digitalización y los cambios que provocan en los sectores productivos de las sociedades emergentes. En especial, es clave avanzar en la generación de conocimiento sobre: i) los efectos directos de las nuevas tendencias tecnológicas y productivas en las capacidades de las empresas; ii) las habilidades de las pymes y de los proveedores para usar esas nuevas tecnologías; iii) las posibles estrategias de inserción de las empresas en cadenas globales de valor para insertarse en nuevos nichos tecnológicos; y iv) la carencia de recursos humanos con capacidades avanzadas para desarrollar nuevos productos y servicios, la cual está relacionada con las competencias para generar información, crear contenidos y resolver problemas (Casalet, 2020).

En este ámbito, se evidencia que la respuesta oportuna por parte de los actores claves del sector empresarial y gubernamental es escasa. En el ámbito empresarial, las empresas grandes o proveedoras de diversos *tiers* de la cadena de suministro, con redes sólidas en mercados globales “y mejores salarios, no han avanzado en la creación de perfiles laborales y la búsqueda de soluciones de nuevas oportunidades de negocios” (Casalet, 2020, p. 62).

En otro orden de ideas, la excesiva oferta de formación pública escolarizada no considera los avances de las investigaciones especializadas que brindan un diagnóstico más cercano y complejo de los problemas de los sectores productivos: “La asimilación y coordinación de esfuerzos podría influir deliberadamente para revelar las carencias de la estructura productiva” (Casalet, 2020, p. 62). Así mismo, permitiría profundizar en la capacidad para identificar oportunidades estratégicas para la fuerza de trabajo (como podrían ser, en el caso de México, por ejemplo, actividades de *nearshoring*, aprovechando la proximidad del mercado de Estados Unidos) y para diagnosticar con precisión las habilidades digitales más requeridas (por ejemplo, *big data*, *cloud computing*, inteligencia artificial), en las que se detectan mayores falencias en la fuerza de trabajo nacional.

De ahí la importancia de pensar un nuevo contrato social que ofrezca una mejor arquitectura de seguridad y oportunidades (Shafik, 2021), en el que se compartan más riesgos entre las empresas y el Estado, así como las diferentes regiones donde se localizan sectores productivos que potencialmente puedan optimizar el uso del talento. En este contexto:

[...] la necesidad de profundizar en la investigación multidisciplinaria se extiende a múltiples sectores productivos para comprender la naturaleza del cambio sociotécnico, la distribución de las capacidades y el grado de aceptación social de los procesos y resultados. Estos análisis son imprescindibles para comprender la complejidad del cambio: en todas las revoluciones tecnológicas el impacto inicial se sobredimensiona a corto plazo y se subestima a largo plazo. (Casalet, 2020, p. 62, citando a Brynjolfsson y McAfee, 2016)

La identificación de los efectos de la pandemia ha permitido reconocer la importancia de la investigación y la opinión de los científicos, logro que no se había obtenido con las políticas de difusión y divulgación de la ciencia (Urrea, 2020). No obstante, aún es difícil la tarea de conservar y aumentar el interés y la confianza del sector público y privado, con el fin de apoyar aquellas investigaciones que indaguen en esas ausencias y

en las oportunidades existentes para desarrollar sectores productivos en un futuro todavía desconocido (Casalet, 2020). Todavía queda un largo camino para indagar sobre esos riesgos que aún son inciertos: “La gobernanza de datos, el futuro del trabajo, el riesgo de la precarización de los trabajadores y el grado de aceptación social de las nuevas tecnologías digitales” (Casalet, 2020, p. 63). Estos desafíos subrayan el rol crítico del desarrollo de las capacidades de los actores involucrados, cuya acción tiene la posibilidad de contribuir e influenciar la adopción de los cambios. La implementación de estos cambios dependerá de una gestión de los diversos desafíos que generan situaciones inéditas con tiempos y resultados diferenciales, orientada a recuperar la confianza ciudadana frente al flujo masivo de desinformación (Casalet, 2020).

## Referencias

- Alcántara, M. (2021). De la fatiga al agotamiento democrático en América Latina. *Revista Comercio Exterior*. 25 de noviembre de 2021. <https://www.politicaexterior.com/de-la-fatiga-al-agotamiento-democratico-en-america-latina/>
- Bär, K., Herbert-Hansen, Z. N. L. y Khalid, W. (2018). Considering Industry 4.0 aspects in the supply chain for an SME. *Production Engineering*, 12(6), 747-758. <https://doi.org/10.1007/s11740-018-0851-y>
- Brettel, M., Klein, M. y Friederichsen, N. (2016). The relevance of manufacturing flexibility in the context of Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 41, 105-110. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.12.047>
- Brynjolfsson, E. y McAfee, A. (2016). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W.W. Norton.
- Butollo, F. (2020). Digitalization and the geographies of production: Towards reshoring or global fragmentation? *Competition & Change*, 25(2). <https://doi.org/10.1177/1024529420918160>
- Carmona, R., Amato Neto, J. y Ascúa, R. (2020). *Industria 4.0 en empresas manufactureras del Brasil*. Publicaciones de la Cepal. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/46389>



- Casalet, M. (2018). *La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos*. Publicaciones de la Cepal. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44266-la-digitalizacion-industrial-un-camino-la-gobernanza-colaborativa-estudios-casos>
- Casalet, M. (2020). El futuro incierto de la digitalización en México: ¿podremos despegar? *Economía: Teoría y Práctica*, (spe5), 45-68. <https://doi.org/10.24275/etypuam/ne/e052020/casalet>
- Casalet, M. y Stezano, F. (2021). The progress of digitalization in Mexico: Effects on the institutional structure. *International Journal of Business Innovation and Research*, 24(3), 339-363. <https://doi.org/10.1504/ijbir.2020.10024956>
- Fondo Monetario Internacional (FMI). (2021). *World Economic Outlook. Perspectivas de la Economía Mundial*. FMI.
- Goos, M., Arntz, M., Zierahn, U., Gregory, T., Carretero, S., González, I. y Jonkers, K. (2019). *The impact of technological innovation on the future of work* (Paper Series on Labour, Education and Technology No. 3). European Commission. <https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2019-07/jrc117212.pdf>
- Gorecky, D., Khamis, M. y Mura, K. (2017). Introduction and establishment of virtual training in the factory of the future. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 30(1), 182-190. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2015.1067918>
- Grosman, N., Braude, H., Rovira, S. y Patiño, A. (2021). *Hecho en América Latina. Fabricación inteligente y una nueva esperanza de industrialización en la región*. Publicaciones de la Cepal. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47567/S2100504\\_es.pdf?isAllowed=y&sequence=1](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47567/S2100504_es.pdf?isAllowed=y&sequence=1)
- Grundke, R., Jamet, S., Kalamova, M. y Squicciarini, M. (2017). *Having the right mix: The role of skill bundles for comparative advantage and industry performance in GVCs*. oECD. <https://doi.org/10.1787/892a4787-en>
- Grzegorzczak, M., Mariniello, M., Nurski, L. y Schraepen, T. (2021, 9 de junio). Blending the physical and virtual: A hybrid model for the future of work. *Bruegel*. <https://www.bruegel.org/2021/06/hybrid-work/>
- Guo, H., Yang, Z., Huang, R. y Guo, A. (2020). The digitalization and public crisis responses of small and medium enterprises: Implications from a COVID-19 survey. *Frontiers of Business Research in China*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s11782-020-00087-1>
- Hagebölling, D. (2022, 12 de abril). The geopolitical struggle for technology leadership. *Internationale Politik Quarterly*. <https://ip-quarterly.com/en/geopolitical-struggle-technology-leadership>
- Innerarity, D. (2021, 2 de septiembre). La sociedad de las crisis. *El País*. <https://elpais.com/opinion/2021-09-02/la-sociedad-de-las-crisis.html>
- Kagermann, H., Lukas, W.-D. y Wolfgang, W. (2011). Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. *VDI Nachrichten*, 13(1), 2-3.
- Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., Kim, B. H. y Noh, S. D. (2016). Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3(1), 111-128. <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>
- Laroca, N. (2019). *Tras cuatro años, Brasil decretó la creación del Plan Nacional de IoT*. Blog TeleSemana. <https://www.telesemana.com/blog/2019/06/27/tras-cuatro-anos-brasil-decreto-la-creacion-del-plan-nacional-de-iot/>
- Lee, J., Kao, H.-A. y Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and Big Data environment. *Procedia CIRP*, 16, 3-8. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>
- Maggi, C., Ramos Maldonado, M. y Vergara Guerra, R. (2020). Adopción de tecnologías digitales 4.0 por parte de pequeñas y medianas empresas manufactureras en la Región del Biobío (Chile). Publicaciones de la Cepal. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/46387>
- Motta, J.-M. y Hernán-Ascuá, R. (2019). *Industria 4.0 en mipymes manufactureras de la Argentina*. Publicaciones de la Cepal. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45033-industria-40-mipymes-manufactureras-la-argentina>
- Muhuri, P. K., Shukla, A. K. y Abraham, A. (2019). Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 78, 218-235. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.11.007>
- North, K., Aramburu, N. y Lorenzo, O. J. (2019). Promoting digitally enabled growth in SMEs: A framework proposal. *Journal of Enterprise Information Management*, 33(1), 238-262. <https://doi.org/10.1108/JEIM-04-2019-0103>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (Ocde), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) y Corporación Andina de Fomento (CAF). (2016). *Perspectivas económicas de América Latina 2017: juventud, competencias y emprendimiento*. oECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/leo-2017-es>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (Ocde), Comisión Económica para América Latina

- y el Caribe (Cepal) y Corporación Andina de Fomento (CAF). (2021). *Perspectivas económicas de América Latina 2021: Avanzando juntos hacia una mejor recuperación*. OECD Publishing. [https://www.oecd-ilibrary.org/development/perspectivas-economicas-de-america-latina-2021\\_2958a75d-es](https://www.oecd-ilibrary.org/development/perspectivas-economicas-de-america-latina-2021_2958a75d-es)
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2019). *Measuring the digital transformation: A roadmap for the future*. OECD Publishing. [https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/measuring-the-digital-transformation\\_9789264311992-en](https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/measuring-the-digital-transformation_9789264311992-en)
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2022). *Economic Outlook, Interim Report March 2022: Economic and social impacts and policy implications of the war in Ukraine*. OECD Publishing. [https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-economic-outlook/volume-2022/issue-2\\_4181d61b-en](https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-economic-outlook/volume-2022/issue-2_4181d61b-en)
- Paikin, Z. y Gros, D. (2022, 7 de junio). ¿La guerra en Ucrania fortalecerá a la Unión Europea? *Política Exterior*. <https://www.politicaexterior.com/la-guerra-de-putin-en-ucrania-hara-mas-fuerte-a-la-ue/>
- Rizzi, A., Fariza, I. y Zafra, M. (2022, 1 de mayo). Cómo la guerra de Putin está precipitando una revolución energética global. *El País*. <https://elpais.com/economia/2022-05-01/como-la-guerra-de-putin-esta-precipitando-una-revolucion-energetica-global.html>
- Roblek, V., Meško, M. y Krapež, A. (2016). A complex view of Industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2). <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>
- Rodrik, D. (2022, 19 de mayo). De las cenizas de la hiperglobalización podría surgir una mejor globalización. *Política Exterior*. <https://www.politicaexterior.com/de-las-cenizas-de-la-hiperglobalizacion-podria-surgir-una-mejor-globalizacion/>
- Shafik, M. (2021). *What we owe each other*. Princeton University Press. <https://press.princeton.edu/books/hardcover/9780691204451/what-we-owe-each-other>
- Stiglitz, J. (2022, 4 de junio). Acertar con la desglobalización. *El País*. <https://elpais.com/economia/negocios/2022-06-05/acertar-con-la-desglobalizacion.html>
- Sturgeon, T. J. (2019). Upgrading strategies for the digital economy. *Strategic Management Society*, 11, 34-57. <https://doi.org/10.1002/gsj.1364>
- Ulas, D. (2019). Digital transformation process and SMEs. *Procedia Computer Science*, 158, 662-671. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.101>
- Urrea, M. (2020, 4 de octubre). La ciencia como derecho. *El País*. <https://elpais.com/opinion/2020-10-04/la-ciencia-como-derecho.html>
- U.S. Department of State. (2022, 26 de mayo). *The Administration's approach to the People's Republic of China. Speech by Antony J. Blinken, Secretary of State*. <https://www.state.gov/the-administrations-approach-to-the-peoples-republic-of-china>
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Qi Dong, J., Fabian, N. y Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889-901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Warner, K. S. R. y Wäger, M. (2019). Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal. *Long Range Planning*, 52(3), 326-349. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2018.12.001>
- Xu, L. D., Xu, E. L. y Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>

# Seguridad en los contextos de amenaza biológica

| Fecha de recibido: 29 de agosto 2022 | Fecha de aprobado: 28 de septiembre 2022 |

| Reception date: August 29, 2022 | Approval date: September 28, 2022 |

| Data de recebimento: 29 de julho de 2022 | Data de aprovação: 28 de agosto de 2022 |

## Alejandra Cerón Rincón

<https://orcid.org/0000-0002-5642-7949>

✉ [alejandra.ceron.rincon@gmail.com](mailto:alejandra.ceron.rincon@gmail.com)

### Doctora en Estudios Políticos y Relaciones Internacionales

Docente e investigadora  
Escuela Superior de Guerra  
Colombia

Rol del investigador: teórico y escritura  
Grupo de investigación Masa Crítica

### Doctor in Political Studies and International Relations

Teacher and researcher  
Escuela Superior de Guerra  
Colombia

Researcher's role: theoretical and writing  
Critical Mass Research Group

### Doutor em Estudos Políticos e Relações Internacionais

Professora e pesquisadora  
Escola Superior de Guerra  
Colômbia

O papel do pesquisador: teórico e escrito  
Grupo de Pesquisa de Massa Crítica

## Yuber Rico Venegas

<http://orcid.org/0000-0002-1005-9925>

✉ [yuber.rico@fac.mil.co](mailto:yuber.rico@fac.mil.co)

### Magíster en Ciencias Militares

Subdirector Académico  
Escuela de Instrucción Militar Aérea  
Colombia

Rol del investigador: teórico y escritura  
Grupo de investigación en Seguridad Integral,  
Inteligencia y Ciberdefensa (GISIC)

### Master's in Military Sciences

Academic subdirector  
Escuela de Instrucción Militar Aérea  
Colombia

Researcher's role: theoretical and writing  
Research Group on Comprehensive Security,  
Intelligence and Cyber Defense (GISIC)

### Mestre em Ciências Militares

Subdiretor acadêmico  
Escola de Instrução Militar Aérea  
Colômbia

O papel do pesquisador: teórico e escrito  
Grupo de Pesquisa em Segurança Integral,  
Inteligência e Defesa Cibernética (GISIC)

**Cómo citar este artículo:** Cerón Rincón, A. y Rico Vanegas, Y. (2023). Seguridad en los contextos de amenaza biológica. *Ciencia y Poder Aéreo*, 18(1), 73-85. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.764>



## Seguridad en los contextos de amenaza biológica

**Resumen:** Ante el nuevo panorama mundial enmarcado en la amenaza biológica producida por el virus de la COVID-19, los marcos de análisis de seguridad provistos por las ciencias sociales deben expandir su interés a la comprensión del cambio estructural que puede afrontar el nuevo orden social y político, así como a los sistemas de producción alrededor del mundo. Así las cosas, dentro del ámbito de los riesgos globales y locales se comienza a reconocer la preponderancia de las amenazas biológicas en su contexto y, por tanto, la imperiosa necesidad de ahondar en una mirada interdisciplinaria al problema. El resultado de este nuevo marco de investigaciones deberá fundamentarse en los adelantos y las propuestas novedosas en cuanto a las técnicas de investigación social se refiere, en especial las que construyen su interpretación del significado de acuerdo con sus contextos.

**Palabras clave:** amenazas biológicas; contexto; enfoques en seguridad; investigación; paradigmas.

## Security in biological threat contexts

**Abstract:** Faced with the new global panorama framed by the biological threat produced by the COVID-19 virus, the security analysis frameworks provided by the social sciences must expand their interest to the understanding of the structural change that the new social and political order may face, as well as the production systems around the world. Thus, within the field of global and local risks, the preponderance of biological threats in their context is beginning to be recognized and, therefore, the imperative need to delve into an interdisciplinary look at the problem. The result of this new research framework should be based on the advances and novel proposals in terms of social research techniques, especially those that construct their interpretation of meaning according to their contexts.

**Keywords:** Biological threats; context; security approaches; research; paradigms.

## Segurança em contextos de ameaça biológica

**Resumo:** Dada a nova paisagem global enquadrada pela ameaça biológica representada pelo vírus COVID-19, as estruturas de análise de segurança fornecidas pelas ciências sociais devem expandir seu interesse em compreender a mudança estrutural que a nova ordem social e política bem como os sistemas de produção em todo o mundo, podem enfrentar. Assim, dentro do campo dos riscos globais e locais, a preponderância das ameaças biológicas em seu contexto começa a ser reconhecida e, portanto, a necessidade imperativa de mergulhar em um olhar interdisciplinar sobre o problema. O resultado desta nova estrutura de pesquisa deve ser baseado em avanços e propostas inovadoras em técnicas de pesquisa social, especialmente aquelas que constroem sua interpretação de significado de acordo com seus contextos.

**Palavras-chave:** Ameaças biológicas; contexto; abordagens de segurança; pesquisa; paradigmas.

## Introducción

Los nuevos escenarios de la globalización han dinamizado el tránsito de mercancías, personas y servicios. Este fenómeno, sin duda alguna, ha generado un nuevo ritmo en la estructura de los mercados, así como en las formas de asociatividad y relaciones sociales. Con las dinámicas de la globalización, surgen también nuevos desafíos en relación con la prevención y la contención de los riesgos que afronta la sociedad.

A primera vista, se podría afirmar que, aplicando los parámetros de comparación sobre los efectos deseados y no controlados, en los ámbitos sociales, económicos y políticos en relación con la globalización las ventajas de esta nueva estructura basada en redes resultan ser superiores a los riesgos y efectos no deseados. La expansión de las economías, la integración de las regiones y el intercambio de información son algunas de las ventajas más reconocidas en los ámbitos de la globalización. No obstante, las dimensiones que alcanzan algunas de las amenazas generadas por las dinámicas globalizadoras hacen pensar con incertidumbre sobre la estabilidad y capacidad de sostenimiento de estas estructuras. Como respuesta a tales desafíos, se hace necesario estudiar y comprender los fenómenos asociados a dichas amenazas, sobre todo las que pueden generar contextos de alto riesgo biológico, reconociendo la realidad mundial del panorama de la seguridad tras la pandemia por COVID-19.

En vista de esta última situación, es claro que las amenazas biológicas comienzan a ser consideradas como un factor de alta relevancia para calcular el riesgo en entornos contemporáneos; y que esta situación afecta directamente el trabajo académico y de investigación social en el ámbito de la seguridad.

De igual forma, las relaciones del ser humano con los ecosistemas se han visto afectadas por circunstancias asociadas al cambio climático y a la proliferación de enfermedades y epidemias. Al respecto, Cique (2018) señala que es necesario relacionar los agentes causales asociados a este tipo de riesgos; el 75% de las

enfermedades infecciosas del ser humano son de origen animal y además han causado un impacto grande en las diferentes sociedades que han resultado afectadas. Entre los casos que es necesario mencionar se destacan el virus del ébola, el virus del sida y la enfermedad de la influenza. Respecto a estas formas de epidemias y pandemias, es importante recordar que las amenazas de origen zoonótico representan agentes biológicos altamente susceptibles de ser empleados como agentes de guerra biológica o bioterrorismo.

En otro contexto, las organizaciones internacionales dedicadas al tema de la salud para América latina, comenzando por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y continuando con la Organización Panamericana de la Salud (OPS), han constituido una fuente importante de investigaciones, desarrollo de conocimiento y recomendaciones de actuación en el caso de que estos agentes biológicos lleguen a considerarse como una amenaza mundial. Para el caso concreto del COVID-19, el escenario propuesto por estas organizaciones es pesimista, porque las mismas dinámicas de la globalización facilitan el esparcimiento de la enfermedad, que de por sí es de fácil contagio.

Las situaciones descritas suscitan una reflexión teórica y metodológica para los estudios sociales de la seguridad, por cuanto las aproximaciones clásicas no contemplan como eje central de las problemáticas del área situaciones de riesgo biológico como las descritas aquí, lo cual dificulta el interés del analista por comprender los impactos que las amenazas biológicas tienen en la seguridad.

En este punto, los estudios contemporáneos de la seguridad y la senda metodológica que se traza en este ámbito, desde los enfoques interpretativos, resultan en una mirada a la construcción de la seguridad como una realidad intersubjetiva que toma forma a partir de las dinámicas de interrelación entre sujetos, representaciones, medios e intereses. Resulta relevante para esta reflexión aclarar cuáles de estos elementos de análisis generan un puente de observación y recomendación para las problemáticas de la seguridad que giran en torno a los temas de las amenazas biológicas.

## Escenarios y desafíos mundiales de la seguridad

La vida en las urbes más pobladas y extensas del mundo se ha visto afectada ampliamente, sobre todo en sus dinámicas y costumbres debido a los contextos de afectaciones a la seguridad vistos desde la aceleración del fenómeno de la globalización en el siglo XXI. Esto, por la proliferación de nuevas amenazas, entre las cuales deben ser incluidas las de tipo biológico, el ámbito cibernético y la proliferación de conflictos asimétricos.

Las decisiones a nivel político para contener los efectos negativos a la seguridad, por cuenta de estas nuevas amenazas que adquieren un carácter transnacional, demuestra que los cambios experimentados durante los últimos años, a escala mundial, en materia de seguridad no han sido comprendidos desde una visión compleja e interdisciplinar. Por lo tanto, la capacidad explicativa de la investigación es baja y el planteamiento de políticas públicas para abordar el problema resulta insuficiente. En este último aspecto, es importante mencionar que, en la misma medida en que resulta difícil controlar los factores asociados a las nuevas amenazas a la seguridad, también se abre un cuestionamiento en relación con la capacidad de los sistemas de seguridad de demostrar que están alineados con el discurso democrático que aboga por la protección de los derechos de las personas y la defensa de sus libertades.

Ante estos grandes desafíos frente al planteamiento y análisis de los problemas referidos al ámbito de la seguridad en un contexto contemporáneo, surge un marco de acción de los organismos internacionales y multilaterales que comenzaron a hablar de seguridad humana como fundamento de la acción política y la construcción de procesos de política pública. Desde este enfoque, se pretende dar una discusión sobre la seguridad que gire en torno a principios como la protección de la vida, la intención de humanizar toda acción relativa a la seguridad y la coordinación equilibrada entre valores culturales, derechos sociales y el desarrollo humano (Fernández, 2005).

De igual forma, la aplicación del enfoque de capacidades de Amartya Sen (2000), que propone una libertad real del individuo por sus posibilidades de acceso a las oportunidades sociales, políticas y económicas, fortalece los enfoques de la seguridad basados en la defensa de los principios democráticos. En estos últimos, pareciera que las políticas estatales en torno a la seguridad asumieran cada vez más una orientación basada en el reconocimiento y la promoción de una cultura que promueva los derechos humanos.

La seguridad multidimensional, como una esfera complementaria al análisis de la seguridad humana, también ha sido un marco de acción política, sobre todo en los contextos de coordinación de los sistemas de seguridad en el ámbito internacional, nacional y local que pretende mantener una perspectiva cosmopolita que acoja una ética globalista (Fernández, 2005). En adición, la Organización de los Estados Americanos (OEA) reconoce la seguridad multidimensional a través de la Declaración de Bridgetown (2002), donde consideraron el tema de enfoque multidimensional de la seguridad hemisférica, y reconocieron que “las amenazas, preocupaciones y otros desafíos a la seguridad en el hemisferio son de naturaleza diversa y alcance multidimensional, y que el concepto y enfoque tradicionales deben ampliarse para abarcar amenazas nuevas y no tradicionales, que incluyen aspectos políticos, económicos, sociales, de salud y ambientales” (OEA, 2002, párr. 3.).

De tal modo, el concepto de amenaza, en el enfoque multidimensional, es visto desde perspectivas más amplias que la defensa militar del territorio. En este sentido, se viene planteando la noción de *factores de riesgo* proyectada sobre los ámbitos económicos, sociales, políticos, tecnológicos, medioambientales y militares (Celi, 2015, p. 16). La seguridad multidimensional busca exponer las múltiples causales que contribuyen a la creación de amenazas no solo en el interior del Estado, sino que además comprenden al conjunto de actores internacionales; es decir que:

[...] además de las amenazas militares, hay otras amenazas (económicas, medioambientales, migraciones masivas, etc.) que son transfronterizas y globales, que

vivimos en un mundo interdependiente y que, por tanto, las estrategias para abordar esa nueva realidad no pueden ser las estrictamente militares, sino que hay que introducir estrategias diplomáticas, civiles, policiales y de cooperación al desarrollo, entre otras. (Font y Ortega, 2012, p. 162)

Se entiende que las nuevas amenazas y desafíos que afronta el hemisferio son de naturaleza transnacional, compuestos por dinámicas intersectoriales cuya solución requiere diferentes enfoques según las características de la región y de la interacción entre los Estados (OEA, 2002). A su vez, exige ampliar el espectro de aplicación de la seguridad multidimensional a la política internacional para resolver problemas no solo de carácter político/militar, sino también de carácter económico, social, ambiental y de salud.

En este sentido, es posible observar que los planes y las transformaciones de diferentes gobiernos y sus instituciones, en sus diferentes niveles, comienzan a interesarse por la promoción de ambientes de inclusión que estimularan el desarrollo social en todas sus dimensiones. No obstante, las actuales demandas y los desafíos presentes en los entornos de seguridad, y que se relacionan en buena medida con el proceso de globalización, no siempre se resuelven de igual manera por todos los Estados. Claro ejemplo de esta situación es el caso de China, que cambió drásticamente la política que sostenía desde 1997 de “un país, dos sistemas”, cuyo objetivo principal era normalizar el retorno de Hong Kong (colonia británica desde 1841) al bloque comunista sosteniendo un sistema híbrido de gobierno, que imponía el sistema comunista para la China continental y reconocía ciertas libertades (propias del capitalismo y las democracias) para Hong Kong.

Las principales razones para este cambio se refieren al esfuerzo del Gobierno chino por controlar micro-poderes sociales apreciados recientemente, fruto del descontento social, y que a la postre pueden impulsar con fuerza un cambio en los fines y las estructuras del Estado. Para ilustrar esta situación, es bueno parafrasear algunas de las ideas de Guattari (2017) en relación con la revolución molecular que surge en los contextos contemporáneos de la lucha de clases.

Guattari (2017) menciona que, en el contexto contemporáneo global, las relaciones sociales han cambiado la esencia de los significados y los significantes, esto es, la semántica misma de los conflictos sociales y por tanto la lucha de la sociedad por el poder. Este enunciado se comprende cuando se relaciona el siguiente hecho:

Hace un año jóvenes en Hong Kong vestidos de negro se congregaron frente al parlamento. El evento marcó el inicio de un periodo tumultuoso de enfrentamientos entre manifestantes y policías [...] Durante los últimos 12 meses, casi todo el mundo en Hong Kong ha usado mascarillas por una u otra razón.

Los manifestantes que libraron batallas campales contra la policía utilizaron máscaras de gas. Los manifestantes pacíficos usaron máscaras negras en señal de protesta. Y todos los demás llevan mascarillas de protección ante la pandemia que asola el planeta. (BBC Mundo, 16 de junio 2020)

Como resultado de estas situaciones recurrentes en la isla, el Gobierno chino (que todavía se denomina comunista a pesar de que participa abiertamente en los intercambios financieros globales) decidió promulgar la nueva ley de seguridad que “criminaliza y permite reprimir la secesión, la subversión, la confabulación con terceros países e insta a castigar aquellos actos que inciten al odio contra China y el gobierno del Partido Comunista” (DW en Español, 7 de julio de 2020).

El resultado de la aplicación de esta ley no solo ha despertado el interés de activistas de derechos humanos y expertos en el tema, que se interrogan por la legitimidad de las medidas, sino que a su vez ha provocado la reacción de grandes negocios y plataformas de comunicaciones:

Las multinacionales estadounidenses Facebook (propietaria de WhatsApp, además de la red social que lleva su nombre), Twitter y Google anunciaron hoy que dejarán de colaborar con la Policía de Hong Kong en la entrega de datos de los usuarios, como respuesta a la nueva ley de seguridad nacional sobre el territorio impuesta desde Pekín. (DW en Español, 7 de julio de 2020)

Estas decisiones se fundamentan en el respeto por la libertad de expresión y en la protección de los usuarios por posibles represalias que pueda tomar el Gobierno.

Tal panorama no es una realidad aislada de las dinámicas globales y, por tanto, tiene repercusiones trascendentales para todas las regiones del globo. En América latina, en particular, estas influencias podrán ser comprendidas con mayor facilidad si se tiene en cuenta el dominio del país asiático en los territorios que conforman la Nueva Ruta de la Seda.

En efecto, la estrategia china One Belt One Road, que consiste “en una ola de fondos chinos para grandes proyectos de infraestructura en todo el mundo. Al igual que la antigua ruta comercial marítima, la Nueva Ruta de la Seda tiene como objetivo vincular a China con Europa, Medio Oriente, África y ahora también América Latina” (BBC Mundo, 26 de abril 2019), a la postre, va a generar una influencia desmedida en los destinos políticos y los intereses de la región, hecho que ha sido advertido en varias ocasiones por el gobierno de Washington.

Si a esta situación le sumamos el hecho de que, en los últimos años, en los países latinoamericanos se ha visto la conformación de micropoderes sociales que estimulan la protesta social desde nuevas fórmulas de significados políticos, es posible proyectar un escenario donde por iniciativas foráneas y tal vez recurriendo a corporaciones privadas se implementen medidas de control y represión parecidas a las que hoy se utilizan en Hong Kong; lo anterior, con el nefasto resultado de la pérdida de derechos individuales y la búsqueda de un amalgamiento social que encontraría más las diferencias y las brechas entre los grupos y los intereses sociales.

## **La seguridad nacional y la premisa clásica de la seguridad como garantía de la supervivencia**

El tiempo de Maquiavelo, el siglo xvi, fue un momento de la historia marcado por las tensiones entre los

poderes territoriales y la defensa a ultranza de los intereses patriarcales representados en los diversos Estados que componían la península itálica. Las guerras de Nápoles, protagonizadas por Carlos VIII de Francia en contra de la Liga de Venecia, y el necesario ejercicio de la diplomacia durante estos años forjaron en el pensador los fundamentos para el planteamiento de la ciencia política, junto a las nociones clásicas del Estado, la política y la seguridad.

Desde la experiencia con el manejo de los intereses gremiales, familiares y la gestión de los intereses de los Estados, Maquiavelo comenzó a vincular la seguridad con el ejercicio del poder y el uso de las armas. Según él, el poder del príncipe no reside en un origen sobrenatural, sino que más bien tiene un enfoque centrado en las relaciones entre los hombres, que a su vez se rigen por la naturaleza humana dominada en todos los casos por los instintos negativos que le hacen egoísta y, a la vez, más apto para la supervivencia.

Esta condición que prevalece en las conductas del ser humano lleva a que la visión del Estado en Maquiavelo esté orientada a la construcción racional del poder y no hacia la exaltación del componente divino y atemporal: “El ámbito divino como marco de la realidad social y política debe ser marginal para la construcción del Estado, vía el incremento de poder de un príncipe determinado” (Morales, 2005, p. 92).

En consecuencia, es mucho más significativo pensar en la organización de las unidades políticas de los Estados, pero no desde las visiones superiores capaces de exaltar las mejores calidades humanas, sino que es mejor aceptar que este tipo de construcciones entendidas como “Estado ideal” son imposibles en cuanto realidad práctica, porque la naturaleza humana es conflictiva y en respuesta a ella debe establecerse no una organización política con fines superiores, sino una que responda a estos comportamientos y se rija por la naturaleza misma de los vínculos entre los hombres.

Sobre esta característica, y para la práctica de esta forma de Estado, habrá que alejarse del dilema de lo moral en relación con las prácticas políticas: “El tercer rasgo del pensamiento político de Nicolás Maquiavelo es el referido a la exclusión de la moral de la esfera política” (Morales, 2005, p. 93). Este principio resulta ser



fundamental, dado que faculta al príncipe para desplegar sus estrategias en función de sus objetivos.

A esta noción proyectada por Maquiavelo se articulan, en buena medida, las expectativas de los Estados renacentistas de su época, reconocidas por el pensador desde su experiencia como diplomático en misiones relacionadas con la defensa de los territorios pertenecientes a Florencia y en su contacto con la monarquía francesa. De allí, se derivan las principales ideas políticas en torno al tema de la defensa, que están articuladas a la comprensión de la función principal del Estado, con carácter permanente y necesario, que permite la supervivencia de las estructuras y de la comunidad humana que cobija.

Este elemento es trascendental en el pensamiento de Maquiavelo, dado que los príncipes de su época no podían consolidar la idea de unidad nacional basada en factores identitarios comunes, debido a la enorme influencia del papado en los poderes locales del territorio europeo. Al respecto, el mismo Maquiavelo resaltaba que: “El poder de la Iglesia de Roma impide que la convergencia Nación y Estado coincidan para conformar una unidad política organizada de naturaleza superior” (Morales, 2005, p. 94).

Bajo la influencia del establecimiento religioso, el contexto histórico del siglo XVI testimonia que la existencia de Estados reales estuvo fragmentada por la alta división territorial y se antepone a la visión idealista de un Estado italiano unificado; por el contrario, alimentaba la idea de que la defensa se convierte en un medio para que se fortalezca el poder del gobernante. Este significado está presente en Maquiavelo en el “componente [que] se refiere a la función del Ejército al interior del Estado, como estructura organizada de carácter permanente que establece una lógica de funcionamiento al interior del principado y adquiere la responsabilidad principal para sostener los esfuerzos del gobernante” (Morales, 2005, p. 94).

Con estos fundamentos, se hace de la guerra un elemento constante e ineludible, un postulado que se convierte en la máxima “la guerra es necesaria cuando existe una causa”. Según Maquiavelo, en los periodos de guerra el gobernante dispone de los recursos haciendo que se potencialice la construcción del Estado

para después presentar al mismo Estado como un fin en sí mismo. Así las cosas, el pensador plantea ideas de naturaleza pesimista en el nivel de la discusión política unido a concepciones liberales.

Con la idea de que “la seguridad es un valor abstracto que involucra una conciencia colectiva hacia ella de acuerdo a las condiciones imperantes en el contexto” (Morales, 2005, p. 95), Maquiavelo presenta la seguridad como una labor destinada a las élites por cuanto su planteamiento debe ser responsabilidad primordial del gobernante, ya que este es en últimas el depositario de la visión del Estado y los medios para construirlo y reproducirlo. Según Morales:

[...] en definitiva la seguridad del Estado italiano gravitaba en la superación de sus propias contradicciones e impedimentos para constituirse, para Maquiavelo el factor estabilidad no podía reducirse a un principado aislado; sino por el contrario [...] la ecuación política incorporaba como necesidad la formación y concreción del espíritu patriótico como fuerza impulsora de los procesos políticos. (2005, p. 97)

Siguiendo el planteamiento de Maquiavelo, se denota que la seguridad es en sí misma una noción compleja y con una esencia poliforme, dado que el elemento del cambio está implícito en ella: “El carácter polimorfo de la seguridad se objetiva en el elemento cambio, como lógica permanente de adaptación a las circunstancias, cualificación de sus formas de persistencia y como componente de interpretación y formulación de nuevas necesidades” (Morales, 2005, p. 98).

A partir de la tradición clásica de Maquiavelo (el neorrealismo estructural), teniendo en cuenta a Waltz (1979, 2000, 2001), va a comprender la cuestión de la seguridad atada a la estructura internacional que distribuye las capacidades y los recursos de los Estados. Así mismo, tal estructura está determinada por el poder, este que pueden ejercer únicamente los Estados con mayores recursos militares y económicos. Entonces, son los Estados hegemónicos los que pueden determinar las estructuras en atención a su interés nacional, el cual se puede concebir en términos de seguridad.

Entonces, el neorrealismo pondera la estructura para todas las interacciones estatales. En ese sentido, el presente acápite pretende exponer que la estructura comprendida y sedimentada por el concepto clásico de seguridad nacional limita las posibilidades de identificación de retos contemporáneos para el Estado. Por lo tanto, como parte de la misma estructura del concepto clásico de seguridad, se puede vincular y ampliar con el concepto de seguridad multidimensional, lo cual permitiría diseñar y proyectar una geopolítica más acorde a los complejos retos contemporáneos.

Teniendo en cuenta que, según Waltz (2000), los cambios en la estructura afectan la forma en que los Estados brindan seguridad, es pertinente remitirse al concepto de seguridad multidimensional, con el objetivo de reconocer las nuevas dinámicas que se desarrollan en la arena internacional, y que, como consecuencia, han generado una multiplicidad de amenazas que resultan en una más extensa comprensión de la seguridad, trascendiendo la limitación que supone la seguridad en el neorrealismo de Waltz, únicamente frente al enfoque militar.

## Modernidad y posmodernidad en el dilema de la seguridad

El cambio, en la noción de seguridad aborda una perspectiva alternativa a su interpretación, apoyado en el argumento del cambio paradigmático de la filosofía de la ciencia y su influencia en las ciencias sociales de siglo xx. Para abordar esta discusión, además de tener en cuenta el origen y la construcción del debate entre las posturas dominantes en relaciones internacionales, también es necesario comprender el contexto político, económico, social y cultural que ha enmarcado el escenario de internacional tras la caída del muro del Berlín en 1989.

Con los cambios políticos tras el desmonte de la Unión Soviética (URSS) y el tránsito hacia el capitalismo, el paradigma de la seguridad experimentaba un

cambio significativo, ya que había “la conciencia de que la guerra estaba desapareciendo como una opción en las relaciones entre grupos sustanciales de Estados” (Buzan, Waever & Wilde, 1998, p. 5). De allí que Buzan se preocupe por distinguir entre: i) el campo de estudios relativos a la dimensión estratégica, que para él se componen del análisis relativo a la fuerza y los instrumentos que emplea, y ii) el campo de estudios relativo a la seguridad, donde emerge un amplio espectro de temas y políticas estrechamente relacionadas.

En efecto, tras la publicación de *La condición posmoderna*, de Lyotard (1979), y tras los acontecimientos políticos del mundo a finales del siglo xx, la discusión sobre la seguridad comenzó a plantearse varios asuntos que necesariamente le atañen por tratarse de procesos transversales del cambio social. En este escenario, las características asociadas a los procesos de expansión económica, el tránsito de información y comunicaciones, y el surgimiento del comercio electrónico, entre otros aspectos que se han concentrado en el fenómeno de la globalización contemporánea, han llamado la atención sobre el dilema de la seguridad.

Es necesario observar que, junto a los procesos de la globalización contemporánea, se ha configurado en el mundo otro asunto que es importante incluir para la discusión y el debate en torno a la comprensión de la seguridad. Este se refiere a la mundialización entendida como la coexistencia, y algunas veces homogenización, de diversas identidades dando la impresión de conformar una única cultura planetaria, cuya lógica y patrones de reconocimiento pueden construirse de manera transversal a los sistemas estatales, sin siquiera tener que recurrir a ellos.

Para entender la relación que estos dos cambios del devenir contemporáneo tienen con las nociones y la discusión de la seguridad, es importante hacer una reflexión sobre los orígenes de estos dos procesos. Celestino del Arenal plantea, al respecto, que este cambio tiene un recorrido histórico que es necesario reconocer, lo cual lleva al cuestionamiento sobre la influencia hegemónica que algunas culturas han impuesto en el escenario internacional y, por tanto, en el pensamiento relacionado. Entonces, la mundialización consiste en:

[...] el proceso que nos lleva desde un mundo marcado por la existencia de distintas sociedades internacionales particulares, incluso sin contacto entre sí, existente a mediados del siglo xv, a un mundo caracterizado por la existencia de una sociedad internacional mundial, por obra de una de esas sociedades internacionales particulares, la Cristiandad Medieval, a través de un proceso de expansión, conquista y colonización del resto del planeta, que culmina a principios del siglo xx, con el dominio de Occidente sobre todos los espacios terrestres. La mundialización supone, en consecuencia, ante todo, que el espacio y el tiempo terrestres se hacen únicos y planetarios. (Del Arenal, 2007, p. 197)

Con esta aproximación, también se define una influencia presente en el pensamiento en relaciones internacionales clásico y que puede ser problematizado por los nuevos enfoques, entre los que se incluyen los dilemas actuales de la seguridad. En esta dirección, los autores de la dimensión crítica se esfuerzan por separar el sentido y la significancia de la globalización de los de la mundialización. Son procesos distintos, aunque tienen relación en el tiempo presente:

[...] la unificación y dominio del tiempo y del espacio a escala planetaria por parte de Occidente, que define, en última instancia, la mundialización no significará, sin embargo, que toda la nueva sociedad internacional mundial viva el mismo espacio y tiempo históricos. A pesar de los importantísimos efectos homogeneizadores derivados de la imposición de las formas de organización política, económica, social occidentales y de la cultura occidental, la fragmentación y la heterogeneidad que continuará caracterizando a la sociedad mundial, representada por la existencia dentro de la misma de sociedades internacionales particulares, de comunidades y pueblos, que, con mayor o menor éxito, mantienen sus propias dinámicas de desarrollo político, económico, social y cultural, hará que perduren en el seno de esa sociedad mundial sociedades que, viviendo en el mismo tiempo, espacio e historia mundiales, vivirán tiempos e incluso espacios e historias diferentes. Desde sociedades humanas que, afirmando con fuerza espacios

propios y distintos, hasta sociedades inmersas plenamente en el tiempo y el espacio mundial impuesto por Occidente. Desde sociedades humanas ya plenamente instaladas en el siglo xx hasta aquellas otras que no han llegado al siglo xx o aún permanecen en meridianos más atrasados. (Arenal, 1984, p. 200)

La transformación de las sociedades occidentales, a partir de la consolidación del proyecto de modernidad, rebasado por la categoría de sociedades posmodernas, ha generado repercusiones trascendentales tanto en la actividad política como en el sistema político en el que se enmarca: la democracia. De igual manera, el conocimiento sobre la particularidad de la esfera política ha cambiado sus concepciones iniciales, y siendo consecuente con los cambios estructurales de la sociedad, ha replanteado sus presupuestos y categorías de modo que las expresiones sociales políticas del mundo contemporáneo, además de tener cabida dentro del análisis de la disciplina, permitan la elaboración de supuestos conceptuales susceptibles de ser falseados en la indagación y el quehacer científico contemporáneo. Esta dirección abre las posibilidades de análisis e interpretación cuando se aplican para el análisis de la realidad y las prácticas políticas latinoamericanas.

Estas discusiones condujeron a varios autores, entre ellos Huntington (1996), a reconocer que la política se encuentra en una nueva fase y que los paradigmas relacionados con la seguridad, que fueron consolidados durante la Guerra Fría, ya no tienen valor explicativo. A su vez, se reconoció que la forma de comprender el conflicto tiene dimensiones estrechamente relacionadas con los cambios culturales promovidos por la mundialización: “Mi hipótesis es que el origen fundamental del conflicto en esta nueva era no será ni ideológico ni económico. La gran división de la humanidad y las fuentes dominantes del conflicto será cultural” (Huntington, 1996, p. 22).

Para continuar el análisis en torno a las cuestiones de la seguridad, en la misma dirección que otras investigaciones de las ciencias sociales, se optó por entrar en el análisis del lenguaje y la interpretación. Después de los atentados terroristas del 11 de

septiembre de 2001 en Nueva York, en el lenguaje del entendimiento del escenario internacional se comenzó a emplear la retórica de “civilizados/bárbaros”, que se refería también al dilema de la seguridad y la inseguridad, el orden y el caos, democracias y autocracias (Ruggie, 1991).

En estas formas del lenguaje, es posible reconocer las influencias universalizadoras que han terminado por construir patrones inamovibles de análisis, cuya aplicación resulta hoy contradictoria, sobre todo si se trata del análisis para los territorios que tradicionalmente no fueron objeto de análisis por las visiones clásicas:

[...] con el inicio del colonialismo en América comienza no solo la organización colonial del mundo, sino —simultáneamente— la constitución colonial de los saberes, de los lenguajes de la memoria y del imaginario. Se da inicio al largo proceso que culminará en los siglos XVIII y XIX en el cual, por primera vez, se organiza la totalidad del espacio y el tiempo —todas las culturas, pueblos y territorios del planeta, presentes y pasados— en una gran narrativa universal [...] al construirse la noción de la universalidad a partir de la experiencia particular de la historia europea y realizar la lectura de la totalidad del tiempo y el espacio de la experiencia humana a partir de esa particularidad, se erige una universalidad radicalmente excluyente. (Lander, 2000, pp. 16-17)

Fue claro para el pensamiento crítico que los estudios relativos a la seguridad durante los años de la Guerra Fría fueron dominados por la supremacía cultural que ejerció Occidente sobre el resto de los territorios mundiales, cuyo objetivo era contrarrestar a toda costa la posible influencia soviética en el mundo.

Dado que el ejercicio de la política no ha definido una entidad profesional y que, por el contrario, es susceptible de ser entendida como “el arte de equilibrar la sociedad”, un sistema de pensamiento teórico relacionado asume que la reflexión sobre la política debe estar direccionada hacia el carácter autónomo que su ejercicio ha adquirido dentro de la sociedad moderna, superando la noción de “arte” al servicio de fines

sociales para ser entendida como una esfera de “valor” autodeterminante.

La distancia entre el ejercicio y la reflexión política genera una discusión acerca de la construcción de las categorías teóricas propias para abordar su análisis desarrollando dos esferas posibles de distinción. La primera se aborda desde la filosofía política que no asume la conceptualización propia de las realidades de las democracias contemporáneas; y la segunda surge desde la esfera de la teoría económica, en la que prevalece el enfoque funcionalista de la Escuela Norteamericana (Parsons), cuyo principio de orientación va a desembocar en el problema de la “elección racional”.

Se propone un análisis sistémico de la política que examine las categorías que la definen dentro del contexto de la modernidad: Estado, sistema político, poder y democracia deliberativa. Respecto a las tres primeras, es posible hacer plausible su análisis dentro de la evolución histórica de la política, pero la última resulta del desarrollo o de los nexos generados a partir de las nuevas formas de representación política en el mundo contemporáneo, las cuales vienen dadas por los nuevos grupos sociales de referencia, en el sentido que les da la Escuela del Funcionalismo. Así, dan cabida al análisis fundamental de la cultura política dentro del entramado, por lo cual la democracia deliberativa es una categoría de análisis que permite desarrollar un constructo lógico para la inclusión de todas las manifestaciones de la cultura cívica posmoderna, que se conforma por la presencia y la representación política de diversos grupos sociales.

Con el derrumbe de estos antagonismos excluyentes y con el surgimiento de una sociedad internacional preocupada por los intereses de una nueva forma de política, se experimenta un cambio radical tanto en el sistema internacional como en las formas de hacer la política. Los canales tradicionales de la diplomacia, adaptados a un sistema jerarquizado y marcado por el protagonismo absoluto de los Estados, comienza a verse resquebrajado por la irrupción contundente de otros actores no estatales y no occidentales que ahora interactúan en el escenario de la gobernanza global.

Los aportes de la Escuela de Copenhague, como centro de pensamiento en torno a la seguridad propiamente europea, con respecto a las teorías tradicionales de las relaciones internacionales asumen la dinámica internacional analizándola según la percepción del Estado y los diversos factores que lo comprenden. La Escuela de Copenhague proporciona una definición del concepto de seguridad que “consiste en librarse de las amenazas y ser capaz —sean los Estados o las sociedades— de mantener su independencia en lo que se refiere a la identidad y a su integración funcional frente a fuerzas de cambio consideradas hostiles” (Orozco, 2000, p. 145).

El precepto anterior trata de demostrar que la seguridad no se puede analizar en una única perspectiva, sino que es necesario abordar los diferentes factores que se pueden desarrollar en torno al Estado o a la creación de una amenaza. En otras palabras:

[...] las amenazas a la integración funcional no vienen por una única vía. Por el contrario, el espectro de dimensiones que aborda la seguridad se abre en un abanico de posibilidades. La seguridad se aplica en un campo de múltiples dimensiones para preservar a un individuo, sociedad o Estado. (Orozco, 2000, p. 148)

## La noción de seguridad y sus transformaciones en el contexto contemporáneo de amenazas biológicas

La constante intervención de las actividades humanas en los ecosistemas, la aplicación de la tecnología y la expansión de la ocupación territorial tienen un impacto en los sistemas de seguridad estatal, ya que implican nuevos retos por resolver. De igual modo, el exceso en la demanda de los recursos naturales implica una sobreproducción y una mayor extracción de estos, con lo que se generan fenómenos como la deforestación y cambios en los bosques y las selvas por la

contaminación, se alteran los hábitats y se desencadenan factores de riesgo biológico en todo el mundo.

La crisis medioambiental que actualmente es percibida por todos los habitantes del planeta ha hecho evidente la necesidad de una nueva conciencia política y, con ella, de un nuevo orden mundial que relacione los ecosistemas ambientales como un eje estructural de los sistemas de seguridad, de forma que sea posible mantener la estabilidad y sostenibilidad de otras estructuras sociales y políticas amparadas en la seguridad, y que haya oportunidad de acoger la formación de nuevas entidades políticas y sociales del panorama de la seguridad. Este cambio en la interpretación de la seguridad, que supera la estatalidad clásica, da paso a una diversidad de temas, actores e intereses, entre los que se incluyen las amenazas biológicas. Así mismo, ese cambio daría origen a un sistema complejo de seguridad, con la capacidad de enfrentar mayores funciones y dificultades, logrando una mayor interconexión del mundo en el siglo XXI y sus diversos escenarios, donde se configura la descolonización política y cultural junto a la formación de nuevos Estados e identidades, entre otros.

En esta dinámica, las acciones para la protección territorial que han incluido el medio ambiente y la protección del entorno humano, en general, serían parte de los fundamentos para la renovación de los compromisos de la sociedad internacional.

## Seguridad en contextos de riesgo biológico

En el contexto global contemporáneo, las epidemias y las pandemias han sido catalogadas como amenazas latentes para la seguridad nacional. Para contrarrestarlas, los ejércitos alrededor del mundo se han preocupado por desarrollar acciones conjuntas con otras instituciones estatales como las brigadas de salubridad, por adquirir equipamientos mínimos para la atención de emergencias relacionadas, y por entrenar a sus miembros para la atención y contención de la

población civil en situaciones de crisis. Ante este panorama, la acción internacional también ha establecido dentro de sus parámetros el apoyo de las Fuerzas Militares en el tema específico de la gestión del riesgo, en concreto en lo pertinente a la observación y el cumplimiento de las leyes y el orden civil (OMS, 1999).

Así, durante 2021, vimos cómo el rol de las Fuerzas Militares para apoyar el control de la pandemia fue incrementando a medida que los impactos de la enfermedad resultaban ser más severos para las poblaciones: “En el caso de Italia, por ejemplo, con el incremento de la curva de contagios y decesos en las grandes ciudades del norte del país, se observó cómo las Fuerzas Militares comenzaron a intervenir gradualmente en la vida de las ciudades” (Cerón y Rico, 2022, p. 120). Lo anterior obligó a los ciudadanos, que todavía no tenían conciencia sobre la gravedad del problema, a cumplir los toques de queda. La participación de las Fuerzas Militares fue aumentando paulatinamente hasta el punto de utilizar los vehículos militares para el transporte de los cuerpos, con lo que dieron a entender que el país vivía un ambiente de guerra que exigía el control social.

## Conclusiones

Las dificultades para abordar las dimensiones de la seguridad, teniendo en cuenta los variados enfoques teóricos en las relaciones internacionales, así como las realidades del sistema internacional, son más evidentes cuando se trata de contextos con presencia de amenazas y riesgos biológicos. En cuanto a la dimensión de los estudios políticos y sociales, se hace evidente la necesidad de superar la visión centrada en la figura del Estado, entendida como un sistema rígido de defensa a la amenaza externa, para comenzar a abordar ópticas que incluyan el análisis de redes, así como la complejidad de los factores que componen la vida política, económica y social de los ciudadanos del siglo XXI.

Como resultado de esta reflexión, se entiende que el estudio de la seguridad no puede ser garantizado

bajo un análisis de factores individuales. Las nuevas dinámicas en el sistema internacional, dentro del macroproceso de la globalización, componen diferentes amenazas que deben ser estudiadas bajo un modelo multidimensional ya no centrado en la figura del Estado como parte de un conjunto que da forma al sistema internacional.

Al fundamentar el análisis desde el enfoque de la seguridad humana y multidimensional, se concibe el modelo de seguridad bajo una visión que trasciende el ámbito de la defensa:

[...] una visión de la seguridad no se limita exclusivamente a las amenazas tradicionales —entendidas como guerras entre Estados—, sino que también abarca nuevos retos conocidos como ‘amenazas no tradicionales’, que incluyen aspectos políticos, económicos, sociales, de salud y ambientales, y otros desafíos que se materializan diariamente en las realidades del acontecer nacional. (Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, 2018, p. 60)

## Referencias

- BBC Mundo. (2020, 16 de junio). Cómo Hong Kong enfrenta una crisis existencial que la puede llevar a convertirse en el centro de una disputa global. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-53030065>
- BBC Mundo. (2019, 26 de abril). Los países de América Latina que forman parte de la Nueva Ruta de la Seda de China. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-48071584>
- Buzan, B., Waeber, O & Wilde, J. (1998). Security: A new framework for analysis. Lynne Rienner Publisher, Inc.
- Castañeda Castro, C. F. (2018, 14 de diciembre). *Sobre el papel de la sociedad civil y de la opinión pública política*. Blog Politikaperu. <https://www.politikaperu.org/sobre-el-papel-de-la-sociedad-civil-y-de-la-opinion-publica.htm>
- Celi, P. (2015). La seguridad multidimensional ante los actuales retos de seguridad. En S. Alda Mejías y S. Ferreira (eds.), *La multidimensionalidad de la seguridad nacional: retos y desafíos de la región para su implementación* (pp. 13-29). Universidad Nacional de Educación a

- Distancia – UNED, Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado
- Cerón Rincón, A. y Rico Venegas, Y. (2022). Nuevos roles militares y otras medidas asociadas a la gestión del riesgo en relación con la pandemia de la covid-19 en Colombia. *Ciencia y Poder Aéreo*, 17(1), 116-127. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.745>
- Cique, A. (2018). Reducción de amenazas biológicas. *bie3: Boletín IEEE*, (9), 1061-1095. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6467973>
- Del Arrenal Moyúa, C. (2007). *Introducción a las relaciones internacionales*. Editorial Tecnos.
- DW en Español*. (2020, 7 de julio). Hong Kong aplicará “rigurosamente” nueva ley de seguridad. <https://www.dw.com/es/hong-kong-aplicar%C3%A1-rigurosamente-nueva-ley-de-seguridad/a-54074229>
- El Tiempo*. (2019, 15 de marzo). El experto de EE. UU. que hablará en la Corte contra el glifosato. <https://www.eltiempo.com/justicia/investigacion/experto-esta-dounidense-que-hablara-en-la-corte-sobre-el-glifosato-334468>
- Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto” (2018). *Estrategia multidimensional de seguridad nacional propuesta 2019 – 2029*. <https://esdegue.libros.edu.co/index.php/editorial/catalog/download/60/75/903?inline=1>
- Fernández Pereira, J. P. (2005). *Seguridad humana* [tesis doctoral, Universidad de Barcelona]. Repositorio institucional UB. [https://www.iidh.ed.cr/multic/UserFiles/Biblioteca/IIDHSeguridad/12\\_2010/d540f1cb-719b-4b49-95b1-f61a7faa7ab2.pdf](https://www.iidh.ed.cr/multic/UserFiles/Biblioteca/IIDHSeguridad/12_2010/d540f1cb-719b-4b49-95b1-f61a7faa7ab2.pdf)
- Font, T. y Ortega, P. (2012). Seguridad nacional, seguridad multidimensional, seguridad humana. *Papeles de Relaciones Ecosociales y Cambio Global*, (119), 161-172. [https://www.fuhem.es/papeles\\_articulo/seguridad-nacional-seguridad-multidimensional-seguridad-humana/](https://www.fuhem.es/papeles_articulo/seguridad-nacional-seguridad-multidimensional-seguridad-humana/)
- Fraser, N. (1999). Repensando la esfera pública: una contribución a la crítica de la democracia actualmente existente. *Revista Ecuador Debate*, (046). <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/5760>
- Guattari, F. (2017). *La revolución molecular*. Errata Naturae
- Habermas, J. y Jiménez Redondo, M. (1998). *Facticidad y validez: sobre el derecho y el Estado democrático de derecho en términos de teoría del discurso*. Trotta.
- Hobbes, T. (1958). *Leviatán: o la materia, forma y poder de una república eclesiástica y civil*. Fondo de Cultura Económica.
- Hudock, A. C. (1995). Sustaining Southern NGOs in resource-dependent environments. *Journal of International Development*, 7(4), 653-667. <https://doi.org/10.1002/jid.3380070407>
- Huntington, S. (1996). *The clash of civilizations. And the remaking of world order*. Simon & Schuster
- Lander, E. (2000). Ciencias sociales: saberes coloniales y eurocéntricos. En *La colonidad del saber: eurocentrismo y ciencias sociales. Perspectivas latinoamericanas*. (pp. 4-23). CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. [http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/sur-sur/20100708040444/3\\_lander1.pdf](http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/sur-sur/20100708040444/3_lander1.pdf)
- Lyotard, J. F. (1979). *La condición posmoderna*. Les Éditions de Minui.
- Morales, J. C. (2005). La Seguridad y la defensa en el pensamiento político de Nicolás Maquiavelo. *Realidad y Reflexión*, 5(13), 91-110. <https://core.ac.uk/download/pdf/47266386.pdf>
- OEA (2002, 04 de junio). *Declaración de Bridgetown: enfoque multidimensional de la seguridad hemisférica*. [http://www.oas.org/xxxiiga/espanol/documentos/docs\\_esp/agcgdoc15\\_02.htm](http://www.oas.org/xxxiiga/espanol/documentos/docs_esp/agcgdoc15_02.htm)
- Orozco Restrepo, G. A. (2000). El aporte de la Escuela de Copenhague a los estudios de seguridad. *Revista Fuerzas Armadas y Sociedad*, 20(1), 141-162. <http://docplayer.es/16192092-El-aporte-de-la-escuela-de-copenhague-a-los-estudios-de-seguridad.html>
- Ruggie, J. G. (1991). Embedded liberalism revisited: institutions and progress in international economic relations. En E. Adler & B. Crawford (eds.), *Progress in postwar international relations* (pp. 201-234). Columbia University Press
- Sen, A. (2000). El desarrollo como libertad. *Gaceta Ecológica*, (55), 14-20. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53905501.pdf>
- Waltz, K. N. (1979). *Theory of International Politics*. Addison-Wesley Publishing Company [https://d11.cuni.cz/pluginfile.php/486328/mod\\_resource/content/0/Kenneth%20N.%20Waltz%20Theory%20of%20International%20Politics%20Addison-Wesley%20series%20in%20political%20science%20%20%20%201979.pdf](https://d11.cuni.cz/pluginfile.php/486328/mod_resource/content/0/Kenneth%20N.%20Waltz%20Theory%20of%20International%20Politics%20Addison-Wesley%20series%20in%20political%20science%20%20%20%201979.pdf)
- Waltz, K. N. (2000). Structural Realism after the Cold War. *International Security*, 25(1), 5-41. <http://www.jstor.org/stable/2626772>
- Waltz, K. N. (2001). *Man, the state, and war: A theoretical analysis*. Columbia University Press.

# Balance del contexto, la evolución y la visión prospectiva de los aeropuertos para los Servicios Aéreos Esenciales en Colombia

| Fecha de recibido: 14 de julio 2022 | Fecha de aprobado: 28 de septiembre 2022 |

| Reception date: July 14, 2022 | Approval date: September 28, 2022 |

| Data de recebimento: 14 de julho de 2022 | Data de aprovação: 28 de setembro de 2022 |

## Sergio París Mendoza

<https://orcid.org/0000-0002-6577-0319>

✉ [Sergio.paris@aerocivil.gov.co](mailto:Sergio.paris@aerocivil.gov.co)

### Magíster en Administración de Empresas Aeroespaciales

Especialista Aeronáutico, Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil Colombia

Rol del investigador: teórico, experimental y escritura

Grupo de Investigación: Grupo de Investigación Académica - GINA

### Master of Aerospace Business Administration

Aeronautical Specialist, Special Administrative Unit Aeronáutica Civil Colombia

Role of the researcher: theoretical, experimental and writing

Research Group: Academic Research Group – GINA

### Mestrado em Administração de Empresas Aeroespaciais

Especialista Aeronáutico, Unidade Administrativa Especial Aeronáutica Civil Colombia

Papel do pesquisador: teórico, experimental e escrito

Grupo de Pesquisa: Grupo de Pesquisa Acadêmica – GINA

## Narda Verónica Velandia Cely

<https://orcid.org/0000-0002-8430-3302>

✉ [Narda.velandia@aerocivil.gov.co](mailto:Narda.velandia@aerocivil.gov.co)

### Especialización en Finanzas Públicas

Contratista, Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil Colombia

Rol del investigador: teórico, experimental y escritura

### Specialization in Public Finance

Contractor, Special Administrative Unit Aeronáutica Civil Colombia

Role of the researcher: theoretical, experimental and writing

### Especialização em Finanças Públicas

Empreiteiro, Unidade Administrativa Especial Aeronáutica Civil Colombia

Papel do pesquisador: teórico, experimental e escrito

**Cómo citar este artículo:** París Mendoza, S. y Velandia Cely, N. V. (2023). Balance del contexto, la evolución y la visión prospectiva de los aeropuertos para los Servicios Aéreos Esenciales en Colombia. *Ciencia y Poder Aéreo*, 18(1), 86-100. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.757>





## Balance del contexto, la evolución y la visión prospectiva de los aeropuertos para los Servicios Aéreos Esenciales en Colombia

## Assessment of the context, evolution and prospective vision of the airports for Essential Air Services in Colombia

## Avaliação do contexto, evolução e visão prospectiva dos aeroportos para os Serviços Aéreos Essenciais na Colômbia

**Resumen:** El objetivo central del presente documento de investigación es hacer un balance acerca del contexto, la evolución y la visión prospectiva de los Aeropuertos para los Servicios Aéreos Esenciales (ASAE) en Colombia, relacionado con el avance que ha tenido la política pública para los Servicios Aéreos Esenciales (SAE) en estos aeropuertos en los últimos años (1994-2021); y hacer un balance acerca de la importancia que representa la conectividad en la integración nacional para el desarrollo económico, social y cultural. Se parte de la adecuada prestación del servicio de transporte aéreo y de la infraestructura aeronáutica y aeroportuaria. Se abordan casos del nivel regional e interno que puedan aportar al desarrollo y avance de la política pública, y que en conjunto con la colaboración y participación de las comunidades beneficiarias, el Estado y las entidades del orden nacional e internacional, exista el propósito de orientar los recursos para la planeación de la preinversión, el desarrollo de los aeródromos y la construcción de capacidades para la operación y el mantenimiento de estas infraestructuras en la población habitante de las zonas apartadas, finalizando con la identificación de los factores de incidencia que no han sido tenidos en cuenta en la política pública y que sí tienen gran impacto en los territorios a ser tratados. Se evidencia la necesidad de una reevaluación de la política pública y que su resultado sea parte del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 y los subsiguientes. El presente documento se trabajó bajo la metodología cualitativa, ya que se recopilaron y analizaron documentos y datos textuales. Se aplicó así mismo el método histórico, en el cual se relacionaron las diferentes etapas y evolución del tema tratado. El método inductivo nos dio la posibilidad, en rasgos generales, de dar conclusiones que podrán ser útiles, aplicables y tenidas en cuenta en la realidad de la política pública tratada a lo largo del documento.

**Palabras clave:** Aeropuertos para los Servicios Aéreos Esenciales (ASAE); conectividad; infraestructura; Servicios Aéreos Esenciales (SAE); Plan Nacional de Desarrollo; política pública.

**Abstract:** The main objective of this research paper is to take stock of the context, evolution and prospective vision of the Airports for Essential Air Services (AEAS) in Colombia, related to the progress made by the public policy for Essential Air Services (EAS) in these airports in recent years (1994-2021); and to take stock of the importance of connectivity in national integration for economic, social and cultural development. The starting point is the adequate provision of air transport services and aeronautical and airport infrastructure. Cases of the regional and internal level that can contribute to the development and progress of public policy are addressed, and that together with the collaboration and participation of the beneficiary communities, the State and national and international entities, there is the purpose of orienting resources for pre-investment planning, the development of airfields and the construction of capacities for the operation and maintenance of these infrastructures in the population living in remote areas, ending with the identification of the incidence factors that have not been taken into account in the public policy and that do have a great impact on the territories to be treated. The need for a re-evaluation of the public policy is evident and its result should be part of the National Development Plan 2022-2026 and subsequent ones. This document worked under the qualitative methodology, since documents and textual data were collected and analyzed. The historical method was also applied, in which the different stages and evolution of the subject were related. The inductive method gave us the possibility, in general terms, to draw conclusions that could be useful, applicable and taken into account in the reality of the public policy discussed throughout the document.

**Keywords:** Airports for Essential Air Services (AEAS); connectivity; infrastructure; Essential Air Services (EAS); National Development Plan; public policy.

**Resumo:** O principal objetivo deste trabalho de pesquisa é fazer um balanço do contexto, evolução e visão prospectiva dos Aeroportos para Serviços Aéreos Essenciais (ASAE) na Colômbia, relacionado ao progresso feito pela política pública para Serviços Aéreos Essenciais (SAE) nestes aeroportos nos últimos anos (1994-2021); e fazer um balanço da importância da conectividade na integração nacional para o desenvolvimento econômico, social e cultural. O ponto de partida é a provisão adequada de serviços de transporte aéreo e infra-estrutura aeronáutica e aeroportuária. São tratados casos de nível regional e interno que podem contribuir para o desenvolvimento e progresso das políticas públicas, e que, juntamente com a colaboração e participação das comunidades beneficiárias, do Estado e de entidades nacionais e internacionais, tem o objetivo de orientar os recursos para o planejamento do pré-investimento, o desenvolvimento de aeródromos e a construção de capacidades para a operação e manutenção dessas infra-estruturas na população que vive em áreas remotas, terminando com a identificação dos fatores de incidência que não foram considerados nas políticas públicas e que têm um grande impacto sobre os territórios a serem tratados. A necessidade de uma reavaliação da política pública é evidente, e seu resultado deve fazer parte do Plano Nacional de Desenvolvimento 2022-2026 e dos subsequentes. Este documento é baseado em uma metodologia qualitativa, uma vez que documentos e dados textuais foram coletados e analisados. O método histórico também foi aplicado, no qual as diferentes etapas e a evolução do assunto foram relacionadas. O método indutivo nos deu a possibilidade, em termos gerais, de tirar conclusões que poderiam ser úteis, aplicáveis e levadas em conta na realidade da política pública tratada ao longo do documento.

**Palavras-chave:** Aeroportos para Serviços Aéreos Essenciais (ASAE); conectividade; infra-estrutura; Serviços Aéreos Essenciais (SAE); Plano Nacional de Desenvolvimento; política pública.

## Introducción

Para el desarrollo del presente artículo, se realizó un análisis de los diferentes documentos que tratan el tema relacionado con Servicios Aéreos Esenciales (SAE) y Aeropuertos para los Servicios Aéreos Esenciales (ASAE). Se aclara de manera general que el tema no ha sido lo suficientemente estudiado, razón por la cual nos enfocamos en la información disponible tanto a nivel nacional como internacional. Lo anterior, tomando como línea base de análisis el Conpes 2727 “Reordenamiento institucional y Plan de Expansión del Sistema”, emitido en 1994 y vigente hasta el 2021. Así, entonces, el presente documento se desarrolló en el marco de la metodología cualitativa, con la recopilación y el análisis de los diferentes documentos y datos textuales consultados. En consecuencia, se relacionarán las diferentes etapas y la evolución del tema tratado, dando aplicabilidad al método histórico, para finalmente pasar al método inductivo que nos dio la posibilidad de emitir, en rasgos generales, una serie de conclusiones que podrán ser útiles, aplicables y tenidas en cuenta en la realidad de la política pública tratada.

El artículo tiene como fin hacer un balance acerca del contexto, la evolución y la visión prospectiva de los ASAE en Colombia, originados en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”, en su pacto por la descentralización: conectar territorios, gobiernos y poblaciones, en el cual se menciona que:

Es necesario aprovechar el potencial de desarrollo de todas las regiones para generar oportunidades de crecimiento y equidad. Esto implica, por un lado, *conectar territorios* e impulsar el crecimiento y la productividad según la vocación de cada región, para dinamizar la generación de ingresos y oportunidades; y por el otro, conectar gobiernos fomentando la *asociatividad regional y subregional, la gobernanza multinivel, y la conexión de poblaciones* en todas las regiones a mercados, bienes públicos e infraestructura social para la equidad. (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2018, p. 1300) [Énfasis fuera de texto]

Aun así, se evidencia que en muchos territorios colombianos hay insuficiencia de la infraestructura aeroportuaria y aeronáutica, teniendo en cuenta que son territorios que tienen el transporte aéreo como único medio de conexión eficiente con otras zonas del país. El transporte aéreo, tutelado por el Estado en su calidad de servicio público esencial, se ve igualmente afectado en su accionar por una normatividad escasa hacia las regiones apartadas, unos recursos inadecuados y el desconocimiento por parte de las entidades territoriales del manejo apropiado de los recursos, las fuentes de financiación y las características del sector aéreo.

Una vez identificado el problema como la necesaria conectividad para la integración nacional que contribuya al desarrollo económico, se entienden los elementos que componen la estrategia: el servicio de transporte aéreo y la infraestructura aeroportuaria, ambos elementos esenciales. Por tanto, una efectiva política requiere trabajar en estos dos frentes y en una dimensión humana, la de la comunidad que es beneficiaria y además servida desde la política pública. De esta forma, se desarrollaron dos estrategias, una orientada a los SAE y otra orientada a los ASAE, elevándolos a nivel de política pública y sirviendo a unas rutas sociales como se describe en este documento.

Los SAE se fundamentaron en una política de subvención al operador estatal Servicio Aéreo a Territorios Nacionales (Satena), bajo una metodología de evaluación de sus impactos sociales en rutas debidamente aprobadas por la Aeronáutica Civil (Aerocivil), en su Oficina de Transporte Aéreo; y para el segundo componente, la Aerocivil planteó como alternativa de solución hacia la infraestructura brindar a las entidades territoriales la posibilidad de contar con ASAE mantenidos, adecuados y seguros, que provean asistencia técnica en asuntos aeronáuticos y aeroportuarios, y apoyo en la estructuración de proyectos de infraestructura, a fin de lograr el desarrollo y el mejoramiento de la infraestructura de transporte aéreo como destacada consecuencia de la estrategia para su fortalecimiento.

Aquí, es relevante reconocer que el éxito de la política pública para los SAE exige trabajar en conjunto con otras entidades del orden nacional e internacional, con el fin de generar propuestas que apunten

a obtener la asistencia técnica necesaria y que orienten los recursos para la planeación de la preinversión y el desarrollo de los aeródromos. Con esto se logra no solo el cumplimiento de políticas nacionales y regionales, sino también la conexión y el desarrollo de los territorios más apartados de Colombia, sin olvidar la construcción de capacidades frente al transporte aéreo en el interior de la comunidad beneficiaria.

A lo largo del artículo, se relaciona la justificación de por qué es necesario desarrollar la política para la conexión de los ASAE y la prestación de los SAE en los territorios de difícil acceso. Así mismo, se realizará una contextualización que mostrará algunos casos aplicados a nivel regional (Perú y Amazonia), y con esta se expondrán los avances que a la fecha (teniendo en cuenta que va de 1994 al 2021) se han hecho en el plano interno para el área de interés. Esto con el fin de revisar el desarrollo de los casos y analizar las posibles acciones que puedan ser aplicables y que aporten al entendimiento del tema. Se busca llegar a una serie de conclusiones que pueden ser tenidas en cuenta en el proceso de esta política pública.

## Marco jurídico

A continuación, se relacionan las fuentes de información doctrinarias aplicables a la política para los SAE:

### Marco jurídico de los SAE

**Código de Comercio, Artículo 1863:** Habilita al Gobierno para subvencionar la industria aérea (Presidencia de la República, 1971).

**Ley 336 de 1996, Artículo 68:** Declaratoria del transporte aéreo como un servicio público esencial (Congreso de la República, 1996).

**Ley 1955 de 2019, PND 2018-2022, Artículo 302:** Ratifica la posibilidad de subvencionar rutas sociales en las que Satena sea el único operador por el Ministerio de Defensa (Congreso de la República, 2019).

**Ley de Turismo 2068 de 2020, Artículo 54:** Subvenciones a empresas de servicio de transporte aéreo

con la posibilidad de que el Ministerio de Transporte subvencione el servicio esencial y la atención de rutas sociales (Congreso de la República, 2020).

**Consejo Directivo Aerocivil de 2015:** Define como rutas sociales aquellas en las que, por cuestiones geográficas, de orden público, de infraestructura y pobreza, deban ser conectadas con los centros económicos y no llegue ningún otro operador aéreo distinto de Satena.

**Regulaciones, metodología y banco de rutas de Aerocivil** construidas alrededor de Satena como único operador.

**Regulación operación taxis aéreos:** RAC 5.

### Marco jurídico de los ASAE

**Bases del PND 2014-2018:** Habilita a los gobiernos territoriales para el uso de los recursos del Sistema General de Regalías (SGR) en aeropuertos propiedad de entidades territoriales.

**El Plan Nacional de Vías para la Integración Regional (PNVIR):** Define los SAE como el mecanismo para contribuir a la integración territorial y el cierre de brechas en las comunidades lejanas, donde se refleja la necesidad de presencia del Estado.

**Ley 1955 de 2019 PND, Artículo 103:** Habilita a la Aerocivil<sup>1</sup> para invertir en infraestructura aeroportuaria que no es de orden nacional y el Decreto 129 de 2020 define los criterios de priorización (Congreso de la República, 2019).

**Bases del PND 2018-2022:** Pacto por la descentralización: conectar territorios, gobiernos y poblaciones:

4) Sostenibilidad de la “infraestructura de aeródromo para los ASAE a través del programa de mantenimiento y rehabilitación de aeródromo regionales y del apoyo técnico de la Aeronáutica Civil. Para la conexión en subregiones rurales la Aeronáutica Civil continuará con el programa de mantenimiento y rehabilitación de aeródromo regionales donde el alto costo de implementación y las restricciones geográficas dificultan el

<sup>1</sup> Acrónimo para la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.

despliegue de otros modos. Se proveerá igualmente asistencia técnica a los municipios en función de sus recursos disponibles. Lo anterior permite impulsar el desarrollo de los aeropuertos destinados a los servicios Aéreos Esenciales-ASAE”. (DNP, 2018)

**Código BPIN: 2018011000970:** Apoyo a las entidades territoriales para el fortalecimiento de la infraestructura de transporte aéreo a nivel nacional (DNP, 2021).

## Justificación

Colombia se ha desarrollado de manera desigual (Valora Analitik, 2021). Por fortuna, el centro de todo fue la otrora Santa fe de Bogotá, lo cual demandó la imprescindible conectividad desde este punto hacia aquellos que fueron creciendo a lo largo del territorio nacional, en donde mantener la conectividad resultó fundamental para la existencia del Estado. Ejemplos como Leticia en el Amazonas, Puerto Carreño en el oriente y San Andrés en el Caribe permitieron que la aviación jugara un papel decisivo, al igual que los obstáculos geográficos, entre ellos, las cordilleras que dificultan la conectividad terrestre. Lo anterior da pie para afirmar que gracias a la aviación los límites de Colombia como territorio se mantienen atados a su centro político y económico, pero dicha realidad del territorio hace que todavía haya muchas comunidades aisladas o conectadas de manera precaria y por eso una política pública de transporte aéreo esencial se hace fundamental.

Una de las causales de la desconexión y la falta de acceso a bienes y servicios en los territorios alejados en Colombia es, sin duda, la ausencia de vías terciarias o ríos navegables que comuniquen estas zonas del país, lo cual afecta no solo la calidad de vida de la población, sino también el desarrollo del territorio, el acceso a la oferta estatal y las relaciones económicas y sociales. Por tal razón, reconocer la necesidad que tienen las poblaciones de estas zonas para mejorar su conectividad con áreas concentradoras, prestadores de servicios y bienes es importante para Colombia, que

cumple así con los fines del Estado y, en consecuencia, con el Plan Nacional de Desarrollo. Además de generar empleo y mejorar la calidad de vida de la población en estas regiones, es apremiante trabajar de la mano para la obtención de apoyo y cooperación técnica y financiera hacia ellas.

En los últimos años, se ha agudizado la necesidad de plantear estrategias de colaboración, cooperación y desarrollo de políticas que impacten positivamente en la prestación de SAE. Con la firma de los Acuerdos de Paz, como lo reconoce el PNVIR (Ministerio de Transporte, 2018), el transporte aéreo, de bienes, de personas o de carga se vuelve un instrumento estabilizador, mediante una red de SAE que sea apoyada por el Gobierno nacional y sus ASAE construidos como infraestructura aeroportuaria esencial edificada con vocación social.

## Contextualización y avances

En un esfuerzo por la conectividad social, el Estado colombiano creó a Satena como aerolínea para desarrollar esos destinos sociales, y recientemente ha emergido como objeto de estudio y análisis de la teoría del desarrollo. Esta importancia se produce en el marco de la discusión sobre los factores que inciden en la inserción de las pequeñas economías de los territorios apartados a la economía nacional o a la economía mundial; inciden en su creciente apertura e integración, y en la profunda necesidad de llevar la oferta estatal a esos territorios, en salud, justicia, educación y otros derechos propios de los colombianos.

Así, la preocupación que ha surgido en torno a los distintos soportes de la conectividad de los sistemas económicos, y de los territorios que los contienen, ha estado marcada por la integración, la paz y la globalización de la economía mundial. En concordancia con lo anterior, el análisis de la conectividad como un todo termina siendo fundamental en la revisión de Colombia como Estado, su desarrollo en el tiempo y su inserción en la actividad internacional, así como en la revisión de las formas como la economía nacional actúa en dicho

proceso. Esta visión producto de un estudio se traduce en nuevas exigencias para las políticas públicas en el sector de infraestructura y servicios, a fin de asegurar una mejor conectividad dentro del territorio nacional y de este con su entorno, y poder cumplir con los requisitos de esta inclusión (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal], 2006, pp. 7-8).

Los SAE se relacionan con la prestación del servicio de transporte aéreo desde y hacia regiones apartadas que padecen la ausencia de una conectividad apropiada. La implementación de los SAE permite irrigar el transporte aéreo a lo largo del territorio colombiano hacia estas zonas remotas, con lo que se evidencia la urgente necesidad de una infraestructura que sea capaz de mantener dicha operación y que esté en constante mantenimiento y vigilancia, precisando de la intervención del Estado para la implementación de políticas de índole social que impactan estas zonas. De igual manera, téngase en cuenta que, en la mayoría de los casos, las entidades territoriales o comunidades son las propietarias de los lugares donde se desarrollaría la infraestructura de la cual carecen para la conectividad y a la cual se prestarían los servicios de transporte aéreo. Esto implica entonces un trabajo engranado y en equipo nación-territorio. Es importante repensar las posibilidades y los mecanismos por medio de los cuales se pueda brindar la infraestructura aeroportuaria, tema claramente conectado a la asignación de recursos para su avance e implementación dentro de una política pública consistente, conectada con la construcción de lazos culturales y territoriales con la comunidad. Todo esto sin dejar de lado que la sociedad inmersa en un contrato social demanda un fin y obliga a la constante vigilancia de los impactos que la política pública trae al territorio para mitigar los riesgos y corregir el rumbo de ser necesario.

Actualmente, las entidades territoriales cuentan con ingresos por regalías, fondos de inversión para la paz, Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET) e incluso por la voluntad de donantes internacionales o de los miembros del Congreso, quienes abogan por la orientación de los recursos públicos. En cada una de estas fuentes, existe un instrumento por

medio del cual se financian y cofinancian programas y proyectos, delegando a la entidad territorial el proceso de estructuración respectivo, un requisito que es mínimamente cumplido por los posibles interesados, debido a la falta de capacidad, al desconocimiento del proceso a desarrollar y a los pasos tras esta estructuración. Con esto se desplaza indirectamente la posibilidad de participar por recursos necesarios para la conectividad y el desarrollo de infraestructura de esos territorios. Lo anterior, teniendo en cuenta la finalidad esencial que para cada entidad territorial representa lo propuesto dentro de sus proyectos, y así mismo, el servicio que es adecuado para su territorio. Estas cuestiones suelen ser poco visibles, pero tienen gran impacto en la capacidad operativa de las políticas sociales (Cohen y Franco, 1992).

La realidad refleja la necesidad de que se planteen e implementen mecanismos que apoyen el desarrollo de la estructuración de los programas y proyectos aeroportuarios desde el Gobierno nacional, y así mismo, la reevaluación de los criterios de selección y los requisitos solicitados al momento de participar por recursos. Hay un riesgo que puede derivar del desconocimiento existente en el manejo y la elaboración de esos mecanismos por parte de las entidades territoriales, y de igual manera, hay limitaciones en cada territorio. Por otra parte, la financiación e irrigación de recursos debe cumplir con los propósitos de la seguridad operacional y de la aviación civil; es decir, debe encajar en las regulaciones aeronáuticas, por cuanto una arista del problema es cómo la autoridad puede garantizar una operación segura a los territorios al transitar la regla de las regulaciones nacionales que se derivan de las internacionales o de los anexos de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

Para ello, es indispensable una evaluación o consultoría de organismos internacionales que orienten, replanteen o validen la política pública para que esta se desarrolle en el marco de la realidad social y económica que vive el país. Es debido tener en cuenta el objetivo al que se está apuntando y la desarticulación que se está presentando para su cumplimiento, pues configura un problema social a nivel nacional, buscando un equilibrio en el conocimiento de la estructuración de

los proyectos tanto de la Aviación Civil como del desarrollo y la elaboración de proyectos de inversión, a fin de que actúe como compensador y evite que la falta de conocimiento especializado en el territorio construya inequidad.

Como se mencionó antes, el Estado tomó la decisión de que fuera Satena la empresa que cubriera algunas rutas sociales, pero su capacidad no alcanza. La incorporación de nuevas aeronaves para el operador estatal aún no se ha realizado y la Aerocivil, por su parte, ha mantenido un decidido apoyo a la política planteada desde el Gobierno nacional aprobando rutas sociales a los territorios para que Satena preste sus servicios con enfoque social, con base en las necesidades y prioridades de dicha conectividad bajo la figura de subvención.

Sin embargo, a la fecha los servicios prestados por la aerolínea no cubren la demanda social advertida. Por ello, la política de transporte aéreo habilitó los taxis aéreos con la posibilidad de vender tiquetes en rutas no atendidas. Estas resoluciones contribuyeron a aumentar la oferta hacia destinos sociales, y concluyeron con una reforma a los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC) en su otrora parte 3, incluyendo el RAC 5. Así, se redujeron las barreras de ingreso y los requerimientos de capital para la constitución y entrada de nuevos jugadores y complementar la operación de la aerolínea estatal con vocación social. Se permitió, donde exista rentabilidad, que otro operador apoye la prestación de servicios aéreos a destinos sociales, siguiendo los principios orientadores a los que inicialmente se abrió la posibilidad, como bien lo planteó el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en su asesoría técnica a Colombia (Fioravanti, 2020).

Es imprescindible cambiar la forma de hacer las cosas. Si bien antes la entidad territorial solicitaba recursos para hacer su infraestructura por medio de la Ley de Presupuesto y la Aerocivil se trasladaba al territorio y ejecutaba aquellos presupuestos asignados desde el Gobierno nacional, esto llevó a que el territorio quedara sujeto a ciertas decisiones externas, pero generaba pertenencia en torno a una infraestructura que es de su resorte atender y mantener. Es así como asistencia, asesorías, consultorías, formación y/o

capacitaciones aeroportuarias toman importancia, ya que dan lugar al conocimiento y generan el compromiso que requieren para dicho fin. Entonces, el trabajo en equipo nación-territorio se convierte en una necesidad fundamental para subsanar este problema social que nos aqueja y aparta dentro del mismo territorio nacional.

De igual manera, es significativo el hecho de que se haga una correcta y oportuna difusión de los programas sociales aeroportuarios en vigencia en relación con estas temáticas, así como el apoyo y la asesoría en la estructuración de proyectos por parte de las entidades y los organismos concededores de los temas. Se solicitan recursos para infraestructura aeronáutica y aeroportuaria, tanto como para continuar respaldando el encadenamiento en la prestación de servicios a destino con rutas sociales, de acuerdo con los mecanismos que previamente debieron ser divulgados a los interesados. También, se exige solucionar el problema de adecuación e inclusión de un nuevo operador o el mejoramiento de las condiciones que permitan que el operador actual tenga mayor capacidad instalada para ampliar la prestación del servicio.

En ese orden de ideas, la Aerocivil, como parte del proceso, de la política misma y con base en las funciones que le han sido delegadas, debe coordinar y formular con el Ministerio de Transporte la definición de políticas y planes generales de la entidad y el transporte aéreo. Se propende al desarrollo aeronáutico y aeroportuario del país, impulsando e implementando estrategias que promuevan el sector aéreo y la participación regional. Así mismo, coordinar con entidades, autoridades aeronáuticas y/u organismos nacionales e internacionales los lineamientos relacionados con la aviación civil, a fin de facilitar la prestación de servicios de asistencia técnica mediante acuerdos de cooperación (Ministerio de Transporte, 2004) y la colaboración interinstitucional. Se pretende hacer viable la posibilidad de que el Gobierno nacional, por medio de la Aerocivil, financie el ajuste de la implementación de la política tanto en el desarrollo de infraestructura en aeropuertos para ASAE, como en la prestación de SAE a esos destinos. Adicionalmente, está la búsqueda de apoyo con organismos nacionales e internacionales,

de acuerdo con los mecanismos que tengan establecidos, para que guíen y generen aportes y recomendaciones que lleven a avances con impacto social y valor público en la conectividad social del país.

La Aerocivil ha participado en la promoción de estrategias que impulsan la participación regional en la política pública, dando viabilidad al proyecto de inversión denominado “Apoyo a las entidades territoriales para el fortalecimiento de la infraestructura de transporte aéreo a nivel nacional”, que en conjunto con el Ministerio de Transporte y el Departamento Nacional de Planeación (DNP) lanzaron en el 2018 y que hace parte del programa de Infraestructura y Servicios de Transporte Aéreo, cuyo fin es:

Conectar lugares apartados, con poca o ninguna infraestructura aeroportuaria, limitaciones geográficas y una alta demanda del servicio del transporte aéreo, esta última definida mediante un análisis de capacidad y demanda que evalúa la demanda de las aerolíneas y determina la capacidad máxima, teniendo en cuenta todos los límites físicos, operativos y medioambientales presentes. (Aerocivil, 2020, RAC 1 Enmienda 17)

Así mismo, tiene por objetivo prestar servicios de asistencia técnica a las regiones ampliando el conocimiento y la experiencia en el tema aeronáutico y aeroportuario, con miras a lograr una mejor gestión, la operación segura y el adecuado mantenimiento de la infraestructura, así como una mayor posibilidad en la obtención de recursos. A su vez, busca identificar los medios existentes y, con esto, el reconocimiento de oportunidades para ampliar los accesos al territorio. Se constata que, para el cumplimiento de esta estrategia, se requieren fuentes de financiación que inviertan en la realización de estas actividades, ya que la escasez de recursos se convierte en el principal obstáculo para su desarrollo, siendo necesaria la intervención del Estado y la asistencia de organismos internacionales de cooperación.

Dado lo anterior, se busca ampliar el espectro de investigación y comprender más acerca de los SAE y de estrategias para el desarrollo de infraestructura

ASAE, siendo necesaria la identificación de situaciones en otras naciones. De tal suerte, se han consultado casos o situaciones de nivel regional y se expone el avance interno que ha adelantado Colombia.

## Plano regional

En este plano, se realizó un recorrido por las principales experiencias de algunos de los países limítrofes con Colombia (Perú y Amazonia) en el manejo y direccionamiento que se les ha dado a los vuelos subsidiados para las regiones apartadas.

### Consideraciones ambientales para proyectos de pequeña infraestructura y productivos en el marco de los programas de desarrollo con enfoque territorial (PDET)

Este documento fue resultado de la reunión con la Agencia de Renovación del Territorio (ART) y las direcciones técnicas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) en febrero 16 de 2017, tuvo como objetivo presentar la estrategia de ART para el desarrollo de Pequeña Infraestructura Comunitaria (PIC) en el marco de los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET). Busca dar unas pautas ambientales prácticas para la intervención de la ART con proyectos productivos y mejoras en infraestructura a definir con la participación de la comunidad, el cual contiene consideraciones ambientales, para prevenir que se causen impactos ambientales negativos, con miras a hacer intervenciones ambientalmente responsables y con visión de duración en el largo plazo (ART y MADS, 2017).

### La conexión aérea en la selva peruana

El programa de Promoción y Fomento se implementa a través de subsidios directos, indirectos o sistemas de cofinanciamiento para operadores aéreos privados, con el objetivo de que el usuario final pague por el servicio un monto inferior a su costo. Se establecen paquetes de rutas conformados por un aeropuerto “hub” y un conjunto de localidades beneficiarias pequeñas ubicadas en la Amazonia, como Tarapacá, La Pedrera,

La Chorrera y El Encanto, entre otras que tienen entre 3000 y 4000 habitantes con difícil acceso en transporte de superficie. En la actualidad, hay catorce rutas protegidas. El presupuesto anual es de alrededor de 2 millones de dólares (Fioravanti, Café y Diez-Roux, 2018).

### TAME Amazonia

El proyecto TAME Amazonia fue ideado por el Ecuador con el apoyo de la aerolínea TAME EP, con el fin de generar un beneficio a la comunidad amazónica. Este proyecto de carácter social tuvo como propósito ofrecer transporte aéreo a las poblaciones más alejadas de la vasta Amazonia ecuatoriana, con un servicio frecuente, de calidad y a un precio accesible para quienes habitaran como residentes las áreas de cobertura (Larenas, 1 de mayo de 2018).

En su momento, TAME operó una red de once destinos domésticos (Lago Agrio, Coca, Macas y Latacunga, entre otros). También, tuvo un operador independiente denominado TAME Amazonia, que llegó a destinos remotos en la región amazónica. Durante la pandemia de COVID-19, que generó restricciones económicas a Ecuador y paralizó la conectividad en el modo aéreo, se tomó la decisión de suspender operaciones y avanzar en la liquidación de la aerolínea TAME (Giménez, 19 de mayo de 2020).

### Plano interno

A nivel nacional, la conectividad es uno de los temas inherentes a las funciones que desarrolla la Aerocivil como autoridad aeronáutica en el país. Para el cumplimiento de dicho objetivo, se procura el buen uso de los recursos y bienes públicos, y se busca la modernización de la infraestructura aeroportuaria y aeronáutica. Por ello, a continuación se mencionan situaciones y actuaciones en las que el papel de la Aerocivil, en conjunto con el Gobierno nacional, han sido piezas clave.

### Política para los SAE en Colombia

En los Planes Nacionales de Desarrollo entre 1997 y el 2002, se definieron políticas públicas de inversión en

infraestructuras del transporte en general, con un gran énfasis en el transporte por carretera. Por ejemplo, el Conpes 2727 se emitió “como propuesta de reordenamiento institucional y de financiamiento del sector aeronáutico, así como el Plan de Expansión del Sistema Aeroportuario y Aeroespacial exigido por la Ley 105 de 1993 (Ley de Transporte)” (DNP, 1994). Con base en la política del sector, se establece que la Aerocivil garantiza el apoyo técnico a aeropuertos regionales estratégicos y así mismo el financiamiento del sector del transporte aéreo, con el fin de entregar a las entidades territoriales la administración de los aeropuertos regionales o los que representen menor movimiento. A su vez, la Aerocivil tendrá la labor de robustecer su área técnica, en aras de realizar la suscripción de contratos interadministrativos con los entes territoriales que requieran dicha asistencia (DNP, 1994).

Así, el Plan Nacional de Desarrollo 2002-2006, siendo presidente de la república Álvaro Uribe Vélez, es el primero que insinúa una política pública para el sector del transporte aéreo. Determina, en su sección “Infraestructura Estratégica para el Transporte” (DNP, 2002), la necesaria continuidad de tener un movimiento dinámico de recursos por parte del Gobierno nacional para financiar la inversión de infraestructura y de las políticas del sector del transporte aéreo (Díaz, 2016, pp. 18-19).

Después, hubo un cambio disruptivo en el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, siendo de nuevo presidente de la república Álvaro Uribe Vélez, con el establecimiento de la política pública para el transporte aéreo dentro del mismo plan, en el numeral 3.6.1 “Accesibilidad territorial”, bajo el liderazgo de la cabeza del sector, es decir, el Ministerio de Transporte. Se tuvieron en cuenta los datos positivos relacionados con el movimiento de carga aérea y la creciente participación de esta en el valor del comercio exterior. La importancia del transporte aéreo para el Gobierno nacional en Colombia en los últimos años se enfoca en la intervención de infraestructura aeroportuaria orientada al mejoramiento en el sistema de transporte aéreo de carga y pasajeros. Esto a través de la intervención lado aire y lado tierra en aquellos nodos de importancia estratégica para la competitividad nacional y/o regional,



y que continuará con la implementación de los programas de participación privada para la administración y modernización de infraestructura aeroportuaria y la orientación de las inversiones en este tipo de proyectos. De acuerdo con las estadísticas del tráfico aéreo, se formulan planes de articulación eficiente y armónica de los aeropuertos que optimicen su operación con las necesidades del territorio y/o la región de los cuales hacen parte (Díaz, 2016, pp. 18 y 19).

El Ministerio de Transporte propuso, dentro de los planes desarrollados, el PNVIR, bajo la Resolución 3260 del 3 de agosto de 2018 del Ministerio de Transporte, documento establecido como mecanismo orientador, el cual permite conectar los territorios al plantear la necesidad de:

Intervenir la red vial regional en donde se incluyen las vías secundarias y terciarias, la red fluvial y transporte aéreo, pues estas conectan las zonas más alejadas y marginadas del país permitiendo mejorar las condiciones de la agricultura, el trabajo de las familias y comunidades campesinas incluidas en los Planes Nacionales a cargo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Rural y demás planes que propendan a integrar el campo con los centros urbanos. (Ministerio de Transporte, 2018, p. 3)

De igual manera, y en continua articulación entre entidades del sector transporte, la Financiera de Desarrollo Nacional (FDN) estructura para el Ministerio de Transporte el Plan Maestro de Transporte Intermodal (PMTI), presentado el 26 de noviembre de 2015 como protocolo para ordenar la estructuración de proyectos de infraestructura. Dicho plan busca mejorar la competitividad del país, mejorar la articulación de territorios y poblaciones con los mercados, y mantener la continuidad de la planeación del transporte, mediante reglas de priorización de las redes básicas y de integración, beneficiando las operaciones anuales y la accesibilidad de población y áreas productivas en municipios aislados, pobres y/o con tradiciones de violencia (Ministerio de Transporte, 2015).

Adicionalmente, el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 determina que para desarrollar actividades

relacionadas con la prestación del servicio de transporte aéreo que generen recursos de la misma actividad, se deberán establecer programas relacionados con la explotación comercial de las terminales y servicios de aeronavegación (Ministerio de Transporte, 2015).

Después, y con ocasión del acelerado crecimiento y desarrollo del transporte aéreo, y de su impacto en la economía del país, mediante el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 se dispone que el Gobierno nacional, siendo presidente de la república Juan Manuel Santos Calderón, implemente dos programas: uno que propenda al mejoramiento de la infraestructura en diecisiete aeropuertos estratégicamente ubicados en las principales capitales del país y que presten operación regular de pasajeros; y otro que mantenga las condiciones básicas de operación en otros 32 aeropuertos (DNP, 2010).

Es así que, con el apoyo del BID, se realizó un análisis de experiencias internacionales estableciendo alternativas de decisión frente a los parámetros sobre los cuales se prestarían los servicios aéreos esenciales; es decir, rutas no rentables pero necesarias para conectar regiones remotas con los principales centros urbanos. Resultó en el desarrollo de una nueva política de servicios esenciales, aprobada en el 2016, que recalca la relevancia que tiene el hecho de ubicar los SAE en las regiones apartadas como la mejor opción para la comunicación de dichos territorios. En consecuencia, se avanza en la gestión para el mejoramiento y mantenimiento de los aeropuertos regionales, incorporando la variable de riesgo en la definición de las acciones programadas (Ministerio de Transporte, 2015).

Luego, con base en el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un Nuevo País”, siendo presidente de la república Juan Manuel Santos Calderón, y en el artículo 240 de la Ley 1753 de 2015 y sesión presencial del Consejo Directivo de la Aerocivil, mediante la política pública se entregan subvenciones del Estado a la empresa Satena S.A. por los pasajeros que movilice en rutas sociales. De igual manera, se adoptaron las definiciones de rutas sociales y operadores de ruta. Con base en las mencionadas definiciones, se expiden las Resoluciones 0835 de 2016, 3442 de 2016, 0531 de 2017, 2893 de 2017 y 1436 de 2018 por parte de la

autoridad aeronáutica en Colombia (Aerocivil), como regulador económico. Se produce entonces la “Metodología Básica de Apreciación de los Servicios Aéreos Esenciales” y se constituyen los diferentes mecanismos con el fin de definir y priorizar las rutas sociales mediante la “Ficha SAE”<sup>2</sup>, partiendo del estudio de tipologías municipales y departamentales emitido por la Dirección de Desarrollo Territorial Sostenible del DNP, y complementando con estudios del Ministerio de Transporte, el Banco de la República, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Como resultado de la aplicación de la política, Satena anualmente presenta un informe sobre la gestión de la subvención otorgada a través de la Ley 1753 de 2015, en el que evidencia resultados positivos y su aporte a la conectividad de los destinos sociales del país (Aerocivil, 2019).

Es con la expedición de la Ley 1955 de 2019, “Por la cual se expide el Plan Nacional de desarrollo 2018-2022 Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”, que el Gobierno nacional presidido por Iván Duque Márquez, por medio de su pacto transversal por “el transporte y la logística para la competitividad y la integración regional”, busca disminuir valores y tiempos de desplazamiento, para mejorar su capacidad de obtener los resultados esperados del sector del Transporte Aéreo. Con esto último, se genera el aumento en el dinamismo en el transporte urbano-regional seguro y que integre las necesidades de los territorios, con lo que se establece como estrategia la modernización de las entidades públicas del sector transporte; y se determina que la Aerocivil podrá apoyar la financiación de proyectos y aeropuertos regionales que son propiedad o son administrados y explotados por las entidades territoriales.

Los criterios de priorización definidos por el Gobierno nacional podrán concurrir en cofinanciación (Ley 1955 de 2019, art. 103), delegándole a la Aerocivil la determinación de las rutas sociales, y será el mismo Gobierno nacional quien establezca las condiciones de

las subvenciones (Ley 1955 de 2019, art. 32). De manera tal, se define una política para los SAE y otra para los aeropuertos regionales, siendo la base de la estrategia, ya que tanto la infraestructura como la prestación del servicio aéreo hacen la conectividad.

De igual manera, la Aerocivil tiene como objetivo facilitar la integración regional, apoyando la prestación de los SAE y el avance y la mejora de la política pública que los contiene, objetivo que se encuentra inmerso en el eje temático en el Plan Estratégico Aeronáutico 2030 (plan liderado y propuesto por la Aerocivil) y el cual ha sido denominado “Conectividad”. Lo anterior con el necesario apoyo del Gobierno nacional. Con esto se llega a la estructuración del proyecto de inversión “Apoyo a las entidades territoriales para el fortalecimiento de la infraestructura de transporte aéreo a nivel nacional”, que permite brindar asistencia técnica y/o asistencia financiera para la ejecución de los proyectos, previa viabilización técnica, jurídica, financiera y metodológica, así como en su componente de sostenibilidad. También posibilita, en casos especiales, cofinanciar componentes de preinversión e inversión de proyectos formulados por las entidades territoriales, siendo la Aerocivil quien realice el seguimiento a dichas inversiones.

Así mismo, se emite el Decreto 129 del 30 de enero de 2020, que define los criterios de priorización que deberá aplicar la Aerocivil (2020), en el evento de que considere apoyar el desarrollo de los diferentes proyectos, por medio de recursos que aporten a la financiación de las intervenciones de los aeropuertos regionales de los que están a cargo las entidades territoriales. Deberá delegar, conforme con sus competencias, la reglamentación de los trámites y la definición de la metodología para la ponderación de esos criterios de priorización.

En respuesta al mencionado decreto, la Aerocivil emite la Resolución 967 de 2020, por medio de la cual se establece la “metodología para la ponderación de los criterios de priorización” que serán aplicados para apoyar la financiación de proyectos en los aeropuertos regionales, y se crea el Comité Evaluador de Proyectos a priorizar presentados por las entidades territoriales.

<sup>2</sup> Documento metodológico en el cual se registran las variables de un destino social para que forme parte del Banco de Rutas Sociales.

De acuerdo con lo anterior, y en el marco del proyecto de inversión antes relacionado, la Aerocivil ha suscrito diversos convenios interadministrativos con el fin de asistir técnica y financieramente a las entidades territoriales que así lo requieran y soporten.

#### *a) Convenio Interadministrativo 19000985 H3 de 2019*

Con el fin de sumar esfuerzos para colaborar con la asistencia técnica a las entidades territoriales que requieran el apoyo en la estructuración de proyectos, así como en asuntos aeronáuticos y aeroportuarios para robustecer esta infraestructura, se suscribió el presente convenio entre la Aerocivil y las entidades territoriales. Los municipios beneficiados son Necoclí, Bahía Solano, Sogamoso, Miraflores, Barbosa e Inírida, y al mes de junio del 2021 tiene un avance en su ejecución del 75%. Dentro de este avance, se encuentra la entrega para los seis proyectos de: i) el plan operativo y su cronograma, ii) el informe de visita técnica, perfilamiento y caracterización, iii) el perfilamiento y la metodología del proyecto tipo, iv) el inventario y el diagnóstico, v) el esquema aeroportuario que se socializó con los entes territoriales y la comunidad, y vi) los planes maestros y la capacitación en temas aeroportuarios.

Se logró, igualmente, la suscripción de las actas de inicio de la etapa de diseños de los seis proyectos y el proyecto tipo, de los cuales se han entregado los anteproyectos y el proyecto de Bahía Solano, Miraflores e Inírida y el proyecto tipo; información tomada del proyecto de inversión incluido en el banco de Programas y Proyectos de Inversión Nacional (BPIN) del DNP. Finalmente, se adelanta trabajo *in-house* por el personal de la Empresa Nacional Promotora del Desarrollo Territorial (ENTerritorio), en cuanto a la formulación de metodologías y las fuentes de financiación:

La Empresa Nacional Promotora del Desarrollo Territorial está vinculada al Departamento Nacional de Planeación (DNP) y su propósito es ser el aliado técnico de las regiones para que hagan realidad proyectos que les permitan avanzar hacia el desarrollo sostenible y con equidad, a partir de la construcción de vías,

acueductos, alcantarillados, infraestructura educativa y de salud, proyectos productivos, entre otros. Así mismo, hacen equipo con entes nacionales y territoriales para materializar políticas públicas y generar capacidades locales que trasciendan los proyectos que promueven. (ENTerritorio, 2021)

#### *b) Contrato Interadministrativo 19001605 H3 de 2019 (ENTerritorio)*

Para lograr la asistencia técnica que se estableció en el Contrato Interadministrativo 19000985 H3 a las diferentes entidades territoriales por parte de la Aerocivil, se suscribe el presente contrato. Dentro de sus actividades, contiene la asistencia en la formulación de proyectos de inversión, la estructuración de un proyecto tipo de terminal aérea territorial y su interventoría. Se prorrogó el plazo de ejecución del contrato por el término de tres meses contados a partir de la fecha de vencimiento actual, es decir hasta el 30 de septiembre de 2021, sin adición debido a que, de acuerdo con ENTerritorio, se han presentado situaciones administrativas en el contrato que han afectado su ejecución. Igualmente, ENTerritorio remite los soportes relacionados con las comunicaciones a los municipios y las entidades, solicitando información que no fue suministrada oportunamente, situación que ha afectado el desarrollo del contrato. Se configura un hecho de un tercero consistente en la no respuesta de algunos municipios y entidades gubernamentales que afecta el desarrollo del contrato interadministrativo y se sugiere la prórroga del contrato.

#### *c) Contrato de consultoría 2020625*

Con este contrato, se busca realizar el “inventario, diagnóstico, planificación, estudios y diseños a fase III y formulación para el mejoramiento de los aeródromos de Bahía Solano (Chocó), Miraflores (Guaviare), Firavitoba-Sogamoso (Boyacá), Barbosa (Santander), Necoclí (Antioquia) e Inírida (Guainía)”, así como la formulación de una terminal aeroportuaria como proyecto tipo para un volumen de hasta 50 000 pasajeros/año, actualmente en ejecución.

#### *d) Contrato de consultoría 2020628*

Con este contrato, se busca realizar la “interventoría técnica, jurídica, ambiental, social, financiera y contable para el inventario, diagnóstico, planificación, estudios y diseños a fase III y formulación de los proyectos de inversión para el mejoramiento de los aeródromos de las entidades territoriales del Convenio Interadministrativo 219142” (ENTerritorio) y del Convenio Interadministrativo 19001605 H3 (Aerocivil), incluyendo el desarrollo de un proyecto tipo de terminal aérea (ENTerritorio, 2020, p. 15) para un volumen de hasta 50 000 pasajeros/año, actualmente en ejecución.

#### *e) Contrato de consultoría 2020552*

Con este contrato, se busca realizar las capacitaciones en temas aeroportuarios (gestión en seguridad operacional, administración aeroportuaria, apoyo técnico en trámites operacionales y gestión del riesgo) para las entidades territoriales del Convenio Interadministrativo 219142 (ENTerritorio) y del Convenio Interadministrativo 19001605 H3 de 2019 (ENTerritorio, 2020), actualmente en ejecución.

## Conclusiones

Hecho el balance acerca del contexto, la evolución y la visión prospectiva de los SAE y ASAE en Colombia, se encuentra que la conectividad por medio del transporte aéreo esencial es una parte fundamental del desarrollo en las regiones, el mejoramiento de la calidad de vida y el acceso a bienes y servicios de las poblaciones en regiones apartadas. Se hace evidente la necesidad de una política pública que logre el objetivo de conectar estas regiones y que a su vez aporte al desarrollo de la infraestructura aeronáutica y aeroportuaria en los ASAE. Se debe mantener un balance entre lo plasmado en la política pública y lo que el territorio necesita; es decir, la articulación entre los actores que hacen parte del ciclo, con la clara participación de la comunidad. Es erróneo creer que los procedimientos,

requisitos y mecanismos por sí solos van a resolver el problema de conectividad.

Dado que Colombia es un Estado social de derecho, que en la Constitución Política de 1991 se establecen los derechos fundamentales, y que propende al desarrollo de las comunidades y las regiones, evidenciamos necesaria la intervención del Estado en la prestación del servicio público esencial del transporte aéreo como mecanismo de equidad, de desarrollo y dinamizador de la economía a escala nacional y local. Intervención que socialmente ha sido valorada como necesaria, independientemente del nivel de desarrollo de las distintas comunidades en los territorios y de sus condiciones geográficas. Se concluye que para compensar las brechas sociales se hace altamente válida la intervención del Estado en esta materia.

De los puntos tratados en los diferentes Planes Nacionales de Desarrollo analizados, consideramos unas lecciones aprendidas a tener en cuenta y que aportan a la valoración del encadenamiento y la evolución de la política pública para los SAE. Tales lecciones son: impulsar el programa ASAE; interiorizar los aeródromos que disponen de estudios y diseños; considerar un programa orientado a priorizar la vida y la salud pública con ambulancias aéreas; y considerar un programa orientado a garantizar el suministro alimentario seguro y sostenible con aviación de carga para los territorios apartados y sin fácil acceso, a fin de continuar con el cierre de brechas y la construcción de una Colombia más equitativa.

Por lo tanto, es relevante considerar la importancia que representa el hecho de que se evalúe la política pública en sus dos enfoques: el prestador de SAE y la infraestructura de los ASAE. Así, se facilita redefinir el problema, establecer dónde estamos, evaluar la necesidad real y determinar la política pública que debería adoptarse en el futuro Plan Nacional de Desarrollo. Se deben considerar todos los elementos de la oferta estatal y el territorio en sí mismo, generando una serie de recomendaciones planteadas por el consultor, con el fin de evidenciar las lecciones aprendidas y reorientar la política pública para el transporte aéreo esencial en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 y subsiguientes.

Así mismo, es importante verificar los esfuerzos de proveer una oferta complementaria por operadores aéreos adicionales para la prestación del servicio a destinos sociales. Se establecen posibles mecanismos o estímulos directos, indirectos o sistemas de cofinanciamiento para operadores aéreos privados o estatales, asociaciones o cooperativas, innovando en los canales de distribución de sus servicios, con el objetivo de que el usuario final pague por el servicio adecuado a su realidad social, lo cual puede retribuir en un impacto positivo a la conectividad que se busca, aportando beneficios a corto, a mediano y probablemente a largo plazo.

## Referencias

- Agencia de Renovación del Territorio (ART) y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2017). *Consideraciones ambientales para proyectos de pequeña infraestructura y productivos en el marco de los programas de desarrollo con enfoque territorial (PDET)*. MADS.
- Aeronáutica Civil (Aerocivil). (2019). Fortalecimiento de la infraestructura de transporte aéreo de las entidades territoriales a nivel nacional, factibilidad. 03 de agosto de 2018.
- Aeronáutica Civil (Aerocivil). (2020). *Reglamentos Aeronáuticos de Colombia - RAC 1. Cuestiones preliminares, disposiciones iniciales, definiciones y abreviaturas. Enmienda 17*. <https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%20%201%20-%20%20Definiciones.pdf>
- Aeronáutica Civil (Aerocivil). (2020, 30 de abril). *Resolución 967 de 2020. Por la cual se establece la metodología para la ponderación de los criterios de priorización establecidos en el Decreto 129 del 30 de enero de 2020 y se crea el Comité Evaluador de Proyectos a priorizar*.
- Fioravanti, R., Suárez-Alemán, A., Serebrisky, T. y Fageda, X. (2018). *Conectividad aérea en regiones remotas: un análisis crítico de las políticas públicas de transporte aéreo esencial existentes en el mundo*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <http://dx.doi.org/10.18235/0001016>
- Fioravanti, R., Café, E. y Diez-Roux, E. (2018). *Desarrollando un sector aéreo más eficiente, asequible y seguro en América Latina y el Caribe: Marco conceptual para la aviación*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <http://dx.doi.org/10.18235/0001448>
- Fioravanti, R. (2020). *Gestión y regulación de infraestructura aeroportuaria sostenible. Módulo uno: Marco institucional del transporte aéreo en América latina y el caribe: lineamientos y políticas*. Curso en línea Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://cursos.iadb.org/es/indes/gesti-n-y-regulaci-n-de-infraestructura-aeroportuaria-sostenible>
- Cohen, E. y Franco, R. (1992). *Evaluación de proyectos sociales* (4.ª ed.). Siglo XXI Editores. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1915/S3092C678E\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1915/S3092C678E_es.pdf)
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). (2006). *Conectividad, ámbitos de impacto y desarrollo territorial: análisis de experiencias internacionales*. Publicaciones de la Cepal. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/6314-conectividad-ambitos-impacto-desarrollo-territorial-analisis-experiencias>
- Congreso de la República de Colombia. (1996, 30 de diciembre). *Ley 336 de 1996. Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Transporte*. Diario Oficial 42.948. [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0336\\_1996.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0336_1996.html)
- Congreso de la República de Colombia. (2015, 9 de junio). *Ley 1753 de 2015. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un Nuevo País"*. Diario Oficial 49.538. [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1753\\_2015.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1753_2015.html)
- Congreso de la República de Colombia. (2019, 25 de mayo). *Ley 1955 de 2019. Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad"*. Diario Oficial 50.964. [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1955\\_2019.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1955_2019.html)
- Congreso de la República de Colombia. (2020, 31 de diciembre). *Ley 2068 de 2020. Por la cual se modifica la Ley General de Turismo y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 51.544. [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_2068\\_2020.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2068_2020.html)
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (1994). *Conpes 2727 de 1994. Reordenamiento institucional y plan de expansión del sistema aeroportuario*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%3%B3micos/2727.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2002). *Plan Nacional de Desarrollo 2002-2006 "Hacia un Estado Comunitario"*. DNP.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2006). *Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 "Estado Comunitario: Desarrollo para Todos"*. DNP.

- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2010). *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 "Prosperidad para Todos"*. DNP.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2014). *Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un Nuevo País"*. DNP.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2018). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad"*. DNP.
- Díaz Olariaga, Ó. (2016). Análisis de la evolución de las políticas públicas y de regulación en la industria aeroportuaria en Colombia. *Documentos y Aportes en Administración Pública y Gestión Estatal: DAAPGE*, 16(26), 7-42. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6272428>
- Empresa Nacional Promotora del Desarrollo Territorial (ENTerritorio). (2020). *Informe de gestión 2020*. <https://www.enterritorio.gov.co/web/quienes-somos/nuestra-entidad>
- Giménez Mazó, E. (2020, 19 de mayo). Gobierno de Ecuador liquidará la aerolínea estatal TAME. *Aviación Online*. <https://www.aviacionline.com/2020/05/gobierno-ecuator-liquidara-la-aerolinea-estatal-tame/>
- Larenas, N. (2018, 1 de mayo). Tame Amazonia: proyecto social aéreo. *Blog Nicolás Larenas*. <https://www.nlarenas.com/2018/05/tame-amazonia-proyecto-social-aereo/>
- Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile. (2001, 16 de febrero). *Decreto 2280 de 2001. Promulga el acuerdo sobre servicios aéreos subregionales suscrito entre Chile, Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay*. <https://bcn.cl/316ro>
- Ministerio de Transporte. (2004, 30 de enero). *Decreto 260 de 2004. Por el cual se modifica la estructura de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil - Aerocivil y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 45.446.
- Ministerio de Transporte. (2015). *Plan Maestro el Transporte Intermodal*. Noviembre 9 de 2015.
- Ministerio de Transporte. (2018). *Plan Nacional de Vías para la Integración Regional*. Julio 17 de 2018. <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/5775/plan-nacional-de-vias-para-la-integracion-regional/>
- Presidencia de la República. (2020, 30 de enero). *Decreto 129 de 2020. Por medio del cual se adiciona el Título 10 a la parte 4 del Libro 2 del Decreto 1079 de 2015 Único Reglamentario del Sector Transporte*.
- Presidencia de la República. (1971, 27 de marzo). *Decreto 410 de 1971. Por el cual se expide el Código de Comercio*.
- Valora Analitik. (2021, 27 de octubre). *Colombia: país con más desigualdad de la Ocde y el segundo en América Latina*. Noticias. <https://www.valoraanalitik.com/2021/10/27/colombia-pais-mas-desigualdad-ocde-segundo-america-latina/>

# Actuación del Comando Aéreo de Combate N.º 4 en defensa del oleoducto “Caño Limón–Coveñas”\*

| Fecha de recibido: 31 de agosto 2022 | Fecha de aprobado: 28 de septiembre 2022 |

| Reception date: August 31, 2022 | Approval date: September 28, 2022 |

| Data de recebimento: 31 de agosto de 2022 | Data de aprovação: 28 de setembro de 2022 |

**Andrés Felipe  
Pérez Torres**

<https://orcid.org/0000-0002-3989-0288>

✉ [andresperezto@gmail.com](mailto:andresperezto@gmail.com)

Magíster en Ciencias Militares Aeronáuticas

Capitán

Fuerza Aérea Colombiana

Colombia

Rol del investigador: teórico y escritura

Grupo de investigación: Ciencias

Militares Aeronáuticas

Master in Aeronautical Military Sciences

Captain

Fuerza Aérea Colombiana

Colombia

Researcher's role: theoretical and writing

Research Group: Aeronautical Military Sciences

Mestre em Ciências Militares Aeronáuticas

Capitão

Fuerza Aérea Colombiana

Colombia

O papel do pesquisador: teórico e escrito

Grupo de Pesquisa: Ciências Militares Aeronáuticas

\* Artículo de revisión en Gestión y Estrategia, derivado del Trabajo de grado presentado en 2021 por el autor, para optar al título de Magíster en Ciencias Militares Aeronáuticas. Colombia.

**Cómo citar este artículo:** Pérez Torres, A. F. (2023). Actuación del Comando Aéreo de Combate N.º 4 en defensa del oleoducto “Caño Limón–Coveñas”. *Ciencia y Poder Aéreo*, 18(1), 101-113. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.766>



## Actuación del Comando Aéreo de Combate N.º 4 en defensa del oleoducto “Caño Limón–Coveñas”

## Performance of Combat Air Command No. 4 in defense of the “Caño Limón-Coveñas” oil pipeline

## Ação do Comando de Combate Aéreo N° 4 em defesa do oleoduto “Caño Limón–Coveñas”

**Resumen:** El oleoducto “Caño Limón-Coveñas” (occ) se caracteriza por tener un trazado tal que su interrupción, destrucción o disrupción tiene el potencial de comprometer significativamente el suministro de los servicios de hidrocarburos en Colombia. Por ello, el occ se considera infraestructura crítica, es decir, un tipo de instalación y activo a ser protegido y defendido por el Estado a través de sus fuerzas militares, tal como la Fuerza Aérea Colombiana (FAC). Dada la superioridad del poder aéreo para el control de las amenazas y los riesgos presentes y potenciales del oleoducto, al Comando Aéreo de Combate N.º 4 (CACOM-4) no le es ajeno el cumplimiento de ese deber ser. Esta investigación tiene como objetivo analizar la actuación sobre el occ, por parte del CACOM-4, desde la perspectiva de factores favorables y desfavorables. La metodología es cualitativa, tipo analítica, y con diseño de campo basado en entrevistas a funcionarios de los entes organizacionales (CACOM-4, FAC, Ecopetrol) vinculados al fenómeno de estudio y en la observación de eventos registrados del CACOM-4 (periodo 2018-2019). Como resultado, se obtuvo que el CACOM-4 actúa en defensa del occ, que es una infraestructura crítica por sus vulnerabilidades internas (trazado, extensión, diseño) y externas (hurto de crudo, atentados). Tal actuación se funda en acciones (mejorables) que, junto a enlaces permanentes (a ser incrementados), afrontan las vulnerabilidades del occ. Finalmente, se concluye acerca de los factores que contribuyeron en dicho periodo a una operatividad efectiva del CACOM-4 en defensa del occ. No obstante, se dedujo que dicha actuación fue más reactiva que preventiva, lo que lleva a la necesidad de una mejor sincronización y articulación con otras entidades y fuerzas, sumado esto a una mejora del aspecto doctrinario sobre el occ y de tareas de gestión estratégica.

**Palabras claves:** amenazas; defensa; doctrina; infraestructura crítica; riesgos.

**Abstract:** The “Caño Limón-Coveñas” (occ) pipeline is characterized by having such a route such that its interruption, destruction or disruption has the potential to significantly compromise the supply of hydrocarbon services in Colombia. Therefore, the occ is considered critical infrastructure, i.e., a type of facility and asset to be protected and defended by the State through its military forces, such as the Fuerza Aérea Colombiana (FAC). Given the superiority of air power for the control of threats and the present and potential risks of the pipeline, the Air Combat Command No. 4 (CACOM-4) is no stranger to the fulfillment of this duty. The purpose of this research is to analyze the performance of CACOM-4 on the occ from the perspective of favorable and unfavorable factors. The methodology is qualitative, analytical type, and with field design based on interviews to officials of the organizational entities (CACOM-4, FAC, Ecopetrol) linked to the study phenomenon and on the observation of events recorded by CACOM-4 (span 2018-2019). As a result, it was obtained that CACOM-4 acts in defense of the occ, which is a critical infrastructure due to its internal (layout, extension, design) and external (crude oil theft, attacks) vulnerabilities. Such action is based on (improvable) actions that, together with permanent links (to be increased), face the vulnerabilities of the occ. Finally, it is concluded about the factors that contributed in that period to an effective operation of CACOM-4 in defense of the occ. However, it was deduced that such performance was more reactive than preventive, which leads to the need for a better synchronization and articulation with other entities and forces, in addition to an improvement of the doctrinal aspect of the occ and strategic management tasks.

**Keywords:** Threats; defense; doctrine; critical infrastructure; risks.

**Resumo:** O oleoduto “Caño Limón-Coveñas” (occ) é caracterizado por uma rota tal que sua interrupção, destruição ou interrupção tem o potencial de comprometer significativamente o fornecimento de serviços de hidrocarboneto na Colômbia. Portanto, a occ é considerada uma infra-estrutura crítica, ou seja, um tipo de instalação e ativo a ser protegido e defendido pelo Estado através de suas forças militares, como a Fuerza Aérea Colombiana (FAC). Dada a superioridade do poder aéreo para o controle de ameaças e os riscos atuais e potenciais do gasoduto, o Comando de Combate Aéreo No. 4 (CACOM-4) não é estranho ao cumprimento deste dever. O objetivo desta pesquisa é analisar o desempenho do CACOM-4 na occ a partir da perspectiva de fatores favoráveis e desfavoráveis. A metodologia é de tipo qualitativo, analítico e com desenho de campo baseado em entrevistas com funcionários das entidades organizacionais (CACOM-4, FAC, Ecopetrol) ligadas ao fenômeno de estudo e observação de eventos registrados pelo CACOM-4 (período 2018-2019). Como resultado, verificou-se que o CACOM-4 atua em defesa da occ, que é uma infra-estrutura crítica devido a suas vulnerabilidades internas (layout, extensão, design) e externas (roubo de petróleo, ataques). Esta ação é baseada em ações (melhoráveis) que, juntamente com links permanentes (a serem aumentados), abordam as vulnerabilidades da occ. Finalmente, conclui-se sobre os fatores que contribuíram para o funcionamento efetivo do CACOM-4 em defesa da occ durante este período. Entretanto, deduziu-se que tal ação foi mais reativa do que preventiva, o que leva à necessidade de uma melhor sincronização e articulação com outras entidades e forças, além de uma melhoria no aspecto doutrinário da occ e das tarefas de gestão estratégica.

**Palavras-chave:** Ameaças; defesa; doutrina; infra-estrutura crítica; riscos.



## Introducción

El oleoducto “Caño Limón-Coveñas” (occ), al igual que los demás oleoductos de Colombia, beneficia al Estado en virtud de su enorme capacidad y velocidad para transportar petróleo, y con ello, asegurar la satisfacción de las necesidades energéticas del país. El petróleo es esencial en la industria del transporte y, además, es el insumo principal en la manufactura de numerosos productos, entre los que se encuentran: plásticos, aceites automotores, farmacéuticos, fertilizantes, disolventes, insecticidas. La Fuerza Aérea Colombiana (FAC) ha ejercido acciones en pro de la seguridad de infraestructuras críticas (IICC) en el sector energético y vial, incluyendo este tipo de acción en las orientaciones de la estrategia de alerta temprana, la cual contribuye a la protección de instalaciones estratégicas del país, brindando los medios para proporcionar vigilancia de tales activos en coordinación con las demás fuerzas militares.

Es fundamental, entonces, contemplar en las actuales políticas estratégicas estatales de defensa la necesidad de fortalecer la doctrina y las capacidades operativas de las unidades militares que comandan directamente las operaciones de defensa, seguridad y protección de las IICC en el país, que en numerosas ocasiones se han visto vulneradas; tal es el caso del occ, que atraviesa gran parte del territorio nacional. La perturbación de una infraestructura crítica afecta el empleo de las capacidades del Estado e influye, según León, en “aquellas áreas físicas y factores de los dominios aéreo, terrestre, marítimo y espacial, así como en el espectro electromagnético y en el entorno de la información (que incluye el ciberespacio)” (2017, p. 47). Tal como señala la Jefatura del Estado de España, en la Ley 8/2011, las IICC “son aquellas infraestructuras estratégicas cuyo funcionamiento es esencial, al no existir soluciones alternativas a su operación. En este caso, su perturbación o destrucción genera un severo impacto sobre los servicios vitales del país” (2011, p. 3).

Respecto a las amenazas a la seguridad del Estado, cabe destacar que estas son de carácter diverso. Por ende, surge el interés en aquellas que experimentan

determinadas instalaciones del país, sean públicas o privadas, cuya operatividad es fundamental para el desarrollo de servicios esenciales como, por ejemplo, las que afectan las fuentes hídricas y sus ecosistemas asociados.

Así pues, ha sido vital la incorporación del poder aéreo en las políticas y los planes de seguridad que representan enormes retos y desafíos, con el propósito de lograr el desarrollo de estrategias en la gestión de la defensa y seguridad de un país, donde el poder aéreo se define como “la capacidad de proyectar fuerza militar en el aire o el espacio o desde una plataforma o misil que opere por encima de la tierra” (Lombo, 2002, p. 233). Así mismo, es definido por la FAC como el “conjunto de capacidades, y la voluntad de emplearlas con el objeto de brindar seguridad y defensa a la nación y la consecución de los fines del Estado” (2020, pp. 5-2).

Surge entonces la oportunidad de un debate que permita poner de relieve la necesidad de instrumentalizar la protección y la defensa del occ mediante una de las unidades militares de la FAC, como es el CACOM-4, a favor de garantizar la seguridad y la paz ciudadanas. Para ello, es menester analizar la actuación sobre el occ, en este caso, del CACOM-4, a manera de detectar aspectos favorables y desfavorables que posibiliten orientar a esta unidad militar hacia una gestión de tipo estratégico.

El esfuerzo investigativo que se presenta está encauzado a brindar una visión analítica de la actuación de una unidad militar concreta (el CACOM-4) en la defensa de una instalación vital en el ámbito de los hidrocarburos (el occ), lo cual requiere una exploración de diversos conceptos de seguridad. Valga plantear las siguientes definiciones de seguridad: a) “Garantía de que los individuos o la colectividad estén expuestos lo menos posible a los peligros” (Foucault, 2010, p. 38); b) “La protección de la seguridad es esencia y deber ser del Estado” (Montero, 2013, p. 205); c) “Es proteger a las personas de situaciones y amenazas críticas o graves, y/o las más presentes o extendidas” (Commission on Human Security (CHS), 2003, p. 4).

Los aspectos álgidos que conforman las rutas surgidas de la problemática de investigación son:

a) caracterizar al occ como infraestructura crítica, en vista de que la doctrina no la señala taxativamente como tal (a excepción del Ministerio de Defensa [Min-Defensa], 2018, p. 79) y solo es mencionada de manera difusa; b) identificar amenazas, riesgos y vulnerabilidades del mencionado oleoducto; c) analizar la actuación del CACOM-4 en defensa del occ (considerando el periodo 2018-2019). Con tales fines, se aclaran los siguientes conceptos esenciales:

- IICC: “Instalaciones, redes, servicios y equipos físicos y de tecnología de la información cuya interrupción o destrucción tendría un impacto mayor en la salud, la seguridad o el bienestar económico de los ciudadanos y/o en el eficaz funcionamiento de los gobiernos” (Commission of The European Communities, 2004, p. 3).
- Amenaza: “[...] elementos que son peligrosos al hombre, instalaciones o patrimonio y que están causados por fuerzas extrañas o conocidas” (Sánchez, 2012, p. 1).
- Riesgo: posibilidad de que “una amenaza se convierta en un desastre, con graves consecuencias económicas, sociales y ambientales, etc.” (Sánchez, 2012, p. 1).
- Vulnerabilidad: condición o proceso generado “por efecto o defecto de factores físicos, tecnológicos, sociales, económicos y ambientales” (Sánchez, 2012, p. 1), que posibilitan la presencia de los riesgos de impactos por amenazas.

Una vez desplegadas las rutas de la investigación, cabe abreviar su objetivo de la siguiente manera: analizar la actuación sobre el occ, por parte del CACOM-4, desde la perspectiva de factores favorables y desfavorables. Para ello, se logra examinar dicha unidad, estrechando la reflexión necesaria para un debate sobre la mejora de la seguridad y defensa del occ. De modo que la problemática se centra en el siguiente interrogante: ¿cómo se desarrolló la actuación del CACOM-4 en defensa del occ (periodo 2018-2019) desde sus factores favorables y desfavorables? Para dar respuesta, se plantea la siguiente metodología, cuyo diseño de investigación es de campo, y así conocer desde las fuentes primarias

(de entrevistados y de eventos observados) donde ocurren los hechos del evento a analizar.

## Metodología

Para responder a la problemática, la investigación se suscribe en el paradigma cualitativo, que de acuerdo con Izcara, “posee la fortaleza derivada de su flexibilidad y capacidad de adentramiento en el análisis de fenómenos [...penetrando] en aquellos elementos, procesos, significados, características y circunstancias que no pueden ser medidos en términos de cantidad, frecuencia e intensidad” (2014, p. 14).

Por tal razón, determinar la actuación del CACOM-4 en defensa del occ exige analizar dicho fenómeno a profundidad, siguiendo la ruta cualitativa, ya que no puede ser medido en términos cuantitativos, pues sería necesario el marco de referencia legislativo de IICC en Colombia, el cual permitiría cuantificar el fenómeno. Por ello, se busca penetrar en características y procesos del fenómeno en función de su análisis cualitativo.

Por otra parte, el paradigma cualitativo, de acuerdo con Hernández-Sampieri *et al.*, se basa en que la *realidad* “se define a través de las interpretaciones de los participantes en la investigación” (2014, p. 9), lo cual es válido para el presente estudio, dado que se recogieron las visiones (opiniones y conocimientos) de un grupo de participantes, pertenecientes a la esfera militar y de seguridad, acerca del fenómeno de estudio.

El tipo de investigación obedece a la investigación analítica, explicada por Hurtado como un proceso metódico “que tiene por objeto generar una interpretación de un evento en estudio, con bases a un criterio de análisis, de manera tal que es posible descubrir aspectos novedosos, y no evidentes, en el primer momento del evento estudiado” (2010, p. 444). De manera que este tipo de investigación busca explorar un evento para luego estudiarlo, y tal como afirma la precitada autora, “comprenderlo en términos de sus aspectos menos evidentes” (Hurtado, 2010, p. 443). Esto se persigue con el análisis de la actuación del CACOM-4 en la defensa del occ, que sería el evento en estudio.

## Diseño de la investigación

El diseño de investigación o abordaje metodológico fue básicamente un trabajo de campo, debido a que se recolectó información primaria respecto al evento en estudio, con base en fuentes vivas. Es no experimental, dado que se observaron los hechos del modo en que se manifiestan y, en este sentido, no se manipularon intencionalmente las categorías de estudio. Tal como lo refieren Hernández-Sampieri *et al.*, “la investigación de campo no experimental busca recoger la información en donde ocurren los hechos, pero con la imposibilidad de manipular variables, la intención es solamente analizarlas” (2014, p. 152).

Por otra parte, la investigación está orientada de manera transeccional, porque según lo explican los autores citados en el párrafo anterior, la recolección de los datos se efectúa solo una vez y en tiempo único a través de instrumentos debidamente diseñados para tal fin. Por último, cabe destacar que, según Hurtado (2012), el diseño se denomina *retrospectivo*, ya que se trata de eventos en el tiempo pasado (periodo 2018-2019), lo cual concuerda con las necesidades investigativas de este estudio. El objetivo fundamental de este diseño o método transeccional retrospectivo es la comprensión de una experiencia, como es la actuación del CACOM-4 en la defensa del occ, durante el periodo 2018-2019.

## Informantes claves

La población de estudio, de donde se seleccionaron los participantes, corresponde a la totalidad de los funcionarios vinculados a la protección del occ (en el área del Catatumbo) y a expertos sobre dicho oleoducto pertenecientes a la FAC. Dentro de esa población global, destacan funcionarios del CACOM-4, del Comando Aéreo de Combate N.º 1 (CACOM-1) y de otras unidades de la FAC. De modo que, debido a que es un estudio cualitativo, se escogió una muestra no probabilística, de tipo intencionado, que resultó en el grupo participante, a quienes se les aplicaron instrumentos de recolección de información (entrevistas).

A partir de la población de estudio, bajo un criterio intencionado que, según Martínez, debe orientarse a la escogencia de “personas con conocimientos especiales, estatus y buena capacidad de información” (2002, p. 54), se escogieron dieciséis funcionarios pertenecientes a la población ya indicada, quienes se denominaron expertos informantes. Los participantes seleccionados (denominados también en adelante como informantes-claves) incluyen también dos funcionarios con conocimientos de la temática a tratar (de Ecopetrol y de la FAC).

## Técnicas de recolección y tratamiento de la información

Con respecto a las técnicas de recolección y de procesamiento de la información: las técnicas fueron la entrevista semiestructurada y la observación. Con respecto a la primera, el instrumento fue un guion o modelo de entrevista semiestructurada, con un conjunto de ítems de preguntas abiertas que fueron aplicadas a dieciséis expertos informantes. Así mismo, se aplicó una entrevista conversacional o a profundidad a funcionarios de Ecopetrol y la FAC.

La observación se refiere a los registros del CACOM-4 durante el periodo 2018-2019, de donde se extrajo información que dio cuenta y reflejó a profundidad elementos del evento en estudio. Se entiende como registro la información contenida en las bases de datos y sistemas de información del mencionado comando: planes, diarios de campo, sábanas de vuelo y bitácoras de vuelo; en definitiva, todo tipo de información que refleje la actuación operativa y estratégica de dicho comando sobre el occ en dicho periodo.

La técnica para el tratamiento de la información fue el análisis categorial. De acuerdo con Rojas (2014), la categorización o análisis categorial busca organizar la información en categorías según ciertos criterios, por tema, palabra, personaje o acontecimiento. Por su parte, Mayz manifiesta que “las unidades temáticas o categorías genéricas no se decretan o pre-determinan; el surgimiento de estas obedece a un carácter emergente; es decir, emergen de los propios datos” (2009,

p. 59). De ese modo, los discursos implicados en las respuestas a las entrevistas sugieren las categorías que se denominan *emergentes*.

El análisis categorial es importante en toda investigación cualitativa, ya que uno de los beneficios de este enfoque “es que proporciona una base de datos enriquecedora e información completa sobre el fenómeno o unidad de estudio considerada” (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014, p. 17), lo cual implica la necesidad de extraer categorías que den cuenta de esos datos *a posteriori*. Tal como se plasma en la misma fuente: en los estudios cualitativos “no se utilizan herramientas estandarizadas ni se establecen categorías *a priori*” (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014, p. 17). Aun así, existe el potencial de escoger categorías de base prediseñadas, con el empleo de la codificación libre que permite el Atlas Ti, *software* a utilizar para procesar los datos “crudos” provenientes de la recolección de información.

## Resultados

A efectos de caracterizar el occ como infraestructura crítica, en el trabajo de campo y el análisis categorial de las entrevistas emergieron categorías que dan cuenta del papel del CACOM-4, así como de las amenazas, los riesgos y las vulnerabilidades del oleoducto, dando razón de diversos factores asociados al propósito del estudio. En su totalidad, las categorías fueron:

- Acciones del CACOM-4
- Amenazas sobre el occ
- Aspectos normativos
- Características del occ
- Efectos de alteraciones en occ
- Enlaces
- Impactos ambientales
- Impactos económicos
- La seguridad del occ
- Limitaciones del CACOM-4
- Procesos del occ
- Requerimientos faltantes en el CACOM-4

- Riesgos latentes sobre occ
- Vulnerabilidades en el occ

A raíz de las expresiones (frases enfatizadas por los entrevistados) que con el empleo de Atlas Ti generaron las mencionadas categorías, se realiza un extracto de los resultados a presentar a continuación. En el caso de ‘Acciones del CACOM-4’, categoría surgida de la tercera entrevista (al funcionario de la FAC): “es la unidad que logísticamente responde por el alistamiento de las aeronaves y tripulaciones”. Así mismo: “ha ayudado a que se mitiguen los ataques y también minimizar el riesgo” (entrevista 1: semiestructurada). De la segunda entrevista (a funcionario de Ecopetrol): “apoya al Ejército Nacional y Ecopetrol en la protección de la estructura del oleoducto”. De la primera entrevista: “entrenamiento de las tripulaciones, logística”. Todo lo cual da cuenta de una actuación favorable del mencionado comando.

En relación con la categoría ‘Seguridad del occ’: “el occ debe ser tenido en cuenta dentro de los planes de seguridad de la nación”; “la protección del occ impide actos delincuenciales” (de la primera entrevista).

Desde el punto de vista de fallas y/o debilidades, surgió la categoría ‘Requerimientos faltantes del CACOM-4’. De la primera entrevista: “falta la aprobación de la ley de IICC en el país”; “debe haber modernización y adecuación del occ para hacerlo menos vulnerable a los factores externos”. De la segunda entrevista (funcionario de Ecopetrol): “ha sido escasa la coordinación de seguridad con los países vecinos”.

Así sucesivamente, la investigación examina las respuestas de la entrevista 1 (referida a los dieciséis expertos informantes), y de las entrevistas 2 y 3 (a profundidad con funcionarios). En definitiva, los entrevistados describen al CACOM-4 como una unidad de maniobra ante amenazas. El CACOM-4 está siempre alerta a reacción y operación en cada uno de sus despliegues operacionales para la protección y defensa. De modo que la actuación ha sido considerada favorable y efectiva por la mayoría de los entrevistados. Por ejemplo, uno de ellos señala: “la operación aérea del CACOM-4 responde con las necesidades de seguridad que su área de injerencia demanda”. Se indica cómo

esta unidad militar, sin tener como responsabilidad directa la protección del occ (esfuerzo principal que recae en otras unidades militares), ha tenido un accionar directo en la protección de este; sin embargo, le ha faltado migrar hacia tácticas de una manera más contundente, con énfasis en minimizar la afectación que los atentados han causado, dando un alcance proactivo al articular estrategias preventivas con otras entidades, ya sean internas o externas.

Por otra parte, se destacó en las entrevistas la importancia de los enlaces aéreos, que consiste en la coordinación operacional y estratégica de la FAC y de Ecopetrol con los Centros de Operaciones Especiales para la Protección de la Infraestructura Crítica y Económica (COPEI), y sus respectivas brigadas; con la Fuerza de Tarea Vulcano (FUVUL); y con los Batallones Especiales Energéticos y Viales (BAEEV), entre otros entes. De igual modo, se hizo referencia a enlaces o interacciones con las comunidades por donde transcurre el occ; por ejemplo, operar una red de alerta comunitaria como un grupo que tiene un entrenamiento básico para actuar rápidamente y de manera segura en caso de algún derrame y comunicar la emergencia a Ecopetrol (valga indicar que numerosas afectaciones pueden ser evitadas por las poblaciones).

En relación con las debilidades del occ, fueron expresados los riesgos latentes, las amenazas y las vulnerabilidades. Se hizo relevante el conjunto de los impactos ambientales: los daños ambientales son irreparables a corto plazo, las afectaciones a las fuentes hídricas son catastróficas para el país, además de las pérdidas económicas, y por eso es un asunto de seguridad nacional. En cuanto al aspecto doctrinario: constituye un riesgo no incluir en los manuales de tácticas y procedimientos maniobras específicas para la vigilancia, el reconocimiento y el apoyo aéreo cercano en áreas donde funciona el occ; así mismo, ello implica no poder responder con eficiencia a vulnerabilidades, ya que la cooperación entre fuerzas debe ser normatizada óptimamente. Se recalca el factor de la alerta temprana, la cual contrarresta las amenazas, dado que la prevención de daños genera menos impactos negativos que la acción directa sobre las IICC.

El hurto del crudo mediante la instalación delectiva de válvulas ilícitas fue señalado como una amenaza que genera elevadas pérdidas económicas, que incluso afectan el PIB nacional. Un aspecto que hace más vulnerable al occ es que la alta rotación de las tripulaciones y la ausencia de tácticas, técnicas y procedimientos preventivos causan que las acciones de los helicópteros se vean encaminadas únicamente a la reacción frente a ataques de carácter terrorista o a la escolta de transporte de personal y carga al servicio del oleoducto, mientras hay poca prevención frente a la actividad criminal.

Respecto a la actuación favorable que contrarresta la vulnerabilidad del occ: el entrenamiento de las tripulaciones, la logística y la doctrina aérea son los aspectos más significativos del CACOM-4. Esta unidad ha servido como apoyo logístico oportuno y fuente vital del entrenamiento de pilotos y tripulantes para el cumplimiento de esta misión (protección del occ).

Por último, cabe indicar que los recursos del CACOM-4, que son comandados por dicha unidad de manera indirecta en defensa del occ, son: a) las tripulaciones y su entrenamiento, y b) las aeronaves y la logística para el mantenimiento de estas. Los comandos ejecutores directos han sido el Grupo Aéreo del Casanare (GACAS), el CACOM-1, y en casi su totalidad los eventos apoyaban a la FUVUL, algunos a Ecopetrol y otros a Cenit (compañía fundada en el 2013 que se ocupa del segmento de transporte y logística de hidrocarburos, derivados y afines, en el Grupo Empresarial Ecopetrol).

En el 2018, por observación de registros (bitácoras y sábanas de vuelo, entre otros), se denotaron tres eventos donde la actuación del CACOM-4 fue directa a nivel formal. Todos ellos corresponden al transporte aéreo de personal y/o carga que mostraron, sin embargo, vuelos disuasivos al enemigo durante la tarea encomendada. En los demás eventos observados, a través del uso de las aeronaves del CACOM-4 y sus tripulaciones, los comandos ejecutores fueron el GACAS (en siete de los eventos), y el resto fueron comandados por el CACOM-1, igualmente, con el uso de los recursos operativos y logísticos del CACOM-4.

Es importante señalar que el GACAS y el CACOM-1 tienen en común haber realizado función de reconocimiento armado. Además, el GACAS se concentró más en la vigilancia y el reconocimiento de red energética, vial y otros, mientras que el CACOM-1, fungiendo de comando ejecutor, pero con recursos del CACOM-4, se concentró en escolta aérea y operaciones psicológicas. Así, el CACOM-1 como comando ejecutor, con el empleo de recursos del CACOM-4, desarrolló las operaciones psicológicas: realizando perifoneo y alerta temprana en las líneas del occ, según ruta establecida, se revisaron poblaciones aledañas al occ en cuanto a alguna perturbación sin encontrar novedad.

Ahora bien, en el 2019, en apoyo a Cenit, en el punto KP353 donde se presenta voladura del occ afectando las fuentes hídricas y ecosistemas asociados, el CACOM-1 como comando ejecutor establece comunicación con la Tropa ASPC2 para verificar la seguridad del punto de aterrizaje, y se verifica posible presencia del enemigo. Se autoriza la entrada al punto. En ruta de retorno a Ocaña, la Tropa Bengala 6 en las coordenadas N 08° 28' 58" / W 73° 05' 02" reporta vía FM que la unidad se encuentra en combates; se efectúa una verificación visual y con los sistemas a bordo, donde se confirma la situación. En este evento, estuvo involucrada una aeronave civil, contratada por Ecopetrol (HK-5081).

También en el 2019, aeronaves del CACOM-4 transportan apoyo técnico para el occ y personal de ingenieros. En la ruta asignada, se verifican poblaciones aledañas al occ, con la revisión de excavaciones, apiques y/o alguna perturbación de la infraestructura del oleoducto sin encontrar novedad, y se realizan vuelos disuasivos en el sector, con lo que se logra evitar acciones terroristas del enemigo. Valga destacar que, con el uso de recursos del CACOM-4, en el 2019 hubo más misiones especiales y se denotó mayor involucramiento de Ecopetrol y Cenit que en el 2018. En la tabla 1, se reflejan actuaciones del CACOM-4 derivadas de las rejillas de observación, que fueron instrumentos de investigación empleados.

Tales actuaciones son fundamentales, ya que según Rodríguez “existe una gran dependencia de

nuestras sociedades con las infraestructuras críticas, pues cualquier catástrofe sobre ellas acarrearía graves perjuicios para la seguridad y funcionamiento de los Estados, y el bienestar sanitario y económico de las personas” (2019, p. 9). Precisamente, el occ es vulnerable a algunos tipos de perturbación, lo cual lo caracteriza como una de las IICC del país; esto genera una necesaria y urgente atención a su vulnerabilidad frente a riesgos eventuales y amenazas que, a la larga, le compete solucionar al Estado, que procura explorar cuáles herramientas y estrategias son requeridas para su defensa y protección.

**Tabla 1.**  
Síntesis de observación de registros sobre la actuación del CACOM-4 (2018-2019)

2018	2019
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoyo técnico y víveres a tropas de superficie</li> <li>- Reconocimiento armado por requerimiento de Ecopetrol</li> <li>- Revisión de excavaciones, apiques y/o alguna perturbación</li> <li>- Vuelos disuasivos de acciones terroristas y de hurto de crudo</li> <li>- Apoyo técnico e insumos por afectación al oleoducto</li> <li>- Verificación del orden público en sectores aledaños</li> <li>- Vigilancia y reconocimiento por requerimiento de Ecopetrol</li> <li>- Reconocimiento armado por requerimiento de Ecopetrol</li> <li>- Perifoneo y alerta temprana en las líneas del oleoducto</li> <li>- Transporte de personal militar que presta seguridad al oleoducto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voladura del oleoducto que afecta las fuentes hídricas y ecosistemas asociados</li> <li>- Revisión de excavaciones, apiques y/o alguna perturbación</li> <li>- Apoyo técnico por afectación terrorista al oleoducto</li> <li>- Realizar escolta de helicóptero Ángel en donde dos (2) soldados tenían picaduras de abejas y otro, una posible fractura de cadera</li> <li>- Ingresar carga externa con líneas del oleoducto para ser reparado por atentado</li> <li>- Repartición de volantes desde helicópteros para instar a no robar crudo y/o no atentar contra el oleoducto</li> <li>- Reconocimiento visual con el equipo infrarrojo de barrido frontal de posible presencia de personal armado en apoyo a la Fuerza de Tarea Vulcano</li> <li>- Vuelos disuasivos de acciones terroristas</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

## Análisis

- Caracterización del occ como una de las IICC del país. El criterio para ello es multifactorial: abarca desde lo jurídico y lo legal, hasta lo económico y financiero, y también integra aspectos asociados a lo social, la seguridad ciudadana, lo ambiental e incluso el aspecto sanitario (o salud ciudadana).
- Amenazas, riesgos y vulnerabilidades en el occ (pasadas, presentes y potenciales). Amenazas: a) escasos recursos para proteger la seguridad física del occ a lo largo de toda su extensión y trazado; b) deficiencia en los sistemas de protección, vigilancia y alerta temprana por proximidad; c) mutaciones en las amenazas; d) el occ pasa por sectores donde hay presencia de grupos que actúan al margen de la ley; e) hurto de hidrocarburos mediante la instalación de válvulas ilícitas
- Riesgos: a) conflictos armados y economías criminales; b) ser un activo estratégico que puede ser visto como objetivo de ataque al país; c) falla humana, técnica o de la naturaleza.
- Vulnerabilidades: a) zonas protegidas o de difícil acceso; b) diseño, trazado y extensión poco seguros; c) eventual falta de coordinación y enlaces.
- Funcionalidad del CACOM-4: operatividad y logística de sus tripulaciones y aeronaves, en apoyo a entidades o instituciones de relevancia para la seguridad del occ, a las órdenes de comandos ejecutores que tienen la responsabilidad burocrática y formal del operativo o la misión del momento. Sobre esta base, el CACOM-4 actúa en defensa del occ.

## Integración de resultados

En cuanto a los criterios de caracterización del occ, desde el trabajo documental y el de campo se arroja lo siguiente:

- Relevancia del occ para la economía del país.
- Efectos y consecuencias de la interrupción y de otras fallas del occ.

- Ser un blanco u objetivo estratégico que podría ser elegido por parte de agentes internos y externos para ser atacado y con ello desestabilizar al país.
- Afectaciones en la seguridad y el desenvolvimiento normal de la ciudadanía por fallas del occ.
- Impactos ambientales a raíz de fallas en la seguridad del occ.
- Impactos en la salud de los ciudadanos por pérdidas de crudo en fuentes hídricas y otros ecosistemas, en casos de afectaciones al occ.
- Por su elevada capacidad operativa genera un porcentaje elevado de ingresos de la nación.
- Cualquier atentado, por pequeño que sea, incide desfavorablemente en el PIB y otros indicadores económicos.
- Toda afectación a alguna instalación de la industria petrolera (caso de interrupción, interrupción y otras fallas del occ) incide negativamente en las demás industrias que dependen de aquella.
- Ser un activo estratégico debido a su extensión y trazado.
- El deber ser del occ de formar parte de un Catálogo de Infraestructuras Críticas de Colombia, ya proyectado a nivel jurídico.

Ahora bien, las aeronaves con las que se protege la seguridad del occ, logísticamente, le pertenecen al CACOM-4, y este hace un esfuerzo enorme para mantener el alistamiento de esas aeronaves y garantizar su operación en esa área (el Catatumbo) de manera permanente. El CACOM-4 es la unidad que logísticamente responde por el alistamiento de las aeronaves que están desplegadas ahí, sobre todo los helicópteros medianos desplegados en el Catatumbo.

Sin embargo, la actuación del CACOM-4 se ve condicionada a la correcta articulación que realice el enlace aéreo entre distintos entes. Fue comentado el caso de cuando se enlazaron el comandante del COPEI y el oficial de Operaciones Aéreas haciendo parte del Estado Mayor de la FUVUL, que fue un factor de éxito para maximizar y optimizar el recurso, y, al mismo tiempo, para mejorar las condiciones de seguridad del oleoducto.

Con respecto a los requerimientos faltantes del CACOM-4, a nivel normativo no existe una doctrina conjunta, sino que cada fuerza tiene su propia doctrina; y desde el punto de vista de los enlaces, se evidencia que no se articula de manera eficiente. A partir de la observación, se obtuvo que la actuación del CACOM es esencial para la seguridad del occ, evidenciado en los eventos seleccionados (veinticinco del año 2018 y quince del año 2019), a partir de una revisión del total de bitácoras del CACOM-4 de dichos años. Se revelaron ciertos aspectos, como, por ejemplo, que formalmente, a nivel burocrático, el CACOM-4 no figura como comando ejecutor prácticamente en ningún evento o en muy pocos eventos, lo cual se hizo más palpable en el 2019. Se observó poca presencia del COPEI, ente encargado de la coordinación de diversos protocolos de seguridad y de intercambio de información entre fuerzas del orden público, instituciones estatales y sector privado. Evidentemente, en las entrevistas sí se plasmó el enlace aéreo con el COPEI, pero en las rejillas de observación no fue evidenciado, destacando más bien a la FUVUL.

En virtud del papel fundamental que juega el CACOM-4 en la protección y la seguridad del occ, aunado a la necesidad de sus enlaces continuos con otros entes, cabe entonces resaltar la importancia de la actuación del CACOM-4 en dicha protección de manera explícita. Esto puede sintetizarse de la siguiente manera: la importancia del CACOM-4 radica en la operatividad y logística de sus tripulaciones y aeronaves, en apoyo a entidades o instituciones de relevancia para la seguridad del occ, a las órdenes de comandos ejecutores que tienen la responsabilidad burocrática y formal del operativo o la misión del momento.

El CACOM-4 conforma un equipo de trabajo por medio de sus escuadrones de vuelo, que son “hábiles” para mantener aeronaves en vuelo en el momento en que se les necesita, tripulaciones listas y con entrenamiento continuado vigente, ejecutando operaciones aéreas de complejidad superior, en un contexto adverso no articulado en la doctrina con otras fuerzas. De forma que la influencia que ejerce el CACOM-4 fuera de su radio de acción (esfuerzo principal) y las consecuencias de su actuación son de gran valía para la seguridad

del occ. De allí, la importancia de su actuación en defensa de este. La unidad CACOM-4 posee una importancia fundada en acciones (mejorables), que junto a los enlaces aéreos (que deben ser articulados eficazmente), afrontan las amenazas y los riesgos que hacen que el occ sea vulnerable a afectaciones en su seguridad.

En cuanto a los elementos de vulnerabilidad, el occ da respuesta a estados de emergencia por afectación a las válvulas de bombeo del crudo de una forma lenta o ineficaz. Concretamente, las vulnerabilidades radican en la existencia de acciones militares de países enemigos, delincuencia común, crimen organizado nacional y transnacional, protestas sociales, y sabotaje político y social. Así mismo, no reaccionar oportunamente a las emergencias o acciones terroristas lo hace aún más vulnerable.

Otra vulnerabilidad es no poder acceder a las zonas de afectación por orden público, además de que existen zonas protegidas donde se debe negociar con las personas que las habitan para ingresar con la Fuerza Pública. Esas situaciones toman mucho tiempo y cada día de no operación conlleva pérdidas económicas a gran escala. Se considera como vulnerabilidad el propio diseño del occ. Igualmente, se señala como vulnerabilidad los incidentes de seguridad que se hacen presentes por falta de coordinación entre diversos entes (por ejemplo, el CACOM-4 con el COPEI, enlace aéreo con el CACOM-4, el COPEI con Ecopetrol, entre otros.).

El occ es vulnerable, ya que su trazado está próximo a donde se mueven grupos delictivos. En definitiva, el occ es vulnerable a diversos elementos, motivo por el cual requiere una protección continua, que incluya alerta temprana y otras acciones de disuasión a las personas que atentan en poca o gran medida contra este, aunado al riesgo de voladura (terrorista) de algún tramo.

En la tabla 2, se presenta una sucinta integración de resultados. Se triangula parte del análisis sobre la actuación del CACOM-4 en defensa del occ. Así mismo, se enfatizan elementos del occ tanto observados como sostenidos en las entrevistas, cuyas categorías emergentes develan aspectos que, en primera instancia, resultaban poco evidentes.



Tabla 2.  
Triangulación

Aspecto	Referencia-autores	Entrevistas		Investigador
		Expertos informantes	Funcionarios (Ecopetrol y FAC)	
Acciones del CACOM-4	FAC (2020) MinDefensa (2018)	Son importantes, cuentan con buena coordinación y enlaces	Son esenciales para la protección del OCC	En el 2019, hubo mayor accionar en defensa del OCC
Amenazas sobre el OCC	Consejo de la OEA (2021) LISA Institute (2019)	Las amenazas son multifactoriales, se destacan las de acción humana	Destacan las de impacto económico y ambiental	Las amenazas principales son los grupos delictivos
Aspectos normativos del concepto de IICC	MinDefensa (2018)	Está en anteproyecto el Catálogo de IICC del país	Falta una doctrina conjunta	Se debe sustentar el proyecto de ley de IICC a la opinión pública
Impactos ambientales de atentados al OCC	Recalde y Racines (2020)	Fuentes hídricas, fauna y flora	Todos los ecosistemas	Pudieron medirse cuantitativamente
Impactos económicos de atentados al OCC	Recalde y Racines (2020) González <i>et al.</i> (2018)	Pérdidas cuantiosas por hurto de crudo y reparaciones al OCC	Disminución de PIB entre otros indicadores económicos	Minimizarlos mediante una nueva planificación
Procesos del OCC	Cenit (2014)	Diseño poco seguro y vulnerabilidades debidas a su extensión y trazado, lo que lo somete a riesgos de todo tipo	Diseño bien seguro, pero debe mejorarse la sincronización entre comandos y entidades	Cabe analizar focos vulnerables (centros de gravedad) para una mejor planificación

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, para integrar de una manera más global los resultados analizados, cabe destacar algunas nociones asociadas con la actuación del CACOM-4 en defensa del OCC, las cuales fueron recopiladas documental y refuerzan los elementos derivados de las entrevistas y la observación. Es menester recalcar, en el marco de la seguridad y la defensa, la noción de *vulnerabilidades críticas*, relevante debido a que concierne al análisis del Centro de Gravedad, un componente fundamental de la planificación militar que “contribuye a la identificación de fortalezas y vulnerabilidades propias, del adversario y/o de otros actores del entorno para a partir de dicho conocimiento diseñar cursos de acción efectivos” (Jordán, 2020, p. 1). Tales cursos de acción pueden ir orientados a vencer al enemigo, como también a la protección de sí mismo.

Para el Comando General de las Fuerzas Militares de Colombia, el Centro de Gravedad “es una fuente de fortaleza física, moral o a veces una fuente de influencia cuya neutralización, degradación, dislocación o destrucción tendrá el más decisivo impacto sobre la habilidad de uno de lograr los objetivos ofensivos o defensivos dados” (2019, p. 3). Un análisis del Centro de

Gravedad de la propia organización se hace pertinente al posibilitar la identificación de las propias fortalezas y vulnerabilidades.

Vale la pena también hacer énfasis en las consecuencias de un desastre natural. Este puede “causar daños o destrucción de las estructuras de servicios esenciales, como saneamiento, energía, salud y otros, afectando las llamadas IICC del país” (Junta Interamericana de Defensa [JID], 2018, p. 8). Por lo tanto, según la misma fuente, “se pierde la estabilidad en la economía, la seguridad y la salud de la nación, además de impedir o limitar la implementación de funciones vitales del Estado” (JID, 2018, p. 9). De tal modo, los impactos naturales sobre el OCC afectan tanto como los impactos humanos (atentados, errores técnicos).

## Conclusiones

- El análisis de la actuación del CACOM-4 conduce a un constructo teórico-empírico que, en resumen, define este accionar como: el ejercicio de

- acciones (mejorables) con enlaces-entes (que deben incrementarse) frente a alteraciones en la seguridad del occ.
- Con base en los resultados, se determinó en el CACOM-4 un énfasis en la operatividad y en una logística efectiva de sus tripulaciones y aeronaves, en apoyo oportuno a instituciones de seguridad y defensa del occ.
  - El occ se caracteriza por tratarse de una de las IICC de la nación, debido a sus vulnerabilidades internas (trazado, extensión, diseño) y externas (hurto de crudo, atentados). Sin embargo, el occ no concuerda de manera doctrinaria con este tipo de instalación.
  - De acuerdo con su actuación en el periodo 2018-2019, el CACOM-4 ha operado sobre instalaciones y otros activos cuya vulnerabilidad representa riesgos económicos, ambientales y geopolíticos para el país.
  - El CACOM-4 es, doctrinariamente, una de las divisiones de la FAC para la protección permanente del occ ante la acción humana y de la naturaleza.
  - En el periodo 2018-2019, el radio de acción del CACOM-1 creció con el tiempo, circunscrito a los enlaces-entes.
  - Respecto al análisis del accionar del CACOM-4, se concluye que es favorable según las opiniones de entrevistados y según las observaciones (de eventos y sus descripciones). Por tal razón, queda clara la influencia y el radio de acción de esta unidad militar de la FAC, dando cuenta de su importancia, ya que presentó efectividad en operaciones de defensa, enlazada con otros entes.
  - Aun así, según como los entrevistados describen dicha actuación, se denotan falencias y existen algunos requerimientos faltantes en el CACOM-4 y algunas limitaciones, lo cual lleva a inferir que la actuación de esta unidad es más reactiva que preventiva. Por eso, es necesario el incremento de labores de inteligencia, que implica obligatoriamente una mejor sincronización y enlace con otras entidades y fuerzas, sumado esto a una mejora del aspecto doctrinario sobre el occ por inexistencia de un Catálogo de IICC del país.

## Recomendaciones

- Establecer una replanificación para fortalecer su accionar: ser más preventivo que reactivo.
- Mejorar los enlaces y las coordinaciones con otros entes.
- Reforzar la cooperación entre personal civil (comunidades) y militar.
- Detectar mutaciones en las amenazas al occ.
- Determinar focos vulnerables (centros de gravedad), propios y de los enemigos.
- Promover la aprobación del anteproyecto de ley de IICC.
- Construir una doctrina conjunta o mejorar las actuales en términos de simplificar y articular los enlaces aéreos para ampliar radios de acción.
- Justificar cuantitativamente la importancia de más recursos y mejores tecnologías (adquisición de equipos modernos) para mejorar el accionar militar.

## Referencias

- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (6.ª ed.). Editorial Episteme.
- Cenit. (2014). *Manual del transportador de Cenit Transporte y Logística de Hidrocarburos S.A.S.* [https://portal.cenit-transporte.com:1443/CenitNominaciones/modulos/bto/pdf/Manual%20del%20Transportador%20CENIT%20\(Julio%202021\)-2161594.pdf](https://portal.cenit-transporte.com:1443/CenitNominaciones/modulos/bto/pdf/Manual%20del%20Transportador%20CENIT%20(Julio%202021)-2161594.pdf)
- Comando General de las Fuerzas Militares de Colombia. (2019). *Términos glosario*. <https://www.cgfm.mil.co/es/glosario-comando>
- Commission on Human Security (CHS). (2003). *Human Security Now*. <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/91BAEEDBA50C6907C1256D19006A9353-chs-security-may03.pdf>
- Commission of The European Communities. (2004). *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Critical Infrastructure Protection in the fight against terrorism*. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2004:0702:FIN:EN:PDF>
- Consejo Permanente de la Organización de Estados Americanos. (2021). *Síntesis de las reuniones*. <https://www.oas.org/csh/spanish/sintesis.asp>

- Foucault, M. (2010). *El nacimiento de la biopolítica* (2.ª ed.). Fondo de Cultura Económica.
- Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (2020). *Manual Básico de Doctrina Aérea, Espacial y Ciberespacial*. FAC.
- González, J., Fajardo-Toro, C. H. y Ríos Sierra, J. (2018). La prevención del riesgo de terrorismo en centros comerciales: hacia una seguridad pública en Colombia para la protección de infraestructuras críticas. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (18), 471-484.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Hurtado de Barrera, J. (2010). *Metodología de la investigación* (4.ª ed.). Quirón Ediciones.
- Hurtado de Barrera, J. (2012). *El proyecto de investigación* (7.ª ed.). Quirón Ediciones.
- Izcarra, S. (2014). *Manual de investigación cualitativa*. Fontamara.
- Jefatura del Estado de España. (2011, 28 de abril). Ley 8 de 2011. Por la que se establecen medidas para la protección de las infraestructuras críticas. *Boletín Oficial del Estado*, (102), pp. 1-11.
- Jordán, J. (2020). *Análisis de centro de gravedad: del planeamiento militar al análisis de inteligencia*. Global Strategy. <https://global-strategy.org/analisis-de-centro-de-gravedad-del-planeamiento-militar-al-analisis-de-inteligencia/>
- Junta Interamericana de Defensa (JID). (2018). *Estudio sobre protección de infraestructura crítica en caso de desastre natural*. Secretaría de la JID.
- León Gould, P. (2017). La batalla multidominio. *Escenarios Actuales*, (2), 45-60. <https://biblat.unam.mx/es/revista/escenarios-actuales/articulo/la-batalla-multi-dominio>
- LISA Institute (2019). Infraestructuras críticas: definición, planes, riesgos, amenazas y legislación. <https://www.lisa-institute.com/blogs/blog%20/infraestructuras-criticas>
- Lombo López, J. A. (2002). El poder aéreo, instrumento decisivo para la resolución de las crisis del siglo XXI. *Revista Arbor*, 171(674), 213-257. <https://doi.org/10.3989/arbor.2002.i674.1030>
- Martínez, M. (2002). *La investigación cualitativa etnográfica en educación* (4.ª ed.). Editorial Trillas.
- Mayz Díaz, C. (2009). ¿Cómo desarrollar de una manera comprensiva, el análisis cualitativo de los datos? *Revista Educere*, 13(44), 55-66. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35614571007>
- Ministerio de Defensa (MinDefensa). (2018). *Colombia, 12 años tras la paz, la seguridad y la prosperidad. La transformación de las Fuerzas Armadas cambió el curso de la Nación*. Imprenta Nacional de Colombia.
- Montero Bagatella, J. C. (2013). El concepto de seguridad en el nuevo paradigma de la normatividad mexicana. *Región y Sociedad*, 25(58), 203-238. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-39252013000300007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252013000300007)
- Recalde Morillo, F. y Racines Duque, P. (2020). La protección de las infraestructuras críticas en el ámbito de las fuerzas armadas. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 5(1), 1-22. <https://doi.org/10.24133/rcsd.V5N1.2020.01>
- Rodríguez, M. del R. (2019). La protección de infraestructuras críticas como un aspecto de la Seguridad integral del Estado. *Revista Estrategia*, (6), 7-21. <https://www.gub.uy/ministerio-defensa-nacional/politicas-y-gestion/numero-6-2019>
- Rojas de Escalona, B. (2014). *Investigación cualitativa: fundamentos y praxis* (3.ª ed.). Fedupel.
- Sánchez Gómez-Merelo, M. (2012). *Protección de infraestructuras críticas. Un nuevo reto para la convergencia de las seguridades*. Blog Manuel Sánchez Gómez-Merelo. <https://manuelsanchez.com/2012/05/28/proteccion-de-infraestructuras-criticas-un-nuevo-reto-para-la-convergencia-de-las-seguridades/>

# El Sistema de Defensa Aeroespacial Brasileño y la Estrategia de Defensa Nacional

| Fecha de recibido: 31 de agosto 2022 | Fecha de aprobación: 28 de septiembre 2022 |

| Reception date: August 31, 2022 | Approval date: September 28, 2022 |

| Data de recebimento: 31 de agosto de 2022 | Data de aprovação: 28 de setembro de 2022 |

**Flavio Neri  
Hadmann Jasper**

<https://orcid.org/0000-0002-0849-5154>

✉ [fnhjasper@gmail.com](mailto:fnhjasper@gmail.com)

**Doctor en Ciencias Aeroespaciales**

Docente e investigador  
Universidade da Força Aérea (UNIFA)  
Brasil

Rol del investigador: teórico y escritura  
Grupo de investigación: Questões  
Humanitárias e Poder Aeroespacial

**Doctor in Aerospace Sciences**

Teacher and researcher  
Universidade da Força Aérea (UNIFA)  
Brasil

Researcher's role: theoretical and writing  
Research group: Questões Humanitárias  
e Power Aerospace

**PhD em Ciências Aeroespaciais**

Professora e pesquisadora  
Universidade da Força Aérea (UNIFA)  
Brasil

O papel do pesquisador: teórico e escrito  
Grupo de pesquisa: Questões  
Humanitárias e Power Aerospace

**Cómo citar este artículo:** Hadmann Jasper, F. N. (2023). El Sistema de Defensa Aeroespacial Brasileño y la Estrategia de Defensa Nacional. *Ciencia y Poder Aéreo*, 18(1), 114-128. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.767>



## El Sistema de Defensa Aeroespacial Brasileño y la Estrategia de Defensa Nacional

**Resumen:** El artículo analiza los cambios que ocurrieron dentro del Sistema Brasileño de Defensa Aeroespacial (SISDABRA), con miras a la Política Nacional de Defensa y a la Estrategia Nacional de Defensa en el periodo 2008-2020. La Estrategia Nacional de Defensa del 2008 establecía cambios en las Fuerzas Armadas, teniendo en cuenta el Comando Brasileño de Defensa Aeroespacial (COMDABRA), a cargo de liderar e integrar equipos y medios de vigilancia y comunicaciones para el control del espacio aéreo. Esa visión resultó en cambios en la Fuerza Aérea, pero no en la forma visualizada por este documento en el 2008, ya que, en la estructura implementada originalmente, hay dos sistemas que trabajan juntos: SISDABRA y el Sistema Brasileño de Control del Espacio Aéreo (SISCEAB). Ambos sistemas se mantuvieron con sus conceptos originales: el SISCEAB es el administrador de infraestructura y el comando aeroespacial es actualmente responsable de la defensa aeroespacial. Se utilizaron las técnicas de investigación bibliográfica y documental, teniendo como referente teórico la teoría general de sistemas y las que tratan los conceptos de seguridad y defensa, debido a la integración de la defensa aérea con el control de tránsito. La reorganización de la Fuerza Aérea no se produjo en la forma prevista en la Estrategia Nacional de Defensa del 2008, a pesar de que la reorganización de las Fuerzas Armadas era uno de los objetivos de este documento.

**Palabras clave:** Fuerza Aérea; defensa aeroespacial; estrategia; política de defensa; seguridad.

## The Brazilian Aerospace Defense System and the National Defense Strategy

**Abstract:** The article analyzes the changes that occurred within the Brazilian Aerospace Defense System (SISDABRA) for its acronym in Spanish, with a view to the National Defense Policies and National Defense Strategies in the period 2008-2020. The 2008 National Defense Strategy established changes in the Armed Forces, taking into account the Brazilian Aerospace Defense Command (COMDABRA), in charge of leading and integrating surveillance and communications equipment and means for airspace control. That vision resulted in changes in the Air Force, but not in the way visualized by this document in 2008, since, in the originally implemented structure, there are two systems working together: SISDABRA and the Brazilian Airspace Control System (SISCEAB). Both systems were kept with their original concepts: SISCEAB is the infrastructure manager and the aerospace command is currently responsible for aerospace defense. Bibliographic and documentary research techniques were used, having as theoretical reference the general theory of systems and those dealing with the concepts of security and defense, due to the integration of air defense with traffic control. The reorganization of the Air Force did not take place as foreseen in the 2008 National Defense Strategy, even though the reorganization of the Armed Forces was one of the objectives of this document.

**Keywords:** Air Force; aerospace defense; strategy; defense policy; security.

## O Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro e a Estratégia Nacional de Defesa

**Resumo:** O artigo analisa as mudanças ocorridas dentro do Sistema Brasileiro de Defesa Aeroespacial (SISDABRA), com vistas às Políticas Nacionais de Defesa e Estratégias Nacionais de Defesa no período 2008-2020. A Estratégia Nacional de Defesa de 2008 estabeleceu mudanças nas Forças Armadas, levando em conta o Comando Brasileiro de Defesa Aeroespacial (COMDABRA), encarregado de liderar e integrar equipamentos e meios de vigilância e comunicação para o controle do espaço aéreo. Esta visão resultou em mudanças na Força Aérea, mas não na forma prevista por este documento em 2008, pois, na estrutura originalmente implementada, há dois sistemas trabalhando juntos: SISDABRA e o Sistema Brasileiro de Controle do Espaço Aéreo (SISCEAB). Ambos os sistemas foram mantidos com seus conceitos originais: SISCEAB é o gerente de infra-estrutura e o comando aeroespacial é atualmente responsável pela defesa aeroespacial. Foram utilizadas técnicas de pesquisa bibliográfica e documental, tomando como referência teórica a teoria geral dos sistemas e aquelas que tratam dos conceitos de segurança e defesa, devido à integração da defesa aérea com o controle de tráfego. A reorganização da Força Aérea não ocorreu como previsto na Estratégia Nacional de Defesa de 2008, apesar do fato de que a reorganização das Forças Armadas era um dos objetivos deste documento.

**Palavras-chave:** Força Aérea; defesa aeroespacial; estratégia política de defesa; segurança.

## Introducción

*La violencia, una fuerza desnuda, ha generado más argumentos que cualquier otro factor en la historia, y las opiniones contrarias no son más que esperanzas, por decir lo menos. Las generaciones que olvidan esta verdad básica siempre la han pagado con su vida y su libertad.*

(DAVIS, 1999, P. III)

La Estrategia Nacional de Defensa (END), publicada en diciembre del 2008, trajo cambios significativos a las entidades actualmente encargadas de controlar el espacio aéreo nacional. Baylis *et al.* definen la estrategia como “la aplicación del poder militar para lograr objetivos políticos” y que “la estrategia se estudia mejor desde un punto de vista interdisciplinario” (2000, p. 2).

Los ministros Nelson Jobim (Ministerio de Defensa) y Roberto Mangabeira Unger (Ministerio de la Secretaría de Asuntos Estratégicos-SAE) destacaron, en el Instructivo Interministerial n.º 437/MD/SAE, del 17 de diciembre de 2008<sup>1</sup>, que la END se centró en acciones estratégicas a mediano y a largo plazo, y “tuvo como objetivo modernizar la estructura de defensa nacional, actuando en tres ejes estructurantes: reorganización de las Fuerzas Armadas, reestructuración de la industria brasileña de material de defensa y política para la composición del personal de las Fuerzas Armadas” (Brasil- Ministério da Defesa, 2008, p. 3)

Uno de los objetivos políticos definidos en esta END es el control del espacio aéreo (soberanía), aplicando el poder militar de la actividad aérea, hoy llamado poder aeroespacial, que es ejercido por la Fuerza Aérea.

Si bien los documentos PND y END, desde su edición inicial en el 2008, tratan los temas centrados en la Fuerza Aérea, el nombre de la institución de la Fuerza Armada, en Brasil, es Aeronáutica, como está previsto en el artículo 142 de la Constitución de la República

Federativa de Brasil de 1988. A efectos de este artículo, se utilizará el nombre Fuerza Aérea para designar a la Fuerza Armada que emplea el poder aeroespacial, siendo la Fuerza Aérea su brazo operativo, uno de los componentes (Jasper, 2013).

Para la comprensión, como concepto brasileño, de lo que es el poder aeroespacial, la norma que aborda la doctrina de la Fuerza Aérea Brasileña (Directiva del Comando de la Fuerza Aérea DCA 1-1/2020) lo define como:

[...] la proyección del Poder Nacional resultante de la integración de los recursos a disposición de la Nación para el uso del espacio aéreo y del espacio ultraterrestre, ya sea como instrumento de acción político-militar, o como factor de desarrollo económico y social, tendientes a alcanzar y mantener los objetivos nacionales. (Brasil-Comando da Aeronáutica, 2020, art. 1.2.22, p. 11)

La norma establece que los componentes del poder aeroespacial son: la Fuerza Aérea, la Aviación Civil, la Infraestructura Aeroespacial, la Industria Aeroespacial y de Defensa, el Complejo Científico y Tecnológico Aeroespacial y los Recursos Humanos Especializados en la Actividad Aeroespacial (Brasil-Comando da Aeronáutica, 2020, p. 30). Así, entre las Directrices END del 2008, figuraba la del punto 3, que establecía “desarrollar las capacidades para monitorear y controlar el espacio aéreo, el territorio y las aguas jurisdiccionales brasileñas” (Brasil- Ministério da Defesa, 2008, p. 4).

Esta visión se consolidó cuando el documento estableció como uno de los objetivos estratégicos de la Fuerza Aérea la prioridad de la vigilancia aérea, definiendo que el Sistema de Defensa Aeroespacial Brasileño (SISDABRA)

[...] como una de las capas, contará con un complejo de monitoreo, incluidos los vehículos de lanzamiento, los satélites geoestacionarios y de vigilancia, los aviones de inteligencia y los respectivos aparatos de visualización y comunicaciones que se encuentran bajo pleno control nacional. (Brasil- Ministério da Defesa, 2008, p. 20)

<sup>1</sup> La Exposición de Motivos es la introducción al documento que presenta la END. Fue insertado en el archivo PDF distribuido en su momento por el Ministerio de Defensa.

Al observar que la Fuerza Aérea es responsable de la soberanía del país en lo que respecta a su espacio aéreo, sigue que la END del 2008 también estableció que: “Se fortalecerá el Comando de Defensa Aeroespacial Brasileño (COMDABRA) como núcleo de defensa aeroespacial, *encargado de liderar e integrar* todos los medios de monitoreo aeroespacial del país” (Brasil-Ministério da Defesa, 2008, p. 20)<sup>2</sup>. En ese sentido, para la END, la integración de los medios, entendidos como medios físicos, estaría bajo la tutela del COMDABRA que, en ese momento, era el órgano central del Sisdabra.

Los recursos físicos estuvieron y aún están bajo la responsabilidad del Departamento de Control del Espacio Aéreo (DECEA), órgano responsable en Brasil del Sistema de Control del Espacio Aéreo (SISCEAB), que es el sistema que gestiona el control del tránsito aéreo. Las informaciones de los radares, por ejemplo, se visualizan en dos sistemas: en el SISCEAB y en el SISDABRA, siendo tratados de acuerdo con las necesidades operativas de cada uno. Ambos sistemas están bajo la responsabilidad de la Fuerza Aérea desde una perspectiva de integración. Las razones de esta integración serán detalladas en el segundo apartado, que versará sobre la historia de la institución Aeronáutica.

Así, este artículo tiene como objetivo analizar la evolución de la END, conectándose con la evolución del SISDABRA y la estructura de la propia Fuerza Aérea, y también con la estrategia de disuasión presente en los documentos a partir del 2008. (Brasil-Ministério da Defesa, 2008, p. 40).

El propósito es analizar, como destacaron los ministros Jobim y Mangabeira Unger en la Exposición de Motivos, si la visión a largo plazo, idealizada en el 2008, efectivamente se materializó, teniendo como corte la Fuerza Aérea, en los aspectos operativos, estructurales y organizacionales en el periodo 2008-2022.

Demo destaca que “toda interpretación depende intrínsecamente del marco teórico de referencia” (2001, p. 46). Se utilizaron técnicas de investigación bibliográfica y documental, teniendo como referente

teórico la teoría general de sistemas por la integración de la defensa aeroespacial con el control de tránsito y las que versan sobre los conceptos de seguridad y defensa, como la estrategia de disuasión en los documentos de la PND y la END de Brasil.

Con un enfoque multidisciplinar, se busca evitar lo que Karl Popper llama la aplicación de una teoría dominante, lo cual, en opinión de Thomas Kuhn, se denominaría *paradigma*. Popper admite que “en todo momento somos prisioneros atrapados en el marco de nuestras teorías, de nuestras expectativas, de nuestras experiencias pasadas, de nuestra lengua”, y destaca que “siempre es posible tener una discusión crítica y una comparación de las distintas referencias” (Lakatos y Musgrave, 1979). Por lo tanto, la investigación sobre un tema que involucra el análisis de la END y las implicaciones para el SISDABRA también debe tener esta característica, es decir, ser multidisciplinaria y evitar que una teoría sea dominante, creando paradigmas.

Jervis (1989, p. 3) destaca que los recursos económicos y militares son los principales instrumentos de poder; a su vez, resalta que una política de Estado está influenciada por factores distintos a su entorno externo, así como sus objetivos, riesgos, su creencia en su capacidad militar y si su estrategia es practicable y popular (Jervis, 1989, p. 12). El factor económico señalado por Jervis puede verse como un criterio básico para la creación del Ministerio de Aeronáutica en 1941 y para la gestión del tráfico aéreo y los sistemas de defensa aérea. Para discutir el SISDABRA y el SISCEAB, también se consideró necesario un acercamiento con conceptos de la teoría general de sistemas.

Audy (2005, p. 16) subraya que el método científico presenta dificultades cuando se aplica a problemas complejos con muchas variables y situaciones en las que está presente la actividad humana, aunque sea una práctica de la ciencia para dividir el problema en componentes más pequeños para tratar de entender el todo. Para Audy, los tres grandes problemas de la ciencia son “la complejidad, los sistemas de carácter social y la aplicación del método científico a los problemas del mundo real” (2005, p. 17). Por tanto, para este autor es necesario un enfoque complementario al

---

2 La numeración se refiere al archivo PDF.

método científico, es decir, al pensamiento sistémico. Esto se debe a que una de las características del pensamiento sistémico es abordar el problema pensándolo como un todo.

Maciel define un sistema como “un conjunto de cualesquiera elementos unidos entre sí por cadenas de relaciones para constituir un todo organizado” (1974, p. 13). En esta definición, se pueden distinguir varios conceptos fundamentales, entre ellos: conjunto, elemento, relación, todo y organización. Maciel destaca que, en estos conceptos, se puede verificar el carácter interdisciplinario de la teoría general de sistemas, aspecto que se considera necesario para un abordaje de sistemas de alta complejidad como los que se ocupan de la defensa y el control aeroespacial de tráfico aéreo. En este punto, surge una pregunta: ¿por qué se define que sistemas como el SISDABRA y el SISCEAB son sistemas complejos? ¿Qué significa la palabra *complejidad* en este contexto?

La complejidad no es un tema simple y, según Hall (2004, p. 51), los tres elementos de complejidad identificados con mayor frecuencia son: diferenciación horizontal, diferenciación vertical y dispersión geográfica. Para Hall, la diferenciación horizontal se da a través de la subdivisión de tareas, lo cual puede analizarse por la forma en que la organización asigna especialistas altamente capacitados para realizar determinadas tareas. En el caso del SISCEAB, los especialistas realizan las operaciones de gestión del tránsito de aeronaves, y en el caso del SISDABRA, realizan las operaciones de defensa aeroespacial, dirigiendo las aeronaves interceptoras para que alcancen su objetivo.

La diferenciación vertical se ejecuta comprobando los niveles jerárquicos de la organización. El Decea, por ejemplo, que es el órgano central del SISCEAB, responsable de la gestión del tránsito aéreo, se divide básicamente en un órgano central que gestiona otros trece organismos operativos subordinados a él, entre los que se pueden mencionar los cuatro Centros Integrados de Defensa Aeroespacial y Control de Tránsito Aéreo (CINDACTA), encargados de la ejecución operativa de las actividades que materializan el cumplimiento de los fines y las atribuciones de este organismo, así

como el apoyo a las actividades del Comando de Operaciones Aeroespaciales (COMAE), que es el actual órgano central del SISDABRA<sup>3</sup>.

Dentro del factor de complejidad y diferenciación horizontal, parece que uno de ellos se encarga de la gestión del tráfico aéreo y el otro se encarga de la defensa aeroespacial. Además, se distinguen por la subordinación. A pesar de estar dentro de la misma cadena organizativa que la Fuerza Aérea, siendo ambos cuerpos un oficial general de cuatro estrellas, es decir, el último grado de la carrera militar, el DECEA todavía tiene una subordinación externa, ya que debe seguir las reglas de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), incluso con respecto a la gobernanza y la auditoría.

El COMAE se distingue del DECEA por ser un comando conjunto, integrado por soldados de otras fuerzas, ya que es el órgano central del SISDABRA y tiene vínculos sistémicos<sup>4</sup> en la Armada y el Ejército, cuyos medios también contribuyen a la defensa aeroespacial. El último elemento de complejidad, según Hall (2004, p. 53), es la dispersión geográfica, que puede analizarse por diferenciación vertical u horizontal. Como ejemplo de la dispersión geográfica del DECEA, CINDACTA IV tiene su sede en Manaus (Amazonas), CINDACTA II tiene en Curitiba (Paraná), CINDACTA III tiene en Recife (Pernambuco) y CINDACTA I tiene en Brasilia (Distrito Federal).

En el caso del COMAE, las unidades aéreas tienen vectores de interceptación en todo el territorio brasileño entre las localidades: Anápolis (Goiás), Canoas y Santa Maria (Rio Grande do Sul), Porto Velho (Rondonia), Boa Vista (Roraima) y Santa Cruz (Rio de Janeiro). De esta forma, el artículo analizará las conexiones entre los objetivos establecidos en la END para el Ejército del Aire y su evolución organizativa y estructural, teniendo como referencia las teorías mencionadas anteriormente.

<sup>3</sup> Disponible en: <https://www.decea.mil.br/?i=quem-somos&p=o-decea>

<sup>4</sup> El eslabón sistémico es una organización, medio o componente de otra Fuerza Armada o institución que no se encuentra subordinada jerárquicamente, es decir, en la misma cadena organizacional. Sin embargo, está subordinada a las normas emanadas del órgano central del sistema.



## La evolución del Ministerio de Aeronáutica

Este apartado del artículo abordará los antecedentes históricos referentes a la creación del Ministerio de Aeronáutica como forma de comprender las razones que llevaron a Brasil a adoptar un modelo integrado de defensa aeroespacial y gestión del tránsito aéreo, así como la implementación de los documentos de la PND y la END, su evolución y cómo se relacionan con la evolución de la propia Fuerza Aérea.

Con la creación del Ministerio de Aeronáutica, instituido el 20 de enero de 1941, mediante Decreto-Ley 2.961, el gobierno de Vargas<sup>5</sup> unió la Aviación Militar (Ejército y Armada) y la Aviación Civil bajo una misma administración. Como supuesto de esta centralización, estaba el principio de que los “objetivos se alcanzarían con mayor rapidez y menor gasto”<sup>6</sup>, y que era necesaria la creación del nuevo organismo de coordinación técnico-económica aérea, ya que son actividades “decisivas para el progreso y la seguridad nacional” (Brasil-Ministério da Aeronáutica, 1941).

El Gobierno brasileño no siguió la tendencia internacional en la época de la Segunda Guerra Mundial de establecer una separación entre los órganos que gestionan la actividad de control de tráfico y defensa aérea. En general, otros países del mundo tienen organismos separados para gestionar la actividad militar (Fuerza Aérea) y la aviación civil. También, cuentan con diferentes sistemas en lo que respecta al control del tráfico aéreo y la defensa aérea. En Estados Unidos, el organismo responsable de la gestión del tráfico aéreo es la Administración Federal de Aviación y en Europa es Eurocontrol. Cada uno de los sistemas tiene sus propios radares, medios de comunicación y recursos humanos, y el aporte de recursos económicos es diferente.

---

<sup>5</sup> Getúlio Vargas gobernó de 1930 a 1945 (primer periodo). De 1937 a 1945 su gobierno se denominó Estado Novo, por haber clausurado el Congreso Nacional en 1937 y, desde esa fecha hasta 1945, por haber gobernado con poderes dictatoriales.

<sup>6</sup> Art. 20. La organización de la Aeronáutica Nacional se realizará en etapas sucesivas, a criterio del Gobierno, en atención a las disponibilidades económicas (Decreto-Ley 2.961/1941).

Siguiendo la línea de pensamiento del Decreto-Ley 2.961 de 1941, el Decreto-Ley 200 de 1967 mantuvo las tareas civiles asignadas al Ministerio de Aeronáutica y la institución continuó en ambas vertientes: militar y civil. La norma incluso amplió las tareas asignadas al Ministerio de Aeronáutica, añadiendo actividades relacionadas con el sector aeroespacial, la navegación aérea y las infraestructuras aeroportuarias (Brasil-Présidência da República, 1967, art. 63). Además, trajo el concepto de sistema, incluso en lo que respecta a la idea de un órgano central que sería responsable por “el fiel cumplimiento de las leyes y reglamentos pertinentes y del funcionamiento eficiente y coordinado del sistema” (Brasil-Présidência da República, 1967, art. 30).

Mediante Oficio R-001/GM3, del 5/01/1968, el entonces ministro de Aeronáutica, teniente brigadier del aire Márcio de Souza e Mello, ordenó al Estado Mayor de la Fuerza Aérea estudiar y presentar alternativas para la implementación de “un moderno sistema de control de tráfico aéreo y, al mismo tiempo, proponer un sistema de defensa aérea” (Nobrega de Ayrosa, 2004, p. 36) [Énfasis fuera de texto]. Por lo tanto, poco después de la promulgación del Decreto-Ley 200 de 1967, el Ministerio de Aeronáutica aplicó este concepto a los criterios para la creación de los órganos encargados de la gestión del tráfico aéreo y la defensa aérea.

De esta manera, se desarrolló el Sistema de Defensa Aérea y Control de Tránsito Aéreo (SISDACTA) que, como lo describe el DECEA (Brasil, Comando da Aeronáutica, 2005, p. 9), adoptó “una postura única de conciliación de las necesidades y los recursos brasileños”<sup>7</sup>, y fue desarrollado “para maximizar el uso de los medios y hacer más efectiva la coordinación de las actividades de aviación civil y militar” (2005, p. 9).

El Tribunal de Cuentas Federal, en el ítem 9 (Votación) de la Sentencia 2.420 de 2006 Pleno, del 13/12/2006, aclara que “el modelo brasileño de control de tránsito aéreo se caracteriza por el uso de una sola infraestructura para controlar el espacio aéreo”, y que

---

<sup>7</sup> Una vez más, la preocupación por el equilibrio entre costo y beneficio, concepto que ya había sido establecido en el decreto de creación del Ministerio de Aeronáutica.

esta opción, según información del Comando de la Aeronáutica (COMAER), “se debió al costo prohibitivo de implementar dos sistemas diferentes”. De esta forma, parece que dos criterios primordiales, la integración y la economía de recursos, regirán no solo la creación del Ministerio de Aeronáutica, sino también el sistema que estaría a cargo de la gestión del tráfico aéreo y la defensa aérea.

Así, el primer sistema fue el SISDACTA, nombre derivado del propio concepto de integración entre defensa aérea y control de tránsito. Esta idea también se caracteriza en el Reglamento de los CINDACTA (Brasil-Comando da Aeronáutica, 2006), que estableció:

Arte. 1 Los Centros Integrados de Defensa Aérea y Control de Tránsito Aéreo (Cindacta), organismos del Comando de la Aeronáutica (COMAER) previstos por el Decreto no. 5.196, de 26 de agosto de 2004, tienen por propósito realizar actividades relacionadas *con la vigilancia y el control de la circulación aérea general*, así como conducir las aeronaves voladoras cuya misión sea mantener la integridad y soberanía de espacio aéreo brasileño, en las áreas definidas como de su competencia. [Énfasis fuera de texto]

Estableciendo una conexión con la PND y la END, se observa que el SISDACTA, integrando la defensa aeroespacial y la gestión del tránsito aéreo, antecede al surgimiento de estos documentos por más de tres décadas.

El primer documento que aborda la defensa nacional fue la Política de Defensa Nacional editada en 1996, bajo la presidencia de Fernando Henrique Cardoso (Brasil-*Presidência da República*, 1996). El título que se le dio al documento en 1996 difiere del título actual por la inversión de la palabra *defensa*. En 1996, era Política de Defensa Nacional (PDN), actualmente es Política Nacional de Defensa (PND). Este documento fue difundido antes de la creación del Ministerio de Defensa, hecho que solo ocurrió en 1999 (Brasil-*Presidência da República*, 9 de junio de 1999), al no haber abordado el control del espacio aéreo, destacando solo la garantía de la soberanía nacional (Brasil-*Presidência da República*, 1996, p. 7).

El SISDABRA es un concepto posterior al SISDACTA, tras haber sido creado por el Decreto-Ley 1.788, del 18/03/1980, que dispuso: “Se crea el Sistema Brasileño de Defensa Aeroespacial (SISDABRA), con el fin de asegurar el ejercicio de la soberanía en el espacio aéreo brasileño” (Brasil-*Presidência da República*, 1980, art. 1). Por tanto, parece que el PDN de 1996, al establecer el objetivo de garantizar la soberanía, absorbió la concepción que ya existía, desde 1970, para el SISDACTA y en consonancia con lo establecido en el decreto de creación del SISDABRA.

El decreto de creación del SISDABRA también incorporó la idea de régimen propugnada en el Decreto-Ley 200 de 1967 al establecer que:

Arte. 2 - El SISDABRA constituirá, además de sus medios orgánicos, los específicamente designados para la realización de actividades relacionadas con la Defensa Aeroespacial por parte de las Fuerzas Singulares, las Fuerzas Auxiliares, por los órganos y servicios de la administración pública, directa o indirectamente, en el nivel federal, estatal o municipal, y por organizaciones no gubernamentales. (Brasil-*Presidência da República*, 1980)

Cabe añadir que, en los apartados 1 y 2 del artículo 2, la norma establecía: “Los órganos y servicios encargados del ejercicio de actividades relacionadas con la Defensa Aeroespacial *están sujetas a la orientación normativa del Órgano Central del SISDABRA*, sin perjuicio de la subordinación administrativa a que están obligados (§ 1)”, y “El *control operacional* de los medios designados para constituir el Sistema corresponde al Órgano Central del SISDABRA (§ 2)” (Brasil-*Presidência da República*, 1980) [Énfasis fuera de texto].

Todavía en 1980, fue creado el órgano central del SISDABRA: el COMDABRA (Brasil-*Presidência da República*, 1980). Sin embargo, en 1989 surgió efectivamente el órgano central del SISDABRA al redactarse el Reglamento NUCOMDABRA, mediante el Ordenanza 724/GM3 del 1 de noviembre de 1989, cuya misión era “realizar, en tiempo de paz, la defensa del territorio nacional contra toda forma de ataque aeroespacial, con el fin de garantizar el ejercicio de la soberanía en el espacio

aéreo brasileño” (Brasil-Ministério da Aeronáutica, 1989, art. 1). La organización, en ese momento, estaba subordinada al Comando General Aéreo (COMGAR). Nuevamente, se observa el detalle del concepto de soberanía sobre el espacio aéreo nacional presente en el documento.

El COMDABRA, además de ser el órgano central del SISDABRA, también era un comando operativo conjunto, debido a la participación de la Armada y el Ejército en la asignación de recursos orgánicos y con participación en la planificación, coordinación, ejecución y control de las operaciones aeroespaciales. De 1980 al 2017, el COMDABRA estuvo subordinado al Comando General Aéreo cuando, en ese año, en la reestructuración organizacional que atravesó la Fuerza Aérea se activó el Comité de Implementación del COMAE, que pasó a ser el órgano central del SISDABRA y mando operativo conjunto.

El COMAE será el comando operativo conjunto, en permanente activación, encargado de planificar, coordinar, ejecutar y controlar las operaciones aeroespaciales, tanto recurrentes como ocasionales. Este nuevo comando combinará también las acciones de empleo de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB), que antes realizaba la Comandancia General de Operaciones Aéreas (COMGAR) y las cuatro unidades conocidas como Fuerzas Aéreas (FAE). Esto incluye transporte aéreo, búsqueda y salvamento, y patrullaje marítimo, además de las operaciones conjuntas que determine el Ministro de Defensa: “Bajo su gestión incluirá el uso de aeronaves pilotadas a distancia, satélites de comunicaciones y las futuras constelaciones de satélites de órbita baja, así como toda la estructura de inteligencia que afecta a estas áreas del conocimiento”, explicó el comandante de la Fuerza Aérea (Brasil-Comando da Aeronáutica, 2017) [Énfasis fuera de texto].

Las responsabilidades del COMAE están explícitamente vinculadas a uno de los objetivos recomendados por la END del 2008, que es que el SISDABRA debe contar con “un complejo de monitoreo, incluyendo vehículos de lanzamiento, satélites geoestacionarios y de monitoreo”, aeronaves de inteligencia y visualización y aparatos de comunicación” (Brasil-Ministério da Defesa, 2008, p. 20).

Con la evolución de la Aviación Civil, en 1990 surgió el SISCEAB, que tenía como objetivo “el control efectivo y el conocimiento de todas las aeronaves evolucionando en el espacio aéreo brasileño” (DECEA, 2005, p. 9). Es decir, en 1990 se consolidó la separación de ambas actividades, quedando bajo la dirección de dos entidades distintas: control de tránsito aéreo con la Dirección de Electrónica y Protección de Vuelo (DEPV) y defensa aérea con el COMDABRA. El DEPV, en ese momento un cargo de oficial general de tres estrellas (mayor-brigadier), estaba subordinado al Comando General de Apoyo (COMGAP).

El SISCEAB nació diez años después de la creación de SISDABRA. Los dos sistemas tienen como factor común el uso de los mismos medios de vigilancia (radares) y medios de comunicación para desarrollar ambas actividades, generando información operativa para ambos sistemas, cuyo uso se da en actividades diferentes. El SISCEAB fue reformulado mediante la Ordenanza 442/GC3, del 20 de julio de 2000, con el objetivo de “integrar los órganos y sistemas que ya participan en el Control de la Circulación Aérea Nacional [...] las aeronaves, nacionales o extranjeras, en el espacio aéreo bajo jurisdicción brasileña”. Con el advenimiento del SISCEAB, el SISDACTA deja de existir, siendo reemplazado por el SISDABRA y el SISCEAB con funciones diferentes, pero siempre en términos de integración, donde se comparten medios de infraestructura. La organización de la FAB, resultante de todos los cambios ocurridos hasta el 2001, se puede ver en la figura 1.

Este apartado tuvo como objetivo demostrar que la idea de un sistema de integración y de soberanía sobre el espacio aéreo brasileño precedió al advenimiento de la PND y la END. Así mismo, si bien la END del 2008 estableció que uno de los principales factores de sus objetivos era la reorganización de las Fuerzas Armadas, en el caso de la Fuerza Aérea la reestructuración se dio a lo largo de su periodo de existencia, siendo delimitada por algunos hitos temporales importantes: a) la creación del Ministerio de Aeronáutica en 1941; b) su reestructuración en 1967, con base en el Decreto-Ley 200; c) la creación del Ministerio de Defensa en 1999; y d) la reestructuración actual, siendo un factor importante la creación del COMAE en el 2017.

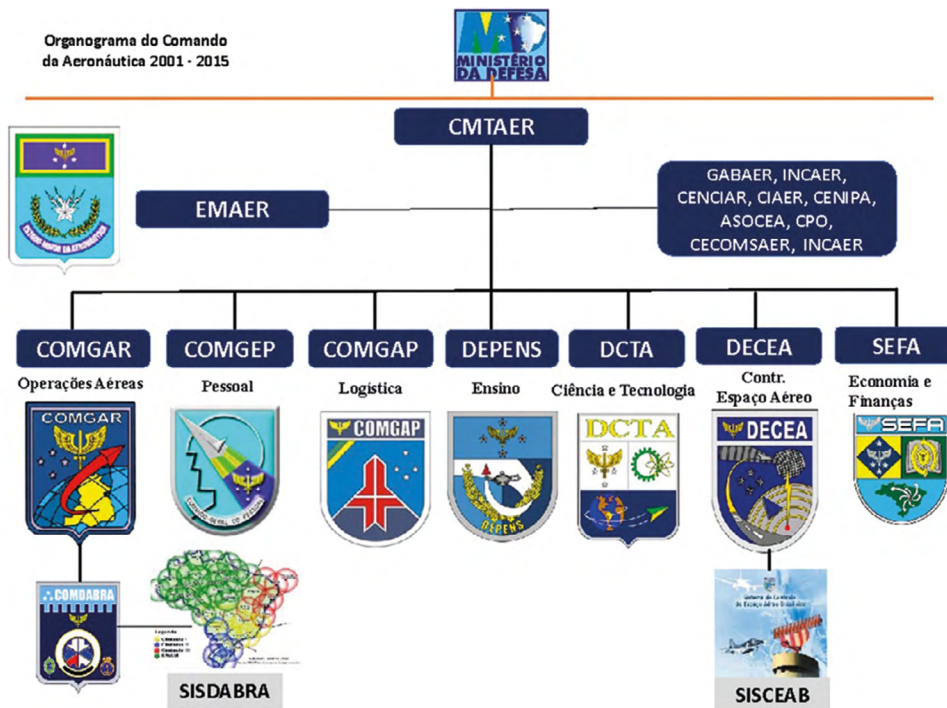


Figura 1. Organograma del Comando de la Fuerza Aérea Brasileña 2015  
Fuente: elaboración propia.

En el próximo apartado, se analizará la evolución de la PND y la END, así como la conexión de estos documentos con la reestructuración organizacional de la Fuerza Aérea y con los conceptos de soberanía, además de la absorción del concepto de *disuasión*. Estrategia que estaba implícita en la creación del COMDABRA y el SISDABRA y, a partir del FIN del 2008, se vuelve explícita en los documentos de defensa de Brasil.

## Las políticas y estrategias de defensa nacional y la Fuerza Aérea

Como se dijo en el punto anterior, el primer intento de establecer un documento en materia de Defensa fue en el gobierno del presidente Fernando Henrique Cardoso en 1996 con la Política de Defensa Nacional (PDN), cuyo contenido fue, en cierto modo, amplio y no se ocupó de la defensa del espacio aéreo nacional, solo del aspecto de la soberanía del país sobre su territorio,

siempre en los términos previstos en el artículo 1 de la Constitución de la República Federativa de Brasil (Brasil-*Presidência da República*, 2002; Brasil-*Presidência da República*, 1996, ítem 3.3, p. 7).

En el 2005, hubo una nueva edición de la PDN, con un cambio en el concepto de soberanía al introducir como directriz: “V. Mejorar la vigilancia, control y defensa de las fronteras, aguas jurisdiccionales y espacio aéreo brasileño” (Brasil-Comando da Aeronáutica, 2005, inciso 7, inciso v). Sin embargo, la norma no proporcionó explícitamente una guía para la Fuerza Aérea.

En el periodo entre 1996 y el 2005, un hecho importante para el análisis del tema fue la creación del Ministerio de Defensa, lo cual estableció un nivel jerárquico entre el presidente de la república y las Fuerzas Armadas que, antes, tenían la categoría de ministerio. A partir de 1999, las Fuerzas Armadas pasaron a estar subordinadas al ministro de Defensa, en tiempos de paz, y a tener comandantes (Brasil-*Presidência da República*, 2002, arts 3 y 4).

En el 2008, se editó la END y estableció una visión más asertiva del tema de la defensa del país, enfatizando que el país debe tener una nueva postura en el campo de la defensa (Brasil-Ministério da Defesa, 2008). El documento también destacó que la END sería el vínculo entre el concepto y la política de independencia nacional y las Fuerzas Armadas para salvaguardar esa independencia. Respecto a la estrategia, Mahnken (citado en Baylis *et al.*, 2001, p. 68) destaca que la estrategia consiste en ganar guerras y que es, o al menos debería ser, un proceso racional.

Para ello, el primer eje estructurador previsto en la END del 2008 establecía que las Fuerzas Armadas debían organizarse para el mejor desempeño de sus funciones constitucionales y de sus atribuciones en paz y en guerra, teniendo como primera directriz la tierra, dentro de los límites de las aguas jurisdiccionales y prevenir las del uso del espacio aéreo nacional” (Brasil-Ministério da Defesa, 2008, p. 4).

La organización es un factor ligado a la reestructuración de la Fuerza Aérea que, como se muestra en el apartado 1, ya se venía dando por la necesidad de que el país y la Fuerza Armada responsable del poder aeroespacial tuvieran, de hecho, soberanía sobre su espacio aéreo, con la implantación inicial del SISDACTA y, posteriormente, del SISDABRA y el SISCEAB, y la creación del COMDABRA como agente encargado de conducir la defensa aeroespacial. En la directriz END del 2008, también se observa la inclusión de la estrategia de disuasión, aunque no de forma implícita.

Además, ya se estaban implantando los medios necesarios para ejercer la vigilancia y la defensa aeroespacial mediante la construcción de los cuatro CINDACTA, con la adquisición de medios de detección, como los radares, y medios de comunicación, además de vectores para interceptación, como el avión Mirage IIIIEBR comprado a Francia y con base en la Base Aérea de Anápolis en 1972.

Durante el gobierno del presidente Castelo Branco (1964-1967), el Ministerio de Aeronáutica elaboró un plan detallado con miras a la modernización de la FAB, con el objetivo de adaptarla a la nueva realidad del país. Este estudio incluyó la implementación de un *moderno*

*sistema de control del espacio aéreo, que preveía el uso de un vector supersónico para llevar a cabo misiones de defensa aérea y vigilancia del espacio aéreo:*

La celebración del contrato para la compra de doce aviones Mirage IIIIEBR y 04 Mirage IIIDBR (biplaza) se realizó el 12 de mayo de 1970 y la ciudad escogida para albergar la nueva base aérea del primer avión supersónico de la FAB fue Anápolis, ubicada en el estado de Goiás, a unos 150 km de Brasilia y *teniendo en cuenta el concepto de defensa del centro geopolítico del país.* La nueva base se denominaría First Air Defense Wing-1st ALADA y estaría subordinada al *recién creado Comando de Defensa Aérea (COMDA).* En el segmento de control del espacio aéreo, se creó el SISDACTA, que sería responsable de operacionalizar los medios de control y detección que trabajarían en estrecha relación con la unidad interceptora Mirage IIIIE. (Camazano Alaminó y Días da Cunha, 2021) [Énfasis fuera de texto]

Posteriormente, la END del 2008 estableció objetivos estratégicos para la Fuerza Aérea teniendo como ejes: vigilancia orientadora, superioridad aérea, combate enfocado y combate aéreo estratégico. Estableció cuatro objetivos estratégicos específicos, entre ellos la prioridad de la vigilancia aérea, el poder asegurar la superioridad aérea local y la capacidad de llevar el combate a puntos específicos del territorio nacional (Brasil-Ministério da Defesa, 2008, p. 20).

En el objetivo de la vigilancia aérea, el documento define que la FAB debe ejercer esa vigilancia sobre el territorio nacional y las aguas jurisdiccionales brasileñas, con el fin de inhibir el sobrevuelo libre del espacio aéreo nacional por parte del enemigo. Para ello, define que el COMDABRA “se fortalecerá como el núcleo de la defensa aeroespacial, responsable de liderar e integrar todos los medios de vigilancia aeroespacial del país” (Brasil-Ministério da Defesa, 2008, p. 20), siendo el SISDABRA una de las capas que tendrían “un complejo de monitoreo, incluyendo vehículos de lanzamiento, satélites geoestacionarios y de monitoreo, aviones de inteligencia y respectivas visualizaciones y comunicaciones que se encuentran bajo pleno dominio nacional” (Brasil-Ministério da Defesa, 2008, 2020).

En cuanto a medios como vehículos de lanzamiento y satélites, la Fuerza Aérea ya tenía proyectos en esta área como el vLS Rocket Launch Vehicle que formaba parte del Programa Espacial Brasileño. Sin embargo, el proyecto, que no tuvo éxito, fue reemplazado por el actual vLM-1 en asociación con Alemania para lanzar nanosatélites (Zaparolli, 2022).

La END del 2008 también planteó la preocupación con los vectores de intercepción, diciendo que “inspira una atención más viva y urgente es la forma de reemplazar los actuales aviones de combate en el intervalo 2005 a 2025, una vez que se evalúe la posibilidad de prolongar su vida útil” (Brasil-Ministério da Defesa, 2008, p. 22). Como solución, señaló que el país debe establecer una sociedad con otro país (o países) para diseñar y fabricar en Brasil, en el intervalo de tiempo correspondiente, un reemplazo de un caza de quinta generación para la venta en el mercado internacional.

Por lo tanto, se puede observar que la END del 2008 fue asertiva al establecer objetivos, estrategias y posibles soluciones para ciertos problemas, incluyendo la superación de la obsolescencia de los vectores de intercepción. Con respecto a este factor, el acuerdo sueco-brasileño para la adquisición y fabricación de aeronaves Gripen NG en Brasil, que ahora se ha hecho realidad con la llegada de la primera aeronave, incluso dentro del plazo previsto por la END del 2005 al 2025, se puede caracterizar como una pauta que se hizo realidad. Este evento fue informado en el Portal de la FAB destacando que:

El Comandante de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB), Teniente Brigadier Carlos de Almeida Baptista Junior, aterrizó este miércoles 24 de noviembre (2021), en Linköping, Suecia. El Oficial General recibió los primeros cuatro aviones F-39 Gripen, entregados por Saab, *que serán el principal vector de la defensa aérea del país.* (Brasil-Comando da Aeronáutica, 2021) [Énfasis fuera de texto]

Un punto importante a destacar es que la END del 2008 englobó los aspectos de fijación de objetivos, generalmente establecidos en una política, con la propia estrategia, que es cómo hacerlo y cómo se detalla en el

caso de la solución diseñada para superar la obsolescencia de la intercepción de vectores.

Este detalle cambia a partir del 2008, debido a los cambios realizados a la Ley Complementaria de 1997. Se dictó que el ministro de Defensa debe implementar el Libro Blanco de Defensa, en el que se establece la PND y la END, así como la modernización de la Fuerzas Armadas y la racionalización y adecuación de las estructuras de defensa (Brasil-Presidência da República, 2010, art. 9, § 1 y 2). La Ley Complementaria 136 de 2010 también definió un plazo para la actualización de los documentos de defensa al determinar que el Ejecutivo remita al Legislativo, cada cuatro años, a partir del 2012, el Libro Blanco de Defensa, la PND y la END.

En cuanto a los criterios, objetivos y lineamientos, en cierto modo, los documentos a partir del 2012 se vuelven menos asertivos y más integrales, destacando el escenario internacional y los conceptos. Se resalta que la PND del 2012 está “enfocada esencialmente en las amenazas externas, establece objetivos y directrices para la preparación y empleo de los sectores militares y civiles en todas las esferas del Poder Nacional, en favor de la Defensa Nacional” (Brasil-Ministério da Defesa, 2012, p. 11), siendo el “más alto documento condicionante de nivel para la planificación de acciones encaminadas a la defensa nacional coordinadas por el Ministerio de Defensa”.

Además, la PND del 2012 también destaca que: “El PND fija los objetivos de la Defensa Nacional y orienta al Estado sobre qué hacer para alcanzarlos. El END, a su vez, establece cómo hacer lo que establece la Política” (Brasil-Ministério da Defesa, 2012, p. 7). Por lo tanto, con la edición del 2012 de la PND y la END, los documentos se vuelven menos asertivos al no establecer lineamientos específicos para las Fuerzas Armadas como fue el caso de la END del 2008.

Esto se puede observar cuando la PND del 2012 resalta que: “Este documento explica los conceptos de Seguridad y Defensa Nacional, analiza los entornos internacional y nacional y establece los Objetivos de la Defensa Nacional”, y vuelve al texto de la PND de 1996 al abordar la soberanía solo por el aspecto más amplio (Brasil-Ministério da Defesa, 2012, p. 11 y 29). A su vez, la END del 2012 prácticamente repite algunos

conceptos y lineamientos de la END del 2008, como la directriz número 3 y prevenir su uso del espacio aéreo nacional (Brasil-Ministério da Defesa, 2012, p. 47).

La PND y la END del 2016 también traen pocas novedades respecto a los conceptos y lineamientos específicos para las Fuerzas Armadas, prácticamente repitiendo el texto de los documentos del 2012. La novedad se debe a la estrategia de disuasión, que en la END del 2016 se define como:

La Capacidad de Disuasión, a su vez, se configura como un factor esencial para la seguridad nacional, en la medida en que tiene por finalidad desincentivar posibles agresiones. Se fundamenta en las condiciones que tiene la Nación para reunir y aplicar su Capacidad de Protección y pronta respuesta, en caso de eventuales acciones hostiles contra la soberanía y los legítimos intereses de Brasil. (Brasil-Presidência da República, 2016, p. 19)

El documento también destaca el factor “capacidades”, pero sin especificar lo que esto realmente significa e informa que:

Los conjuntos de Capacidades Militares de Defensa serán sistematizados y dimensionados en la Política y Estrategia Militar de Defensa y, finalmente, reflejados en el Plan de Articulación y Equipamiento de la Defensa (PAED) que incluirá, además de la macro distribución de las instalaciones militares en el territorio nacional, el diseño del equipamiento necesario para el cumplimiento de las atribuciones de las Fuerzas Armadas. (Brasil-Presidência da República, 2016, p. 25)

Es decir, la END del 2016 sitúa en la escala jerárquica otros documentos: la PND y la END militares que, a través del PAED, establecerán las necesidades de equipamiento de defensa de las tres Fuerzas Naturales. El plan, según se describe, también abordaría la macrodistribución de las instalaciones militares en el territorio nacional.

Un punto a destacar de la END del 2016 es que este documento ya hace referencia al SISCEAB: “En este

contexto, existen dos componentes clave para el ejercicio de la soberanía sobre el espacio aéreo nacional: el Sistema Brasileño de Defensa Aeroespacial-SISDABRA y el Sistema Brasileño de Control del Espacio Aéreo-SISCEAB” (Brasil-Comando da Aeronáutica, 2016, p. 30), refiriéndose a los factores discutidos en el apartado 1 de este capítulo.

Sin embargo, en el caso de la Fuerza Aérea, en el 2016 la institución inició un proceso de reordenamiento territorial y organizacional que continúa hasta el día de hoy (2022). El enfoque de esta nueva reestructuración se planteó de la siguiente manera: “[...] los avances esperados con esta reestructuración deben tener como eje la preparación para nuevas capacidades, mejora de procesos, racionalización de estructuras en áreas administrativas y operativas, mejora de recursos humanos, recursos de la FAB y el fortalecimiento del apoyo a los militares y civiles de la COMAER” (Brasil-Presidência da República, 2016, Prefacio).

Para el tema tratado en este artículo, uno de los aspectos en la reorganización de la estructura funcional fue la creación del COMAE y la desactivación del COMGAR, al cual estaba subordinado el COMDABRA, como se muestra en la Figura 1. Desaparece también el COMDABRA, cuyas funciones relacionadas con el órgano central del SISDABRA son absorbidas por el COMAE. La diferencia se puede ver en la figura 2, que muestra el organigrama de la FAB del 2022.

Los demás aspectos de la reestructuración de la FAB están relacionados con la gobernanza de la institución, que buscó ampliar el foco en las cuestiones operativas, es decir, la actividad central, delimitando mejor el campo de las actividades administrativas. En este factor de la actividad administrativa, la mayoría de los organismos quedaron bajo la competencia de la Secretaría de Economía, Finanzas y Administración de la Aeronáutica, organismo que, hasta el 2016, tenía competencia exclusiva en el área de economía, finanzas y presupuesto.

Otro aspecto de la reorganización fue la subordinación del entonces Departamento de Enseñanza al Comando de Estado Mayor, con lo que se creó la Dirección de Enseñanza de la Aeronáutica, a la que se subordina la Universidad de la Fuerza Aérea (UNIFA). Este

apartado discutió la conexión entre los documentos PND y END y los cambios que ocurrieron en la Fuerza Aérea. Como puede verse, los documentos en sí mismos tuvieron poca influencia en la reorganización de la estructura organizativa, la actividad operativa o la renovación de equipos.

El concepto de soberanía sobre el espacio aéreo que ya estaba presente desde el inicio de la estructuración del SISDACTA continuó con la organización del SISDABRA y SISCEAB, cuyos criterios iniciales de integración y optimización de recursos se siguieron observando a lo largo de la existencia de la FAB.

En cuanto a los documentos en sí, se observó que la END del 2008 fue más asertiva y menos conceptual, mientras que a partir del 2016 la END y la PND se vuelven más integrales y menos asertivas, resultado de la necesidad de presentación de un Libro Blanco de Defensa, como está explicado en la Ley Complementaria 136 de 2010.

## Conclusión

Es natural que un documento que trata acerca de la estrategia de defensa del país detalle puntos para sus Fuerzas Armadas. Todavía, en el caso de la FAB, se observó que los documentos relacionados con la PND y la END tuvieron poca influencia tanto en la reorganización de su estructura (uno de los objetivos destacados en la END del 2008), así como en los conceptos, entre ellos, el de soberanía.

En el caso particular del concepto de soberanía, se demostró que la FAB en los años setenta ya había consolidado la necesidad de contar con un sistema que permitiera la vigilancia y el control de probables aeronaves intrusas en su espacio aéreo, es decir, la soberanía sobre el espacio aéreo, a fin de establecer efectivamente la soberanía del país sobre su espacio aéreo y aguas jurisdiccionales.

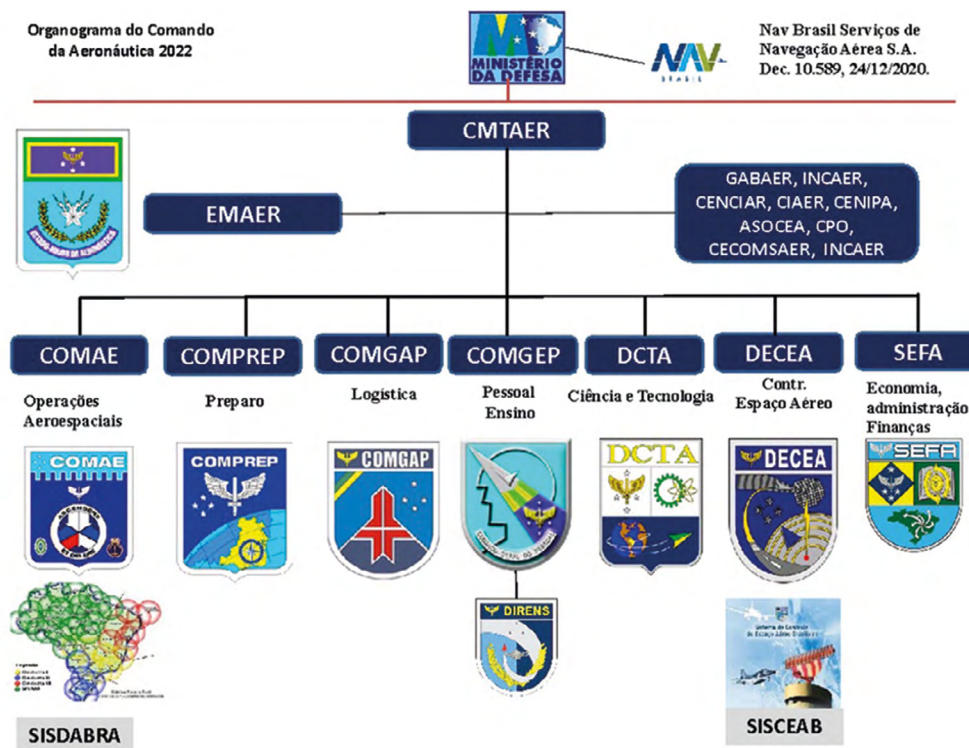


Figura 2. Organigrama del Comando de la Fuerza Aérea Brasileña 2022  
Fuente: elaboración propia.



Este factor quedó demostrado con la creación del SISDACTA, la implementación del CINDACTA y la actualización del sistema con el advenimiento del SISDABRA, el COMDABRA y el SISCEAB. Uno de los hechos destacados fue la creación del COMDA, en ese momento, la interfaz entre las unidades de defensa aérea y los cuerpos que realizaban la vigilancia del espacio aéreo. Con el advenimiento de SISDACTA, esta función fue absorbida por el CINDACTA.

El artículo también demostró que los criterios de integración y optimización de recursos, que rigieron la creación del Ministerio de Aeronáutica en 1941, se mantuvieron vigentes, especialmente cuando se creó el SISDACTA y se dio su actualización con el advenimiento del SISDABRA y el SISCEAB. Cabe agregar que el artículo también demostró que la integración realizada en 1941, de la competencia del Ministerio de Aeronáutica sobre gestión del tráfico aéreo y defensa aérea, se mantuvo sólida, y ha continuado hasta nuestros días con reconocimiento incluso en los propios documentos de defensa, más explícitamente sobre el SISCEAB, en la END del 2016.

Un punto destacado por los documentos de defensa de la END del 2008 fue la adopción del concepto de estrategia de disuasión que, en cierto modo, también estuvo implícito en las acciones implementadas por la FAB a lo largo de su existencia, especialmente cuando comenzó a materializarse el SISDACTA. Así mismo, se observó que a medida que los documentos de defensa evolucionaron, se hicieron menos asertivos y más conceptuales, trayendo algunos estratos intermedios entre el Ministerio de Defensa y las Fuerzas Individuales, como es el caso de la Política de Defensa Militar y del Plan de Articulación y Equipamiento (PAED).

En cierto modo, se puede decir que estos documentos también tuvieron poca influencia en el reequipamiento de la FAB, verificado en la asociación con Suecia para la adquisición y fabricación del Gripen. Todavía, en el caso concreto del Gripen, se podría decir que la END del 2008 había fijado un objetivo de soberanía en el diseño y la fabricación de aviones de combate de quinta generación, que acabó concretándose cuando se recibieron las cuatro primeras unidades en el 2021.

Finalmente, se observa que, como todo documento que involucre el análisis de escenarios y la planificación futura, los documentos de defensa se basan en hechos del pasado y en perspectivas de futuro, con lo que se intenta amoldarlos a las necesidades del país y de las Fuerzas Armadas, a fin de apoyar los objetivos de la política y la estrategia trazada para alcanzarlos. Aunque, como ha señalado Peter Drucker (1975, p. 10), no hay garantía de que esto suceda.

## Referencias

- Audy, J. L. N., et al. (2005). *Fundamentos de sistemas de informação*. Bookman.
- Baylis, J., Wirtz, J., Gray, C. y Cohen, E. (2001). *Strategy in the contemporary world: An introduction to strategic studies*. Oxford University Press.
- Baptista, C. de A. (2002). Entrevista. *Revista Aeronáutica*, (30), 3-6.
- Brasil, Comando da Aeronáutica. (2005). *O Controle do Espaço Aéreo. Principais Atividades*. Decea.
- Brasil, Comando da Aeronáutica. (2006, 6 de febrero). *Portaria 180/GC3 de 2006. Aprova o Regulamento de Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo*. <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/456460/pg-12-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-08-02-2006>
- Brasil, Comando da Aeronáutica. (2016). *Diretriz para a Reestruturação da Força Aérea Brasileira. DCA 11-53. Aprovada pela Portaria 551/GC3*. [http://www.consultaesic.cgu.gov.br/busca/dados/Lists/Pedido/Attachments/1156423/RESPOSTA\\_PEDIDO\\_DCA.pdf](http://www.consultaesic.cgu.gov.br/busca/dados/Lists/Pedido/Attachments/1156423/RESPOSTA_PEDIDO_DCA.pdf)
- Brasil, Comando da Aeronáutica. (2017, 13 de enero). *Comitê de Implantação do Comando de Operações Aeroespaciais é ativado em Brasília*. Centro de Comunicação Social da Aeronáutica. <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/28945/REESTRUTURACAO - Comitê de Implantação do Comando de Operações Aeroespaciais é ativado em Brasília>
- Brasil, Comando da Aeronáutica. (2020). *Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA 1-1). Portaria 1.224/GC3*. <https://www.sislaer.fab.mil.br>
- Brasil, Comando da Aeronáutica. (2021, 24 de noviembre). *Força Aérea Brasileira recebe quatro aeronaves F-39 Gripen, na Suécia*. Centro de Comunicação Social da Aeronáutica. <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/38254/INSTITUCIONAL>

- Brasil, Ministério da Aeronáutica. (1941, 1 de mayo). *Decreto-Lei nº. 2.961 de 20 de janeiro de 1941*.
- Brasil, Ministério da Aeronáutica. (1989, 1 de noviembre). *Portaria 724/GM3. Aprova o Regulamento do Núcleo do Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro*.
- Brasil, Ministério da Defesa. (2008). *Estratégia Nacional de Defesa de 2008*. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6703.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6703.htm)
- Brasil, Ministério da Defesa. (2012). *Livro Branco de Defesa 2012*. [https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado\\_e\\_defesa/END-PNDa\\_Optimized.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado_e_defesa/END-PNDa_Optimized.pdf)
- Brasil, Presidência da República. (1967, 25 de febrero). *Decreto-Lei 200 de 1967. Dispõe sobre a organização da Administração Federal, estabelece diretrizes para a Reforma Administrativa e dá outras providências*. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del0200.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0200.htm)
- Brasil, Presidência da República. (1980, 18 de marzo). *Decreto-Lei 1.778 de 1980. Cria o sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro – SISDABRA – e dá outras providências*. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/1965-1988/del1778.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/del1778.htm)
- Brasil, Presidência da República. (1996). *Política de Defesa Nacional de 1996*. <http://www.biblioteca.presidencia.gov.br/publicacoes-oficiais/catalogo/fhc/politica-de-defesa-nacional-1996.pdf>
- Brasil, Presidência da República. (1999, 9 de junio). *Lei Complementar nº. 97. Dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas. Brasília, DF, 1999. Alterada pela Lei Complementar nº. 117, de 2 de setembro de 2004*.
- Brasil, Presidência da República. (1999, 25 de junio). *Lei Complementar 136 de 1999*. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/Lcp136.htm#](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/Lcp136.htm#)
- Brasil, Presidência da República. (2002). *Constituição da República Federativa do Brasil. Texto Constitucional promulgado em 05 de outubro de 1988, com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais nº 1/92 a 35/2001 e pelas Emendas Constitucionais de Revisão nº 1 a 6/94*. Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas.
- Brasil, Presidência da República. (2005, 30 de junio). *Decreto 5.484 de 2005. Aprova a Política de Defesa Nacional, e dá outras providências*. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/decreto/d5484.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5484.htm)
- Brasil, Presidência da República. (2010, 9 de agosto). *Lei Complementar 97 de 2010. Altera a Lei Complementar 97 de 1999*. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp97.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp97.htm)
- Brasil, Presidência da República. (2016). *Política e Estratégia Nacional de Defesa de 2016*.
- Brasil, Tribunal de Contas da União. (2006). *Acórdão nº 2420/2006. Plenário, de 13/12/2006*. <https://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:tribunal.contas.uniao;plenario:acordao:2006-12-12;2420>
- Camazano Alamino, A. y Dias da Cunha, R. D. (2021, 11 de enero). *Dassault F103-DBR/EBR Mirage III. História da Força Aérea Brasileira*. <https://historiadafab.rudnei.cunha.nom.br/2021/01/11/dassault-mirage-iii/>
- Davis, P. K. (1999). *100 decisive battles: From ancient times to the present*. Oxford University Press.
- Demo, P. (2001). *Pesquisa e informação qualitativa: aportes metodológicos*. Papirus.
- Drucker, P. F. (1975). *Uma era de descontinuidade* (J. R. Brandão Azevedo, trad.). Zahar Editores.
- Hall, R. H. (2004). *Organizações: estrutura, processos e resultados* (R. Galman, trad.). Prentice Hall.
- Jasper, F. N. H. (2013). Aeronáutica, Ejército del Aire o Mando del Ejército del Aire. *Revista da UNIFA*, 26(2), 59-67.
- Jervis, R. (1989). *The logic of images in international relations*. Columbia University Press.
- Lakatos, I. e Musgrave, A. (Orgs.). (1979). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento. Atas do Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência, realizado em Londres em 1965* (O. Mendes Cajado, trad.). Editora da Universidade de São Paulo.
- Maciel, J. (1974). *Elementos de teoria geral de sistemas*. Editora Vozes.
- Marques, A. A. (2003). Brazilian strategic conceptions within the post-Cold War international context. *Revista Sociologia Política*, (20). <http://www.scielo.br/scielo.php>
- Menezes, L. N. (2001). A Força Aérea: a posteriori. *Revista Aero-náutica*, (227), 8-10.
- Nobrega de Ayrosa Moreira, M. (2004). Sisdicta (1968-1978): visão estratégica. *Revista Aeronáutica*, (252), 36-40.
- Prestes Motta, F. C. y Caldas, M. P. (Orgs.). (1997). *Cultura organizacional e cultura brasileira*. Atlas.
- Zaparolli, D. (2022). Lançamento ainda distante. *Pesquisa FAPESP*, (311). <https://revistapesquisa.fapesp.br/lançamento-ainda-distante/>

# La negación de área, posibilidad para Colombia como empleo de una estrategia\*

| Fecha de recibido: 28 de julio 2022 | Fecha de aprobado: 28 de septiembre 2022 |

| Reception date: July 28, 2022 | Approval date: September 28, 2022 |

| Data de recebimento: 28 de julho de 2022 | Data de aprovação: 28 de agosto de 2022 |

## Ilmar Ubiratan Salgado Luzia

<https://orcid.org/0000-0002-7680-916X>

✉ [Ilmar.esdegue@esdegue.edu.co](mailto:Ilmar.esdegue@esdegue.edu.co)

### Magíster en Seguridad y Defensa

Docente e investigador  
Escuela Superior de Guerra  
Colombia

Rol del investigador: teórico y escritura

Grupo de investigación: Tendencias evolutivas de las políticas de seguridad y defensa en las Américas

### Master in Security and Defense

Teacher and researcher  
Escuela Superior de Guerra  
Colombia

Researcher's role: theoretical and writing

Research group: Evolutionary trends in security and defense policies in the Americas

### Mestre em Segurança e Defesa

Professora e pesquisadora  
Escuela Superior de Guerra  
Colombia

O papel do pesquisador: teórico e escrito

Grupo de pesquisa: Tendências evolutivas nas políticas de segurança e defesa nas Américas

## Nelson Giovanni Parra Hernandez

<https://orcid.org/0000-0002-4459-7596>

✉ [giovapaha@gmail.com](mailto:giovapaha@gmail.com)

✉ [nelson.parra@esdegue.edu.co](mailto:nelson.parra@esdegue.edu.co)

### Magíster en Estudios Avanzados en Terrorismo: Análisis y Estrategias

Docente e investigador  
Escuela Superior de Guerra  
Colombia

Rol del investigador: teórico y escritura

Grupo de investigación: Tendencias evolutivas de las políticas de seguridad y defensa en las Américas

### Master in Advanced Studies in Terrorism: Analysis and Strategies

Teacher and researcher  
Escuela Superior de Guerra  
Colombia

Researcher's role: theoretical and writing

Research group: Evolutionary trends in security and defense policies in the Americas

### Mestrado em Estudos Avançados em Terrorismo: Análise e Estratégias

Professor e pesquisador  
Escuela Superior de Guerra  
Colombia

O papel do pesquisador: teórico e escrito

Grupo de pesquisa: Tendências evolutivas nas políticas de segurança e defesa nas Américas

\* Artículo de revisión, producto del proyecto de investigación *Tendencias evolutivas de las políticas de seguridad y defensa en las Américas enero 2021-noviembre 2021*, de la línea de investigación en "Políticas y modelos de seguridad y defensa" del grupo de investigación Centro de Gravedad.

**Cómo citar este artículo:** Salgado Luzia, I. U. y Parra Hernandez, N. G. (2023). La negación de área, posibilidad para Colombia como empleo de una estrategia. *Ciencia y Poder Aéreo*, 18(1), 129-143. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.760>



## La negación de área, posibilidad para Colombia como empleo de una estrategia

## The denial of area, possibility for Colombia as a use of a strategy

## A negação de área, possibilidade para a Colômbia como emprego de uma estratégia

**Resumen:** El surgimiento del concepto de negación de área trajo al pensamiento académico una serie de conceptos teórico-estratégicos que pueden ser utilizados por los países que los quieran emplear, a fin de defender sus áreas de interés. En este sentido, el objetivo de este artículo de reflexión es formular las condiciones de empleo más idóneas de la negación de área de las que dispone Colombia para posicionar el interés nacional y construir o proyectar su poder.

El propósito es despertar el interés de los lectores acerca de los conceptos de negación de área y cómo pueden ser útiles en el ámbito estratégico, pero también desde un enfoque académico a modo de referente para el uso de los recursos de defensa. Es necesario entender esta estrategia de negación de área para la defensa y la seguridad nacional en Colombia y en otros países dentro del hemisferio. Como resultado, tenemos que esa estrategia debe priorizar las amenazas a los objetivos e intereses nacionales de Colombia. Se concluye que es evidente la necesidad de reestructuración y modernización de la defensa aérea, antiaérea y terrestre para la seguridad nacional, es decir, en todos los dominios.

**Palabras clave:** antiacceso; Colombia; estrategia; Latinoamérica; negación de área.

**Abstract:** The emergence of the concept of area denial brought to academic thought a series of theoretical-strategic concepts that can be used by countries wishing to defend their areas of interest. In this sense, the objective of this reflection article is to formulate the most suitable conditions for the use of area denial available in Colombia to position the national interest and build or project its power.

The purpose is to awaken the readers' interest about the concepts of area denial and how they can be useful in the strategic field, but also from an academic approach as a reference for the use of defense resources. It is necessary to understand this strategy of area denial for defense and national security in Colombia and in other countries within the hemisphere. As a result, we have that this strategy must prioritize threats to Colombia's national objectives and interests. It is concluded that there is a clear need for restructuring and modernization of air, anti-air and land defense for national security, i.e., in all domains.

**Keywords:** Anti-access; Colombia; strategy; Latin America; area denial.

**Resumo:** O surgimento do conceito de negação de área trouxe ao pensamento acadêmico uma série de conceitos teórico-estratégicos que podem ser utilizados pelos países que desejam defender suas áreas de interesse. Neste sentido, o objetivo deste artigo é formular as condições mais adequadas para o uso da negação de área que a Colômbia tem à sua disposição para posicionar seu interesse nacional e construir ou projetar seu poder.

O objetivo é despertar o interesse dos leitores pelos conceitos de negação de área e como eles podem ser úteis na esfera estratégica, mas também a partir de uma abordagem acadêmica como referência para o uso de recursos de defesa. É necessário entender esta estratégia de negação de defesa e segurança nacional na Colômbia e em outros países do hemisfério. Como resultado, esta estratégia deve priorizar as ameaças aos objetivos e interesses nacionais da Colômbia. Conclui-se que existe uma clara necessidade de reestruturação e modernização da defesa aérea, antiaérea e terrestre para a segurança nacional, ou seja, em todos os domínios.

**Palavras-chave:** Anti-acesso; Colômbia; estratégia; América Latina; negação de área; anti-acesso; Colômbia.

## Introducción

El presente documento busca analizar la negación de área como estrategia, sus antecedentes, su definición, sus medios utilizados y las consecuencias de su empleo en el ámbito internacional, con fines de extraer conceptos útiles para la formulación de una estrategia para Colombia delante de los nuevos desafíos a la seguridad y defensa nacional.

La estrategia de negación de área, y la estrategia antiacceso a la cual suele venir referenciada, son actualmente unos de los principales retos para las intenciones hegemónicas de Estados Unidos de garantizar su capacidad de proyección de poder y tener acceso a todas las regiones de interés.

El trabajo empezará con el análisis de la definición del término *negación de área*, de modo que, por intermedio de una definición comprensiva, se determine el alcance de la estrategia a ser formulada. Enseñada, el trabajo examinará la forma como la estrategia en estudio favorece el poder de los Estados. Después, el texto se dedicará a analizar casos exitosos de utilización de la estrategia en países de Latinoamérica, en vista de identificar ejemplos de estrategias que pueden ser utilizadas por Colombia. Por último, será formulada una estrategia de negación de área dimensionada para las posibilidades presupuestarias, las condiciones político-diplomáticas, las amenazas y los factores de inestabilidad de Colombia.

## Método

Es una investigación que utiliza un método de análisis comparativo. La base de comparación, según Sartori y Morlino (1994), es comparar ciertos fenómenos o eventos presentes en una realidad dada, con el fin de proponer leyes de verificación o distorsionar hipótesis.

El trabajo buscará una base de datos amplia y confiable a través de una técnica de recolección de información de análisis de documentos y de un enfoque cualitativo para el análisis. Esta técnica tiene como

objetivo facilitar el escrutinio del conocimiento académico producido en el mundo sobre el tema. Se trata, por tanto, de un trabajo de investigación retrospectiva a partir de fuentes primarias y secundarias para dar respuesta a cuestiones relacionadas con el objeto de estudio.

## Hacia un concepto de la negación de área

La estrategia de negación de área no es un concepto nuevo; su concepción está íntimamente ligada a las estrategias defensivas clásicas (Quint, 2016). Esas estrategias son caracterizadas por tener el objetivo de impedir un ataque exitoso. Para eso, antes de la guerra, es necesario estar listo para esperarlo en buenas condiciones. Esta situación se convierte en la principal ventaja de una defensiva, pues mientras espera, el defensor elige el mejor lugar y prepara continuamente su defensa, interponiendo varias etapas de resistencia antes de llegar al centro de la posición, y si esta preparación impide que el atacante ingrese al teatro de operaciones, se está logrando el propósito de la defensa, aunque el combate no se lleve a cabo (Tangredi, 2013).

A lo largo de la historia, algunos países han empleado medios para afianzar la inexpugnabilidad de sus territorios, los cuales se han cambiado de acuerdo con las innovaciones tecnológicas, las tácticas y los tipos de guerra existentes en cada época. Durante muchos siglos, China ha construido grandes murallas para la protección de su imperio, pero esa estrategia defensiva se mostró inocua a mediados del siglo XIX. Después de la Primera Guerra Mundial, Francia construyó la línea Maginot<sup>1</sup>, que se imaginaba inexpugnable hasta que los alemanes la pugnaron con cierta facilidad en la Segunda Guerra Mundial por intermedio de su “Guerra Relámpago”.

Estados Unidos, en su gran estrategia, vislumbra la necesidad de acceso a todas las regiones estratégicas de interés, a fin de garantizar su capacidad de

---

1 “De hecho, la línea Maginot no fue otra cosa que un sistema de trincheras con sus planes de fuego de ametralladoras y sus casamatas de artillería fundidas en el hormigón, y reforzada por gruesos fuertes, dotados de cañones automáticos, de lanzagranadas, de armas anticarro de tiro rápido que ayudarán a proteger los puntos neurálgicos” (Anthérieu, 1962).

acción militar en estas áreas y posibilitar su potencial hegemónico y la cooperación con sus aliados en el escenario internacional. En ese sentido, las estrategias defensivas que China y Rusia, entre otros países, han desarrollado en las últimas décadas han puesto a prueba las capacidades de proyección de poder de los estadounidenses. Esos países han desarrollado mecanismos para negar áreas a potencias extranjeras que, esencialmente, utilizan la densidad y la contundencia de las armas desplegadas en sus territorios para disuadir la penetración (Departamento de Defensa, 2012). Debido a la necesidad de garantizar la capacidad de proyectar poder, los estadounidenses vieron la efectividad en la realización de esta tarea, amenazada por el desarrollo de la capacidad de potenciales adversarios, para negar el acceso a sus territorios. De ese modo, viendo el conjunto de capacidades defensivas de sus adversarios, Estados Unidos llamó estrategia antiacceso y de negación de área —en inglés *anti-access/area denial*, de donde viene el acrónimo A2/AD— (Tangredi, 2013), y luego pasar a desarrollar la estrategia para garantizar este acceso. Así, se puede notar que, por definición, un sistema A2/AD puede comprender diversas capacidades militares en el contexto de una estrategia defensiva (Teixeira-Júnior *et al.*, 2020).

Analizando esa dualidad, queda difícil mencionar qué ha comenzado primero: la estrategia de acceso estadounidense o la estrategia antiacceso oriental. Es probable que aquello que los estadounidenses llaman de A2/AD sea la respuesta a la proyección de fuerza occidental, su golpe de precisión y sus capacidades C2 altamente interconectadas. Así, países como China y Rusia han desarrollado características muy avanzadas, como los rangos extendidos de detección y participación en combinación con alta movilidad, baja probabilidad de detección y redundancia en red, creando nuevas capacidades de defensa (Schmidt, 2018). La doctrina de A2/AD puede ser evaluada como un tipo de estrategia asimétrica convencional (Battaglino, 2019).

Siendo así, el concepto de negación de área suele venir adjunto al concepto de antiacceso, lo cual exige la consideración de las dos estrategias para su amplia comprensión. Por tratarse de conceptos creados por la doctrina de Estados Unidos, es importante tener en

cuenta su definición según sus manuales. De acuerdo con el Departamento de Defensa de Estados Unidos:

Antiaccesso se refiere a acciones y capacidades de largo alcance (+1,800 km) que buscan evitar que las fuerzas oponentes ingresen a las áreas de operaciones; el concepto de negación de área se caracteriza por capacidades y acciones de corto alcance diseñadas no para mantener fuera a una fuerza opositora, sino para limitar su libertad de acción dentro del área operativa. (2012)

Al comparar esa definición con la del manual MFC-3 de operaciones conjuntas de las Fuerzas Militares de Colombia, se percibe un claro alineamiento conceptual:

Antiaccesso es la acción, actividad o habilidad, generalmente de largo alcance, diseñada para evitar que una fuerza enemiga avance dentro de un área de operaciones, mientras que la negación de área es la acción, actividad o habilidad, generalmente de corto alcance, proyectada para limitar la libertad de acción de una fuerza enemiga dentro de un área de operaciones. (2019)

En el plano diplomático, las estrategias A2/AD se persiguen firmando acuerdos con los países de un espacio regional compartido. En ese nivel, la estrategia apunta a conseguir que los socios regionales actúen de manera coordinada para negar el uso de área o infraestructura, haciendo más difícil y costoso los despliegues operativos (Battaleme, 2015).

Otro punto importante es que el concepto de A2/AD a menudo se ve relacionado con la defensa en capas en varios dominios o con la capacidad de ataque, movilidad de objetivos y plataformas (Teixeira-Júnior *et al.*, 2020). En la disposición de los sistemas, las capas más distantes de antiacceso son destinadas a evitar el acceso enemigo desde lo más lejos posible. En estas capas, se emplean sistemas de mayor alcance, comenzando por los que operan en los dominios del espectro electromagnético y el ciberespacio (Tangredi, 2013).

Otro aspecto se relaciona con el empleo de la estrategia en contra de actores no estatales, que se

puede llamar de “cerramiento cooperativo de los espacios comunes”, la cual busca limitar y anular el uso de los espacios por parte de grupos terroristas, actores criminales, etc., de manera cooperativa (Battaleme, 2015). Al considerar que la estrategia A2/AD es la mejor manera de contener a un oponente y evitar el despliegue de fuerzas en su territorio o área de interés (Quint, 2016), esa estrategia puede permitir, por intermedio del cerramiento de los espacios comunes, que aquellos agentes estatales y no estatales (que son parte del orden internacional, lo promueven y respetan las reglas establecidas) puedan utilizar el espacio común. Pero ante actores que socavan el orden internacional o quieren alterar el *statu quo*, su uso se puede cerrar, limitando de esta manera sus opciones y confiando sus operaciones al espacio terrestre con el objetivo de terminarlas (Battaleme, 2015).

Es importante señalar, sin embargo, que no existe consenso en el ámbito académico y militar en cuanto a la clasificación o uso del término A2/AD (Teixeira-Júnior *et al.*, 2020). Así, de todo lo expuesto, y apuntando a lo que ese estudio busca como estrategia para Colombia frente a sus amenazas, se pueden proponer las siguientes definiciones: antiacceso es la acción, actividad o habilidad, generalmente de largo alcance, de naturaleza militar o político-diplomática, diseñada para evitar que una fuerza enemiga avance dentro de una área; mientras que la negación de área es la acción, actividad o habilidad, generalmente de corto alcance, de naturaleza militar o político-diplomática, proyectada para limitar la libertad de acción de una fuerza enemiga en una área (Fuerzas Militares de Colombia, 2019). Cabe destacar que, en una visión comprehensiva, el término área puede abarcar espacios en los múltiples dominios, así como en las dimensiones física, humana e informacional.

### La negación de área como herramienta de poder en las relaciones internacionales y en las ciencias militares

La competencia entre el acceso y el antiacceso comienza a hacerse notar en la política internacional. Los actores hegemónicos en el escenario internacional

buscan tener la capacidad de acceso y, a su vez, los actores en ascenso buscan tener la capacidad defensiva del antiacceso. Eso hace que haya tensiones en una carrera en la que los competidores en el orden internacional perciben como clave de sus estrategias tener las alianzas, la doctrina y la tecnología necesarias para contrarrestar las capacidades enemigas (Battaleme, 2015).

Desde el punto de vista de las relaciones internacionales, se percibe que la hegemonía económica y militar de Estados Unidos representa un desequilibrio de poder que, de hecho, ese país intenta mantener, en virtud de su estrategia de afirmarse como el garantizador de la paz mundial por intermedio de su capacidad de intervención o de acceso. Los países emergentes buscan una política exterior de equilibrio de poder al evitar el predominio de un Estado sobre los otros, apuntando a garantizar la no intervención de Estados Unidos u otros países en sus territorios (Barbé, 1987). Así, se puede considerar que el fenómeno del acceso versus el antiacceso surge ante esa política exterior de equilibrio de poder como el instrumento político y militar utilizado para la garantía de los intereses de esos Estados.

Desde el punto de vista político, quienes ven amenazada su capacidad defensiva pueden emplear una estrategia indirecta al tratar de disminuir la libre movilidad del oponente mediante alianzas o acuerdos políticos (Battaleme, 2015). En ese sentido, en esa estrategia es importante establecer una red de aliados como última fuente de apoyo, y cuyas interrelaciones servirían para mantener la estabilidad de la región (Schmidt, 2018).

### Ambiente cibernético estratégico - A2/AD

La capacidad de realizar A2/AD en el ciberespacio, o “*cyber A2/AD*”, existe en dos niveles. A nivel táctico, el ciberespacio puede ser utilizado como una vía para llevar a cabo ciberataques que resultarán en A2/AD de otros dominios. Este nivel de A2/AD cibernético es discutido con frecuencia y relativamente bien conocido por los planificadores operativos y equipos tácticos cibernéticos (Russell, 2015).

A nivel estratégico, el A2/AD cibernético recibe muy poca atención y tiende a ser poco examinado por los académicos y los responsables de la formulación de políticas. El A2/AD cibernético estratégico se define aquí como la capacidad de obtener el control de la red o infraestructura del ciberespacio y manipularlo de tal manera que niegue a un Estado su capacidad de utilizarlo. A diferencia de las capacidades utilizadas en el nivel táctico, el A2/AD cibernético estratégico no apunta a la funcionalidad de armas o sistemas de información específicos que están conectados al ciberespacio, sino que se dirige al acceso de los Estados a la red en sí (Russell, 2015).

El A2/AD cibernético es significativamente diferente del A2/AD en otros dominios, debido a su compresión del tiempo y el espacio. Los países ya tienen presencia en el dominio con acceso inmediato a todas las partes del ciberespacio. Esto contrasta marcadamente con el ámbito marítimo, por ejemplo, en el que un buque botado en el océano Atlántico no tiene acceso inmediato al estrecho de Malaca. Así pues, el A2/AD en el dominio marítimo entrañaría impedir la entrada a una región específica dentro del dominio; en el ciberespacio, es necesario cortar por completo su acceso al dominio (Russell, 2015).

Los Estados pueden quedar aislados del ciberespacio mediante ataques a la infraestructura física que los conecta a la red. Los cables que los conectan con otros países, ya sean terrestres o submarinos, deben dañarse o destruirse, y los satélites y/o sus estaciones terrestres deben verse comprometidos. En este punto, el país quedaría aislado de la comunidad internacional y el A2/AD podría mantenerse impidiendo que el país restablezca la conectividad. Para aquellos que quieren ir más allá y evitar que un país se comunique internamente, los puntos de intercambio de internet nacionales y los servidores serían los próximos objetivos (Russell, 2015).

## Estudios de casos exitosos del empleo de negación de área

En esta sección, se analizan las estrategias de países de Latinoamérica en lo que se refiere al A2/AD. Fueron

elegidos Brasil, Perú y Venezuela, teniendo en cuenta sus diferentes capacidades y amenazas, a fin de apuntar el conocimiento necesario para el desarrollo de una propuesta de estrategia para Colombia.

### Estrategia de Brasil

Brasil tiene fronteras con diez de los doce países de América del Sur, es decir, todos a excepción de Chile y Ecuador, en un total de 16 885,7 km. Esto hace que sea difícil el monitoreo aéreo, fluvial y terrestre de toda la frontera con los países vecinos. Además, Brasil posee un vasto litoral y un enorme territorio marítimo. Así, Brasil ha comenzado a manifestar la implementación de estrategias de negación de área en su Estrategia de Defensa Nacional (Ministério da Defesa, 2008). A partir de considerar las extensiones amplias que tienen que defender en tierra (Amazonia Verde), en mar (Amazonia Azul), en aire y, más recientemente, en el ciberespacio, han optado por estudiar qué aspectos de estas estrategias les resultan convenientes. Bajo esta premisa, los brasileños han percibido la necesidad de un sistema de detección y alerta aéreo, marítimo y terrestre para todo su territorio. Según la óptica del A2/AD, esos sistemas pueden ser considerados como una primera capa de conciencia situacional que permite que los tomadores de decisiones sean alertados e intervengan oportunamente para contrarrestar las amenazas a la soberanía y a los intereses nacionales en tiempos de paz y en tiempos de guerra.

Para posibilitar ese monitoreo en la región amazónica, fueron desarrollados algunos sistemas referentes a los esfuerzos de defensa en los diferentes dominios. El Sipam (Sistema de Protección de la Amazonia) es una organización sistémica de producción y disseminación de informaciones técnicas. Está formada por una compleja base tecnológica y una red institucional encargada de integrar y generar informaciones actualizadas para la articulación, el planeamiento y la coordinación de acciones globales en la Amazonia Legal, apuntando a la protección, a la inclusión y al desarrollo sostenible de la región (Quint, 2016).

En ese sentido, el Sipam utiliza algunos sistemas de monitoreo y control del territorio brasileño, siendo



que algunos privilegian el área de la Amazonia. Estos son: el Sistema de Gerenciamiento de la Amazonia Azul (SisGAAz), el Sistema Integrado de Monitoreo de Fronteras (Sisfron), el Sistema de Control del Espacio Aéreo Brasileño (Sisceab) y el Sistema de Defensa Aeroespacial Brasileño (Sisdabra). A pesar de ello, existe todavía una larga trayectoria de desafíos para que esos sistemas puedan ser totalmente efectivos, integrados y proporcionen la defensa y la seguridad necesarias en el país.

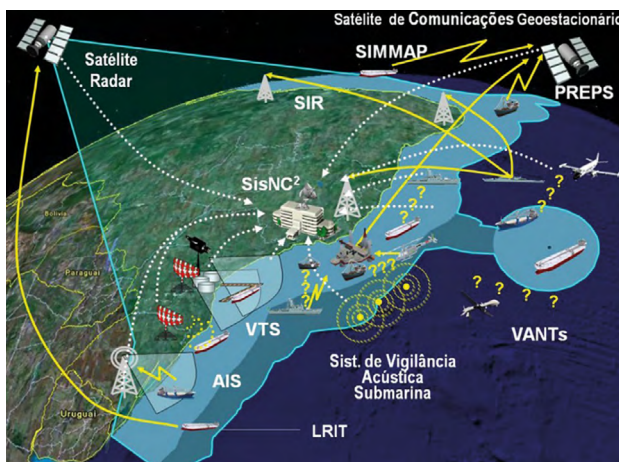


Figura 1. Integración de los sistemas en el SisGAAz  
Fuente: obtenido de Marinha do Brasil.

Brasil busca desarrollar la capacidad de negación de área en su territorio marítimo por medio de la combinación del SisGAAz y el empleo de submarinos, aeronaves y buques con dotación de armamento para la interceptación de amenazas. El submarino de propulsión nuclear brasileño puede ser utilizado cerca de los estrechos marítimos para el bloqueo de los buques enemigos, así como en toda la costa. Al mismo tiempo, los submarinos convencionales y los buques de ataque complementan la capa de negación de área marítima. Brasil posee un ambicioso programa de producción de misiles en desarrollo por la empresa Avibrás en conjunto con las Fuerzas Armadas. Estos sistemas combinados actuarían en términos disuasorios y en el empleo efectivo de medios para ejercer el control de las áreas marítimas centrándose en las áreas estratégicas de acceso marítimo (Ministério da Defesa, 2008).

La capa antiacceso tendría que ser más fuerte que su predecesora. El enemigo que logre tener acceso y acercarse a la costa tendría que ser neutralizado y su acción efectiva tendría que ser negada. Esa capa no está prevista actualmente en la estrategia brasileña, de lo cual se puede inferir que Brasil decidió emplear sus medios en una capa única de negación de área (Ferreira, 2018).

## Estrategia de Perú

La estrategia de defensa del Perú es defensiva-disuasiva. La acción militar, a través de las Fuerzas Armadas, es el recurso final que empleará el Estado peruano para actuar exclusivamente en su defensa (Ministerio de Defensa, 2006). A lo largo del tiempo, el Ejército del Perú ha desarrollado capacidades necesarias para contrarrestar amenazas regionales adecuadas contra los terrenos existentes en el país; se destacan los llanos desérticos que se extienden por la frontera con Chile, y el empleo de brigadas blindadas, mecanizadas y compañías antitanques dotadas de materiales modernos.

En ese sentido, se enfocan en las peculiares capacidades antitanque peruanas que cuentan, para el cumplimiento de su misión, con un agrupamiento antitanque compuesto por: un Comando, diez Compañías Antitanque, una Compañía de Comando y Servicios, y una Compañía de Instrucción y Apoyo Técnico. Incluso, el Ejército del Perú enseña el Curso Básico Antitanque, que tiene como misión la preparación de los militares que componen las unidades antitanques.

El Agrupamiento Antitanque N.º 3 Cazadores, asentado en el Fuerte Arica (Locumba, Tacna), proporciona protección antitanque a las brigadas del corredor de la costa, con lo que puede participar en todo tipo de operaciones ofensivas, defensivas y retrógradas, contra todo tipo de vehículos mecanizados, blindados y trabajos de fortificación. Es importante tener en cuenta que, en su organización, las Compañías Antitanque están distribuidas por las brigadas, lo cual garantiza mayor integridad táctica y la atención de las necesidades específicas de cada tropa.

El Ejército del Perú adquirió en 2008, mediante un contrato con Rafael Advanced Defense Systems

(Israel), un conjunto de 516 misiles antitanque Spike-LR (además de 48 simuladores de entrenamiento, puestos de tiro y soporte logístico) por un total 73 millones de dólares. A estos se sumaron, entre 2010 y 2011, otros sesenta misiles antitanques adicionales. En 2012, dados los buenos resultados operacionales del Spike, se adquirieron veinticuatro lanzadores y 288 misiles Spike-LR por 32,5 millones de dólares y 432 misiles Spike-ER (paquete compuesto, entre otros, por 36 lanzadores y cuatro UAV Skylark-1A) por 91 millones de dólares (Marchessini, 2017).

Los misiles Spike-ER son misiles de cuarta generación de guiado electroóptico e infrarrojo. Pueden ser disparados en la modalidad “dispara y olvida” o bien en la modalidad “dispara, observa y actualiza”. En esta última función, es posible cambiar de objetivo una vez lanzado el misil, lo que proporciona bastante flexibilidad a la unidad antitanque (Marchessini, 2017).

Las capacidades antitanques buscan destruir los vehículos blindados, mecanizados y objetivos de oportunidad, impidiendo el avance del adversario hacia el territorio (Lázaro, 2018). Así se puede resumir la importancia de la adquisición de los misiles Spike para Perú:

Teniendo en cuenta que, en caso de haber un enfrentamiento entre las fuerzas blindadas de Chile con sus tanques “*Leopard A4*”, los actuales tanques rusos T55, que tiene el Ejército del Perú, los chilenos batirían fácilmente a los tanques peruanos, siendo muy oneroso y complicado reemplazarlos por tanques que les hagan frente con éxito, tal es el caso del tanque ruso T90, el Perú ha optado por adquirir y equipar Compañías Antitanque equipadas con misiles modernos como el *Spike 8R*, considerando el costo del misil que es 99,500.00 dólares versus el costo del tanque *Leopard A4* que es \$ 9.622.850,00 de dólares. El costo-beneficio es altamente favorable para el Ejército del Perú [...] en caso de entrar en operaciones frente al enemigo, en cualquiera de las maniobras de defensa que adopte la III División de Ejército, que es la Gran Unidad de Batalla que haría frente a la VI División de Ejército de Chile, que tiene sus fuerzas distribuidas entre Iquique y Arica. (Lázaro, 2018)

En ese orden de ideas, se percibe que en una guerra convencional es importante tener capacidades antitanques para contrarrestar una amenaza blindada enemiga. Esa capacidad puede ser obtenida por medio de tropas blindadas, minas anticarro o armamento antitanque. La creación de un Agrupamiento Antitanque en el Ejército del Perú logró especializar tropas armadas con misiles modernos en apoyo a sus brigadas. Al planear una invasión a Perú, el enemigo tendrá que evaluar la inminente posibilidad de duras bajas en sus tropas blindadas, lo cual se puede considerar como una capa de negación de área.

## Estrategia de Venezuela

Venezuela ha realizado un extenso proceso de modernización de todo su instrumento militar por razones que van desde la renovación de material obsoleto y reforzar su alianza con los distintos sectores de las Fuerzas Armadas, hasta la preocupación por las explotaciones petroleras *off-shore* que la llevan a tener tensiones con Colombia y Guyana, en zonas que se encuentran bajo reclamaciones territoriales, como lo que sucede en el Esequivo o en la región del Maracaibo (Battaleme, 2015).

Rusia, el mayor proveedor de armas de Venezuela en los últimos veinte años, ha sido fundamental en la recomposición de los recursos militares del país sudamericano, con impactos significativos en la creación de un incipiente sistema de A2/AD venezolana, fuertemente basado en la defensa aérea y antiaérea (Teixeira-Júnior, 2020).

De esta manera, se decidió sumar a los dos submarinos alemanes T-209A una fuerza futura de seis submarinos rusos clase Kilo mejorada T-636, con uno de los sistemas de propulsión convencional AIP que los transforma en unidades más silenciosas y con mayor tiempo de operación bajo el agua. Así mismo, se incorporaron aviones de combate su-27 y misiles tierra-aire S-300 Thor para la defensa aérea, todos sistemas orientados a la negación de área y al antiacceso (Battaleme, 2015).

La operación de los sistemas de defensa antiaérea rusos, con el objetivo de negar el acceso a su territorio

por parte del enemigo, han demostrado ser eficientes, dados los diversos informes y problemas diplomáticos presentados. Aunque estos sistemas no han entrado efectivamente en combate, su presencia en los teatros de operaciones ha inhibido las actividades enemigas, lo cual en sí mismo representa el éxito de estos equipos.

Adquiridos en 2009 en uno de los múltiples acuerdos de compra de armas del presidente Hugo Chávez con Rusia, los S-300 se convirtieron en el sistema más poderoso de su tipo en funcionamiento en la región. Los sistemas S-300 recibieron especial atención de técnicos rusos enviados en febrero de 2019 para restaurar las capacidades operativas de las Fuerzas Armadas venezolanas (Teixeira, 2020). Se puede afirmar que, en lugar de estructurar un sistema A2/AD, Caracas adopta un modelo similar al ruso: “Burbujas A2/AD” (Teixeira-Júnior, 2020).

También en la primera década del siglo, la Fuerza Aérea Venezolana se reforzó con la adquisición de veinticuatro cazas Sukhoi Su-30MK2 y de una serie de misiles aire-aire y aire-superficie, ya que Estados Unidos había embargado la compra de repuestos para el F-16A Fighting Falcon, limitando su operación (Teixeira-Júnior et al., 2020).

Al considerar que las capacidades A2/AD están directamente relacionadas con las amenazas a las cuales se pretende negar el acceso, se puede inferir que no existe un sistema A2/AD en Venezuela lleno de capacidades frente a la amenaza estadounidense. Sin embargo, frente a las amenazas regionales, el sistema venezolano se considera lo suficientemente robusto para neutralizar cualquier acción ofensiva aérea y marina (Teixeira-Júnior et al., 2020).

## Resultados: posibilidades de empleo de la negación de área por Colombia en función de sus amenazas

A partir del análisis del concepto de A2/AD, y considerando los análisis de uso de esa estrategia de forma

plena por Rusia y China, así como de forma limitada por Brasil, Perú y Venezuela, se puede tener una base para la elaboración de una estrategia para Colombia. Como en los casos analizados, esa estrategia debe priorizar las amenazas a los objetivos e intereses nacionales de Colombia.

Las amenazas más probables de Colombia pueden ser: amenazas de tipo tradicional, derivadas de interferencias o conflictos sobre derechos o pretensiones de derechos, entre Estados nacionales; amenazas de movimientos subversivos que no se acogen al ordenamiento constitucional y buscan el poder por medio de las armas; amenazas terroristas de variada procedencia; amenazas derivadas de la delincuencia organizada transnacional basada en negocios criminales; amenazas derivadas de prácticas comerciales desleales y del contrabando; amenazas cibernéticas y fraudes financieros; amenazas típicas de los posconflictos que envuelven muchas de las mencionadas; y la elevación de los índices de violencia social derivada de la permanencia de “mercados de violencia” (Borrero, 2017). Sin embargo, se percibe que la mayoría de esas amenazas se aleja del concepto a partir del cual se desarrolló originalmente la estrategia A2/AD; es decir, normalmente esa ha sido una estrategia asimétrica defensiva de un país más débil que busca a evitar la proyección de poder de un país más fuerte.

Pero, como se ha visto, en una concepción holística la estrategia puede ser empleada en contra de actores no estatales, como de hecho ya lo es. Lo que se puede llamar “cerramiento cooperativo de los espacios comunes” apunta a limitar y a anular el uso de los espacios por parte de grupos terroristas, actores criminales, etc., de manera cooperativa, a fin de permitir que los ciudadanos puedan utilizar los mismos espacios de manera segura.

En ese sentido, además de los acuerdos de cooperación internacional para combatir las llamadas amenazas asimétricas no estatales, como la piratería, los transportes ilegales y los distintos tráfico, las estrategias que utilizan la acción unificada para contrarrestar las amenazas son ejemplos de iniciativas que buscan evitar las amenazas negándoles los espacios de actuación o sus corredores estratégicos (Battaleme,

2015). El concepto de espacio, en este caso, es más complejo que en los casos estudiados, pues muchas de esas amenazas son internas y poseen acceso a todo el territorio de manera disimulada, haciendo que las medidas de seguridad necesarias para negación de área lleguen hasta la protección de infraestructuras críticas y de instalaciones político-militares. En consecuencia, este trabajo se enfocará en fronteras como el espacio, en donde se puede aplicar la estrategia A2/AD de forma objetiva y efectiva en contra de actores estatales tanto como de actores no estatales. De la misma forma, el trabajo enfocará las amenazas de tipo tradicional con énfasis en la región suramericana y del Caribe.

## Dominio marítimo

Colombia es un país que posee acceso a dos océanos, además de ser el país que tiene mayor dominancia hacia el mar Caribe. Estos hechos hacen que tenga el reto de ser capaz de negar el uso del mar a sus adversarios. En virtud del combate al narcotráfico, la Armada Nacional ha desarrollado la capacidad de ejercer vigilancia y defensa de las aguas marinas colombianas; por tanto, se encarga de controlar el tráfico de las embarcaciones y de proteger a los buques para reprimir el contrabando de acuerdo con el derecho internacional. Así, la Armada cumple una importante función de seguridad marítima mediante la represión del delito por medio de la interdicción y de la negación del uso del mar para la comisión de delitos y violaciones de la seguridad y la vida humana en el mar (Ramírez, 2019).

Sin embargo, las mismas capacidades de vigilancia e interdicción de la Armada pueden ser efectivamente utilizadas para la negación del uso del mar a una amenaza tradicional estatal. La Armada Nacional sigue desarrollando sus capacidades navales, con el objetivo de incrementar su presencia en el mar Caribe y en el Pacífico. Por ejemplo, después del fallo de La Haya del 19 de noviembre de 2012, la isla de San Andrés y Providencia se ha transformado para la Armada en un área estratégica (Mancuso, 2017).

Para el desarrollo de la estrategia de negación de área en el territorio marítimo, Colombia necesita considerar el aumento de su flota de submarinos. Los

submarinos, a diferencia de los buques de superficie, son diseñados específicamente para no ser detectados. Por el solo hecho de estar presente en el inventario de materiales de las fuerzas armadas de un país, los submarinos representan una capacidad a tener presente contra un posible enemigo, pues inspiran respeto y representan un reto o amenaza para los buques de superficie u otros submarinos. Los submarinos son armas de negación de área y, como tales, son tal vez las más representativas de esas estrategias en el dominio marítimo. Son versátiles para cumplir misiones particulares, que comprenden no solo la capacidad para destruir otros buques con torpedos, misiles o minas, sino también para obtener información sin ser detectados o para incursionar desde el mar con la finalidad de lanzar misiles, bloquear o dar un golpe de mano (Kenny, 2020).

Se puede inferir que Colombia posee capacidad limitada de negación de área en el territorio marítimo tanto para amenazas no estatales como para amenazas estatales. Sin embargo, así como en el caso brasileño, hay que analizar la opción de tener misiles antibuque de largo alcance a modo de fortalecer las capas de negación de área e integrarlas con la capa de conciencia situacional proporcionada por los radares, combinada con la integración de los medios de inteligencia, reconocimiento y vigilancia para el total monitoreo del territorio marítimo.

Es importante considerar también que es necesario establecer estrategias específicas para cada amenaza, es decir, la estrategia empleada en el combate al narcotráfico no puede ser la misma utilizada para contrarrestar amenazas estatales. De ese modo, la Armada colombiana debe estar preparada para ejecutar operaciones conjuntas con las demás Fuerzas Militares, con el empleo de aviones de caza y armamento antiaéreo, a fin de fortalecer la capa de negación de área proporcionada por los submarinos y los buques de combate.

## Dominio aéreo

Colombia posee capacidad de control del espacio aéreo por medio de detección de radares en el territorio nacional a pesar de los retos generados por su geografía. Esa capacidad proporciona una capa de negación

de área de conciencia situacional en el dominio aéreo, pero es necesario más que eso para negar, de hecho, el acceso a las amenazas estatales.

Colombia no tiene artillería antiaérea capaz de disuadir ataques aéreos enemigos al territorio. Por lo tanto, el país tendría que adquirir material de defensa antiaérea basado en misiles de largo alcance, al ejemplo de Venezuela con los S-300 y los demás sistemas de misiles y alerta temprana. Como consecuencia, es necesaria la adquisición de un sistema de defensa antiaéreo de mediana altura para que Colombia pueda llevar a cabo una estrategia de negación de área en el dominio aéreo del territorio nacional. A pesar de que los S-300 son el armamento que posee la mejor relación coste-beneficio en su categoría en el mundo, por motivos político-diplomáticos su adquisición por Colombia es inviable, lo que le obligaría a la compra de armamento occidental más caro y menos eficiente.

La Fuerza Aérea Colombiana (FAC) sufre retrasos en los programas para su modernización. Por ejemplo, no se ha podido establecer un programa para dotar a esta fuerza con aviones caza más modernos, con los cuales enfrentar los nuevos desafíos que tiene el país. Los cazas Kfir de la FAC son muy efectivos para el bombardeo en contra de grupos guerrilleros, pero no tienen capacidad de defender el espacio aéreo colombiano (Mancuso, 2017). Por otro lado, Venezuela posee capacidades aéreas más desarrolladas con el empleo de los veinticuatro cazas rusos Sukhoi Su-30MK2 y los misiles aire-aire y aire-superficie que transportan. Apuntando a fortalecer su capacidad A2/AD para contrarrestar las posibilidades de intervención estadounidense, Venezuela ha generado capacidades de proyección de poder aéreo únicas en Latinoamérica, con lo que se ha convertido en una amenaza a la estabilidad de la región. Así las cosas, Colombia necesita adquirir cazas de quinta generación para complementar la negación de área proporcionada por misiles antiaéreos de largo alcance.

## Dominio terrestre

Colombia no posee tropas blindadas con capacidad de contrarrestar las amenazas regionales. Las tropas que posee, basadas en carros de combate Cascabel,

pueden apoyar un movimiento retrógrado, pero no son capaces de detener, por ejemplo, las tropas blindadas venezolanas. Por otro lado, el territorio de Colombia, a excepción de algunas regiones, posee relieve de difícil acceso para tropas blindadas. Las principales ciudades de Colombia y su capital están ubicadas en la cordillera de los Andes, relativamente protegidas por estrechas avenidas de acceso para los blindados, en donde estos se vuelven blancos fáciles para tropas armadas con armamento antitanque como el misil Spike empleado por el Ejército y la FAC.

Así mismo, la experiencia ganada por el Ejército de Colombia en el combate a las guerrillas en su territorio puede ser aprovechada en una estrategia de guerra híbrida, en la que tropas armadas con misiles antitanque nieguen el acceso a las principales regiones estratégicas del país.

Considerando el caso peruano, hay que tener en cuenta que Colombia necesita tropas blindadas para la defensa del país, pues las regiones de La Guajira y la Orinoquia son vulnerables a ataques blindados. Las Fuerzas Militares deben ser capaces de defender todo el territorio nacional; en caso contrario, parte del territorio, incluidas regiones de importancia estratégica, podrá caer en poder extranjero. Al no tener el presupuesto para compra de blindados de alto nivel, Perú ha optado por una estrategia de estructuración de capacidades antitanque basadas en compañías antitanque distribuidas por las brigadas y bajo la coordinación de un Agrupamiento Antitanque.

De igual modo, Colombia necesita basar el desarrollo de una capacidad de negación de área terrestre en dos ejes: planear y ejecutar la adquisición de tropas blindadas a mediano y a largo plazo, y estructurar su capacidad antitanque a mediano plazo, con la creación de compañías antitanque inspiradas en el modelo peruano y que combinen tácticas irregulares colombianas para la negación de área. Los misiles Spike poseen un costo muy bajo en relación con la adquisición de tropas blindadas, pero no tienen la capacidad de detener el avance de esas tropas en terrenos abiertos. Esto hace que su obtención sea interesante a corto y a mediano plazo, pero hay que tener en cuenta la necesidad de la compleja tarea de estructurar brigadas

blindadas. Dicha tarea es compleja por cuenta de los factores que el Dompilem<sup>2</sup> exige para que la capacidad sea completa no solo con el empleo de carros de combate de caballería, sino también con medios blindados de artillería, infantería, ingeniería, comunicaciones y toda la logística involucrada, además del entrenamiento de las tropas.

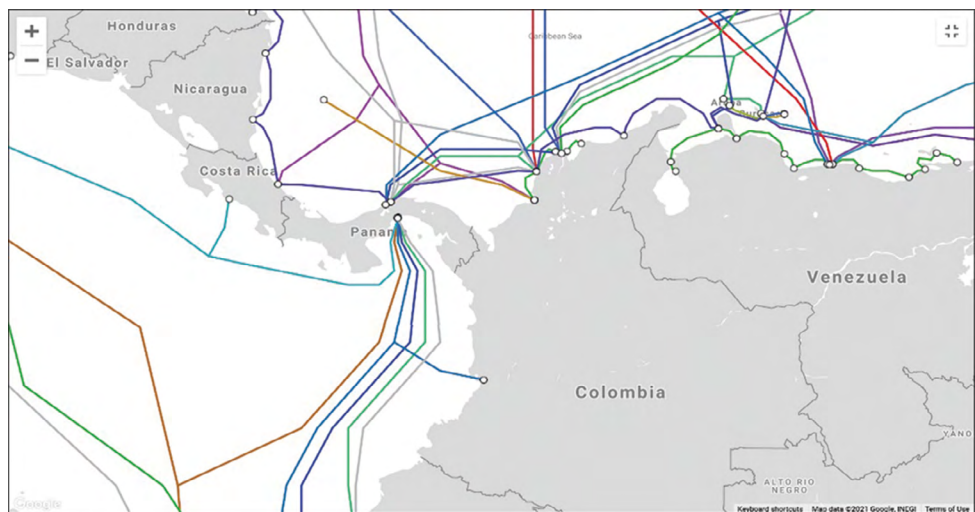
## Dominio cibernético

Como se ha visto, la negación de área estratégica ocurre por medio del ataque a las infraestructuras de suministro de servicios como los cables, los satélites, los puntos de intercambio de internet nacionales y los servidores de internet (Russell, 2015). La figura 2 presenta la red de cables submarinos de internet de Colombia y la región. Una acción coordinada para la destrucción de los cables y de los servidores puede dejar a una nación prácticamente aislada de su conectividad internacional, a fin de colapsar sus sistemas. En este sentido, es clave tener en cuenta la posibilidad de que otros países empleen esa estrategia y el valor

de la redundancia de medios de conectividad para el mantenimiento de la resiliencia de la red, pues la defensa de esas estructuras es una tarea de difícil ejecución.

El uso del dominio cibernético contiene un dilema entre la seguridad de la red (en contraposición a la privacidad de los usuarios), la libertad de expresión y el libre flujo de informaciones. Algunos países han decidido imponer restricciones en diferentes niveles, a fin de reforzar la seguridad de la red de acuerdo con los intereses nacionales. Sin embargo, la mayoría de los países democráticos privilegia la libertad relativa en la red, haciendo que los sistemas y las comunicaciones estratégicas sean vulnerables ante las acciones de las amenazas informacionales y los ataques cibernéticos. Hoy por hoy, es difícil pensar en un internet independiente para Colombia, como ocurre en la estrategia rusa, y es difícil limitar el uso de la desinformación y de las *fake news*. Así las cosas, el espacio cibernético, incluidos la *deep web*<sup>3</sup> y la *dark web*<sup>4</sup>, es un ambiente casi anárquico donde la negación de área puede ser hecha de forma muy específica y limitada en determinados sitios de internet, sistemas o dominios.

Figura 2. Cables submarinos de internet de Colombia y región  
Fuente: TeleGeography (2021).



**2** Los componentes de capacidad (abreviados en la sigla Dompilem) son aquellos aspectos que deben observarse en el planeamiento por capacidades, tanto en las soluciones materiales como en las no materiales, ante los requerimientos de la fuerza para afrontar los retos presentes y futuros (Ejército Nacional de Colombia, 2017).

**3** La *deep web* es una porción de internet intencionalmente oculta a los motores de búsqueda, con direcciones IP enmascaradas y que son accesibles solo con un navegador web especial (Calderón & Zambrano, 2017).

**4** La *dark web* es el contenido que se puede encontrar en diferentes *Darknets*, que son cada una de las redes a las que solo se puede acceder con programas específicos; entre los *Darknet*, la más popular ha sido TOR, pero también están Freenet, I2P o ZeroNet (Calderón & Zambrano, 2017).

A su vez, Colombia puede considerar el empleo de esa estrategia para negar el acceso cibernético a otro país por medio del rompimiento coordinado de sus cables submarinos y otras infraestructuras, a fin de colapsar sus sistemas cibernéticos militares. Países como Brasil han optado por tener un satélite específico para el suministro de internet para las Fuerzas Militares, a fin de evitar la dependencia de las otras infraestructuras, porque pueden ser utilizadas también para el monitoreo de las comunicaciones. Por el contrario, la mayoría de los países no tienen esa opción y son dependientes de los mismos cables en el ámbito militar.

## Conclusiones

A partir de lo expuesto, se puede inferir que cada estrategia A2/AD es dimensionada para las amenazas contra las cuales se busca la negación en los diferentes dominios. Al desarrollarlas, los Estados tendrán respuestas estratégicas de sus adversarios para contrarrestarlas. Las consecuencias para las relaciones internacionales serán más desestabilizadoras cuanto más agresivos fueren los impactos de las tecnologías empleadas para ponerlas en práctica y las cuestiones diplomáticas no resueltas entre los Estados. Así las cosas, Colombia necesita considerar las amenazas del entorno y las estrategias exitosas de países de la región, a fin de desarrollar capacidades de A2/AD que le permitan lograr los objetivos nacionales y generar la inexpugnabilidad relativa de su territorio y la garantía de su soberanía.

La disuasión y la capacidad son conceptos vacíos sin un contrapunto para determinar el nivel en el que se quiere alcanzar cada uno de estos propósitos. Para definir el diseño de las fuerzas (su poder de combate), se deben identificar amenazas concretas y, en su ausencia, desarrollar escenarios para visualizar amenazas potenciales. Nadie puede garantizar que no habrá un conflicto militar con otro Estado en cinco, diez o más años, porque hoy no hay litigios graves. Como puede ocurrir un conflicto, las fuerzas armadas deben prepararse desde ayer, porque la defensa no improvisa. Tener fuerzas armadas disuasorias, al costo

correspondiente, no está justificado si no pueden disuadir o enfrentar conflictos incluso con las potencias superiores (Gheller *et al.*, 2015).

Como se ha visto, en el ámbito político-diplomático Colombia posee relativa ventaja en el escenario latinoamericano, lo cual debe ser bien aprovechado por el Estado en la elaboración de su estrategia de negación de área. Sin embargo, esa ventaja no puede hacer que el país disminuya la importancia de tener la capacidad de negación de área en el nivel estratégico-militar.

En ese orden de ideas, es evidente que la reestructuración y la modernización de la defensa aérea, antiaérea y terrestre de Colombia es una necesidad. El país requiere tener brigadas blindadas, compañías antitanques, cazas de quinta generación, artillería antiaérea de largo alcance, además del incremento de las capacidades de la Armada si pretende tener la capacidad de negar área a un enemigo estatal en el escenario latinoamericano y del Caribe. Se destacan aquí los materiales y las tecnologías necesarios, pero, por supuesto, cada una de las capacidades recurrentes exige el estudio necesario del Dompilem para su implementación, lo cual hace todavía mayor el desafío para el Estado colombiano.

En el dominio cibernético, es fundamental tener en cuenta la naturaleza del problema y la importancia de las infraestructuras de cables submarinos e instalaciones de proveedores de internet en su protección y en la posibilidad de intervención de las infraestructuras de otros Estados como estrategia de negación de área.

En cuanto a los actores no estatales, la tarea de negarles el acceso por las fronteras es también compleja, pero ante los retos presentados por la globalización desviada, el control de las fronteras se hace cada vez más determinante en la estabilidad interna de los países. Los acuerdos de cooperación y la acción unificada deben ser potencializados, así como la integración de las inteligencias, el uso de medios tecnológicos como radares y medios de mando y control integrados, y la presencia militar en las fronteras.

Finalmente, con el constante desarrollo de nuevas tecnologías y la proliferación de amenazas, la negación de área tiende a ampliarse en el mundo como

forma de garantizar la defensa y la seguridad de los países. Los tomadores de decisiones deben considerar todas las amenazas a la soberanía de Colombia al elegir las opciones de una estrategia de negación de área. La estrategia de la disuasión también exige que el Estado sea capaz de escarmentar los intentos internos y externos indeseables. La opción del nivel de negación de área a alcanzar en un país es inversamente proporcional al nivel de acceso permitido al mismo país, porque, si no se niega el acceso, este se permite, incluso si está bajo los riesgos impuestos por la diplomacia o por la ley.

## Referencias

- Anthérieu, É. (1962). *Grandeur et sacrifice de la ligne Maginot*. Durassié.
- Barbé, E. (1987). El equilibrio del poder en la teoría de las relaciones internacionales. *Revista CIDOB d' Afers Internacionals*, (11), 5-17. <https://raco.cat/index.php/RevistaCIDOB/article/view/27765>.
- Battaglino, J. (2019). Entre marte y rubicón: sobre la Política (de la política) de Defensa Nacional. *Postdata*, 24(1). [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-96012019000100061&script=sci\\_arttext&lng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-96012019000100061&script=sci_arttext&lng=es)
- Battaleme, J. (2015). *Cambiando el status quo de la geopolítica internacional: el acceso a los espacios comunes y las estrategias de negación de espacio y antiacceso*. Instituto de Ciencias Sociales y Disciplinas Proyectuales.
- Borrero Mansilla, A. (2017). Las amenazas a la seguridad nacional. *Desafíos para la seguridad y defensa nacional de Colombia: teoría y praxis* (J. Cubides Cárdenas y J. Jiménez Reina, eds.; pp. 73-109). Escuela Superior de Guerra.
- Boulegue, M. G. (2019). *Russia's A2/AD capabilities: Real and imagined*. Parameters.
- Álvarez Calderón, C. E., Ruiz Tinoco, D., Gómez Torres, J. E. y Gomes Nunes, F. G. (2017). Seguridad y defensa de las fronteras: dos casos de estudio. *Escenarios y desafíos de la seguridad multidimensional en Colombia* (C. E. Álvarez Calderón, ed.; pp. 479-552). Escuela Superior de Guerra.
- Cepik, M. (2013). Segurança internacional: Da ordem internacional aos desafios para a América do Sul e para a CELAC. *Desafíos estratégicos del regionalismo contemporáneo: CELAC e Iberoamérica* (A. Bonilla Soria e I. Álvarez Echandi, eds.). Flacso.
- Departamento de Defensa. (2012). *Joint Operational Access Concept (JOAC)*. <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA555385>
- Ejército Nacional de Colombia. (2017). *MFE 1-01 Doctrina*. Centro de Doctrina del Ejército. [https://www.cedoe.mil.co/enio/recurso\\_user/doc\\_contenido\\_pagina\\_web/800130633\\_4/458750/mfe\\_1\\_01\\_doctrina.pdf](https://www.cedoe.mil.co/enio/recurso_user/doc_contenido_pagina_web/800130633_4/458750/mfe_1_01_doctrina.pdf)
- Ferreira, R. R. (2018). *Reflexões sobre defesa conjunta da amazônia azul*. Escola Superior de Guerra.
- Fuerzas Militares de Colombia. (2019). *Manual Fundamental Conjunto MFC 3-0 Operaciones Conjuntas*. <https://esde.guelibros.edu.co/index.php/editorial/catalog/book/38>
- Gheller, G. F., Gonzales, S. L. y Mello, L. P. (2015). *Amazônia e Atlântico Sul: desafios e perspectivas para a defesa no Brasil*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.
- Kenny, A. (2020). *Submarinos argentinos: una opción política y estratégica posible*. [https://www.academia.edu/48876636/Submarinos\\_Argentinos\\_Una\\_Opcion\\_Estrategica\\_Posible](https://www.academia.edu/48876636/Submarinos_Argentinos_Una_Opcion_Estrategica_Posible)
- Laborie, M. (2020, 28 de mayo). *La estrategia hegemónica de China y por qué no le será fácil convertirse en la primera potencia mundial*. Global Strategy. <https://global-strategy.org/la-estrategia-hegemonica-china-y-por-que-no-le-sera-facil-convertirse-en-la-primera-potencia-mundial/>
- Mancuso, F. (2017). El sector de defensa colombiano y los nuevos desafíos para la seguridad del país, narcotráfico y minería ilegal. *Desafíos para la seguridad y defensa nacional de Colombia: teoría y praxis* (J. Cubides Cárdenas y J. Jiménez Reina, eds.). Escuela Superior de Guerra.
- Marchessini, A. (2017). *El Ejército del Perú dispara con éxito misiles Spike-ER desde vehículos Humvee*. <https://www.defensa.com/peru/ejercito-peru-dispara-exito-misiles-spike-er-desde-vehiculos>
- Ministério da Defesa. (2008). *Estratégia Nacional de Defesa*. Governo do Brasil.
- Ministerio de Defensa. (2006). *Libro Blanco de Defensa Nacional*. <https://www.oas.org/consejo/sp/resoluciones/res829.asp>
- Ramírez Parra, A. T. (2019). *Estrategia de combate de la Armada Nacional Colombiana contra las nuevas modalidades del narcotráfico en el último siglo* [trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano]. Repositorio institucional Utadeo. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/7950>
- Lázaro Arévalo, P. (2018). *Modelo de capacitación en el empleo técnico táctico del sistema antitanque Spike ER 8km para el personal recientemente cambiado a la compañía anti-tanque "Jenner Vidarte Campos" N.º 640 del agrupamiento antitanque cazadores" N.º 3, Ite - Locumba* [trabajo de



- grado, Escuela Militar de Chorrillos]. Repositorio institucional. <https://repositorio.escuelamilitar.edu.pe/handle/EMCH/160>
- Quint, A. G. (2016). A Defesa da Região Amazônica: uma proposta de aplicação da Estratégia Russa de Antiacesso e Negação de Área (A2/AD) [trabajo de grado, Universidad de Brasília]. Repositorio institucional UNB. <https://bdm.unb.br/handle/10483/19227>
- Russell, A. L. (2015). *Strategic anti-access/area denial in cyberspace*. Merrimack College.
- Sánchez, I. G. (2016). *El poder militar chino: el dragón alza el vuelo*. Instituto Español de Estudios Estratégicos.
- Santos, G. H. (2015). *A polaridade sob a perspectiva dos conceitos operacionais: O caso do A2/AD e da air-sea battle*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Sartori, G. y Morlino, L. (1994). *La comparación en las ciencias sociales*. Alianza.
- Schmidt, A. (2018). Countering anti-access / area denial future capability requirements in NATO. *Romanian Military Thinking*, (1-2), 248-257.
- Tangredi, S. (2013). *Anti-access warfare: Countering A2/AD strategies*. Naval Institute Press.
- Teixeira, V. M. (2020). S-300: a arma de negação da Geopolítica. *Revista de Geopolítica*, 11(3), 11-27. <http://revistageopolitica.com.br/index.php/revistageopolitica/article/view/297>
- Teixeira-Júnior, A. W. M. (2020). O desafio da dissuasão convencional no ambiente multidomínio: Antiacesso e negação de área como resposta. *Análise Estratégica*, 18(4). <http://www.ebrevistas.eb.mil.br/CEEEExAE/article/view/7011>
- Teixeira-Júnior, A. W. M., Da Costa Ferreira, W., Maior Duarte, M. T. S., De Sousa Ramalho, H. (2020). Existe um sistema A2/AD na Venezuela? *Revista de Geopolítica*, 11(3), 28-42. <http://www.revistageopolitica.com.br/index.php/revistageopolitica/article/view/302>
- TeleGeography. (2021). *Submarine cable map*. <https://www.submarinecablemap.com/>
- Van Tol, Gunzinger, M., Krepinevich, A. F. y Thomas, J. (2010). *AirSea Battle: A point-of-departure operational concept*. Center for Strategic and Budgetary Assessments.

## Ciencia y Poder Aéreo

Revista Científica de la Escuela de Postgrados  
Fuerza Aérea Colombiana  
ISSN 1909-7050 - E-ISSN 2389-9468

— **Presentación.** La revista científica *Ciencia y Poder Aéreo* es una publicación semestral, editada por la Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana. Su objetivo es comunicar los resultados de investigación en los temas de Desarrollo Espacial, AD Astra; Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica; Gestión y Estrategia; Tecnología e Innovación; y Educación y TIC. La publicación busca, además, contribuir al desarrollo tecnológico y científico del país, generando nuevo conocimiento y propiciando espacios de discusión y reflexión.

— **Misión.** La misión de la revista *Ciencia y Poder Aéreo* es fomentar la divulgación del conocimiento en torno al sector aeroespacial mediante la publicación de artículos originales e inéditos en las áreas de Desarrollo Espacial AD ASTRA, Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica, Gestión y Estrategia, Tecnología e Innovación, y Educación y TIC; producto de actividades científicas de investigación con alta calidad y pertinencia social. Se contribuye, de esta manera, al desarrollo económico, industrial y humano del país.

— **Visión.** La revista *Ciencia y Poder Aéreo*, alienada con la estrategia de la Fuerza Aérea Colombiana, será, para el 2042, un referente regional y global para la divulgación del conocimiento científico en la integración de capacidades militares y civiles del sector aeroespacial, en las áreas de Desarrollo Espacial AD ASTRA, Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica, Gestión y Estrategia: modelos de planeación estratégica, Tecnología e Innovación, y Educación y TIC, tanto en el campo

de la ingeniería como en las ciencias sociales. Por lo tanto, la revista hará parte de las mejores bases de datos especializadas y estará indexada en Scopus y Web of Science.

— **Público.** La revista *Ciencia y Poder Aéreo* está dirigida a la comunidad científica nacional e internacional, estudiantes, profesores, docentes, investigadores; miembros de las Fuerzas Militares y del sector aeroespacial.

— **Política Editorial.** Dentro de la Política editorial de la revista *Ciencia y Poder Aéreo* se incluye un aparte dirigido a la ética frente a las responsabilidades del autor, del árbitro y el proceso de evaluación, así como del proceso editorial.

— **Ética de la Revista.** La revista se acoge a las *Ethical guidelines for journal publication* de Elsevier. Según estas, los artículos presentados a la revista deben ser originales e inéditos y estos no deben estar simultáneamente en proceso de evaluación ni tener compromisos editoriales con ninguna otra publicación. Si el manuscrito es aceptado, el editor espera que su aparición anteceda a cualquier otra publicación total o parcial del artículo. Cuando la revista tiene interés de publicar un artículo que ya ha sido previamente publicado, el autor deberá solicitar la autorización correspondiente a la editorial que realizó la primera publicación y dirigirla al editor.

— **Reserva de Derechos.** Excepto cuando se indique lo contrario, el contenido en este sitio es licenciado bajo una licencia Creative Commons Atribución 4.0 internacional. La licencia permite a cualquier usuario descargar, imprimir, extraer, archivar, distribuir y comunicar públicamente este artículo, siempre y cuando el crédito se dé a los autores de la obra: al autor (es) del texto y a la revista científica *Ciencia y Poder Aéreo* de la Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana.

# Ciencia y Poder Aéreo

Scientific Journal of the Escuela  
de Postgrados Fuerza Aérea  
ISSN 1909-7050 - E-ISSN 2389-9468

— **Aim and Scope.** *Ciencia y Poder Aéreo* is a biannual scientific journal, of open access, which receives articles indistinctly in Spanish, English and Portuguese, and is edited by the Escuela de Postgrados Fuerza Aérea. It is aimed to contribute to the dissemination of research results on the fields Space Development, AD Astra; Operational Safety and Aviation Logistics; Management and Strategy; Technology and Innovation; and Education and TIC. The journal also seeks to contribute to Colombian technological and scientific development, generating new knowledge and creating opportunities for discussion and reflection.

— **Mission.** The mission of the *Ciencia y Poder Aéreo* journal is to promote the dissemination of knowledge about the aerospace sector through the publication of original and unpublished articles in the areas of AD Astra Space Development, Operational Safety and Aeronautical Logistics, Management and Strategy, Technology and Innovation and Education and TIC; product of scientific research activities with high quality and social relevance. In this way, it contributes to the economic, industrial and human development of the country.

— **Vision.** The journal *Ciencia y Poder Aéreo*, aligned with the strategy of the Fuerza Aérea Colombiana, will be, by 2042, a regional and global benchmark for the dissemination of scientific knowledge in the integration of military and civil capabilities of the aerospace sector, in the areas of AD Astra Space

Development, Operational Safety and Aeronautical Logistics, Management and Strategy, Technology and Innovation, and Education and TIC, both in the field of engineering and social sciences. Therefore, the journal will be part of the best specialized databases and will be indexed in Scopus and Web of Science.

— **Audience.** *Ciencia y Poder Aéreo* is addressed to the national and international scientific community, students, professors, trainers, researchers, members of the Colombian Military Forces, and members of the aerospace industry.

— **Editorial Policy.** In its editorial policy, *Ciencia y Poder Aéreo* includes a code of ethics on the responsibilities of authors and reviewers, and on the evaluation and the editorial process.

— **Journal Ethics.** The journal complies with Elsevier Ethical Guidelines for Journal Publication. According to these, submissions must be original and unpublished works and must not be simultaneously in evaluation nor have editorial commitments with any other publication. If the manuscript is accepted, the editor expects its appearance to precede any other full or partial publication. When the journal is interested in publishing a paper that has already been published, the author must request authorization from the publisher that made the first publication and refer this information to the editor.

— **Copyright and Licensing.** Except when otherwise indicated, this site and its contents are licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. Under the terms of this license, users are free to download, print, extract, archive, distribute and publicly communicate the content of articles, provided that proper credit is granted to authors and *Ciencia y Poder Aéreo*, scientific journal of the Escuela de Postgrados Fuerza Aérea.

## Ciencia y Poder Aéreo

Revista científica da Escuela de Postgrados Fuerza Aérea  
ISSN 1909-7050 - E-ISSN 2389-9468

— **Enfoque e alcance.** A revista científica *Ciencia y Poder Aéreo* é uma publicação semestral, acesso aberto, que recebe artigos indistintamente em espanhol, inglês e português e é editada pela Escuela de Postgrados Fuerza Aérea. Seu objetivo é comunicar os resultados de pesquisa nos temas de Desenvolvimento Espacial, AD Astra; Segurança Operacional e Logística na Indústria Aeronáutica; Gestão e Estratégia; Tecnologia e Inovação; e educação e TIC. Além disso, a publicação busca contribuir ao desenvolvimento tecnológico e científico do país, gerando novo conhecimento e propiciando espaços de discussão e reflexão.

— **Missão.** A revista *Ciencia y Poder Aéreo* tem como missão promover a difusão do conhecimento sobre o setor aeroespacial por meio da publicação de artigos originais e inéditos nas áreas de Desenvolvimento Espacial AD Astra, Segurança Operacional e Logística Aeronáutica, Gestão e Estratégia, Tecnologia e Inovação, e Educação e TIC, produto de atividades de pesquisa científica de alta qualidade e relevância social. Desta forma, contribui para o desenvolvimento econômico, industrial e humano do país.

— **Visão.** A revista *Ciencia y Poder Aéreo*, alinhada com a estratégia da Fuerza Aérea Colombiana, será, até 2042, uma referência regional e global para a difusão do conhecimento científico na integração das capacidades militares e civis do setor aeroespacial, nas áreas de Desenvolvimento Espacial AD Astra, Segurança Operacional e Logística Aeronáutica, Gestão

e Estratégia, Tecnologia e Inovação, e Educação e TIC, ambos no campo da engenharia e ciências sociais. Assim, a revista fará parte das melhores bases de dados especializadas e será indexada na Scopus e Web of Science.

— **Público.** A revista *Ciencia y Poder Aéreo* está dirigida à comunidade científica nacional e internacional, estudantes, professores, docentes, pesquisadores; membros das Forças Militares, e da indústria aeroespacial.

— **Política Editorial.** Na Política editorial da revista *Ciencia y Poder Aéreo* é incluída uma seção destinada à ética em relação as responsabilidades do autor, do árbitro e do processo de avaliação assim como do processo editorial.

— **Ética da Revista.** A revista está sujeita às *Ethical guidelines for journal publication* de Elsevier. De acordo com estas, os artigos submetidos à revista devem ser originais e inéditos e não devem estar simultaneamente em processo de avaliação em outras publicações ou órgãos editoriais. Caso o manuscrito for aceito, o editor esperará que sua publicação seja antes de qualquer outra publicação total ou parcial do artigo. Quando a revista tiver interesse em publicar um artigo que já tenha sido previamente publicado, o autor deverá solicitar a autorização correspondente à editorial que fez a primeira publicação e enviá-la ao editor.

— **Direitos de autor e licença de uso.** Exceto quando for indicado o contrário, o conteúdo deste site será licenciado sob uma licença Creative Commons Attribution 4.0 Internacional. A licença permite que qualquer usuário baixe, imprima, extraia, archive, distribua e comunique publicamente este artigo, desde que seja dado o devido crédito aos autores: ao(s) autor(es) do texto e a *Ciencia e Poder Aéreo*, revista da Escuela de Postgrados Fuerza Aérea.

# Instrucciones para autores

## — Clasificación de los artículos científicos

La revista *Ciencia y Poder Aéreo* evalúa artículos que generen nuevo conocimiento. Dentro de estos se encuentran:

**a. Artículo de investigación.** Es un documento que presenta de manera detallada los resultados originales derivados de proyectos de investigación o desarrollo tecnológico. Debe estar estructurado en introducción, revisión de literatura, metodología, discusión y conclusiones. El resumen debe ser de 150-250 palabras, el cual debe tener la misma estructura del artículo de investigación. Se recomienda que referencie mínimo 20 documentos, en su mayoría artículos de revistas indexadas, capítulos de libros y libros con DOI. Las palabras clave deben ser máximo 6. Recomendamos que estas sean tomadas del Nasa Thesaurus o del Unesco Thesaurus (ciencias sociales).

**b. Artículo de reflexión.** Es un documento original que ofrece una perspectiva analítica, reflexiva o crítica sobre un tema específico. Estos artículos deben contener una propuesta teórica o conceptual original, que pueda contribuir científicamente en las áreas de interés de la revista. El artículo tendrá que ser claro, coherente y seguir una estructura lógica. El resumen debe ser de 150-250 palabras, el cual debe tener claro el contexto del estudio, cuál es el problema, cuál es la posición y cómo se argumentará en favor de esta. Se recomienda que referencie mínimo 20 documentos en su mayoría a artículos de revistas indexadas, capítulos de libros y libros. Recomendamos que estas sean tomadas del Nasa Thesaurus o del Unesco Thesaurus (ciencias sociales).

**c. Artículo de revisión.** Es un documento que organiza, sistematiza y analiza resultados de investigación relevantes para los temas generales de la revista. Este tipo de artículos son escritos por autores que tienen un dominio en un área de investigación representada en los artículos que ha publicado. Se aceptarán revisiones de literatura, sistemáticas o metaanálisis. Los resúmenes expondrán el objetivo, los métodos (para revisiones sistemáticas o metaanálisis), los resultados y las conclusiones. El mínimo de artículos de revistas indexadas, capítulos de libros y libros que deben referenciar estos documentos son 50.

Los artículos se publicarán en español, inglés y portugués. La revista *Ciencia y Poder Aéreo* admite la presentación de artículos cuyas áreas temáticas coincidan con los que se describen a continuación:

- Desarrollo Espacial, AD Astra
- Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica.
- Gestión y Estrategia.
- Tecnología e Innovación.
- Educación y TIC.

Busca que los temas referidos estén en lo posible relacionados con el sector aeroespacial y afines, con énfasis en la ingeniería aeronáutica.

## — Directrices para autores

- Se recuerda que los artículos deben ser enviados por medio de la plataforma Open Journal System (<https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderareo>) o al correo [cienciaypoderareo@epfac.edu.co](mailto:cienciaypoderareo@epfac.edu.co)
- Es necesario cumplir con los requisitos para el documento depositados en la sección “Requisitos del texto”, dentro de los cuales se detalla el tipo de archivo preferido, el formato del documento, la fuente preferida, el puntaje de la letra, el interlineado, así como el manual de estilo seguido por *Ciencia y Poder Aéreo*.
- También se hace preciso seguir las recomendaciones éticas y del proceso consignadas en “Responsabilidades del autor”, como, el envío de una ficha de presentación; las consideraciones sobre la autoría y problemas con esta; la necesidad de proporcionar información veraz sobre la financiación y afiliación institucional; el permiso para enviar su documento a una evaluación por pares; el permiso a usar sus datos para plataformas como Publindex o Crossref; el compromiso de que el artículo es original, no se ha postulado simultáneamente a otras revistas, no es redundante, y la cesión de derechos de propiedad intelectual o patrimonial a la Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana.

## Normas generales

Todo artículo debe:

- Ser un documento o artículo original, no publicado previamente y no considerado en otra revista.
- Estar científicamente documentado, presentar coherencia y cohesión.

- Explicar el tipo de artículo: si corresponde a un artículo de investigación, de reflexión o de revisión.
- Detallar el proyecto de investigación, el registro (en caso de contar con este) o datos relacionados con el trabajo a presentar.
- Exponer de manera veraz la filial institucional de los autores, su perfil profesional y datos de contacto, la función desempeñada (intelectual, experimental o de escritura). También contar con un ORCID y un CVLAC, en caso de estar vinculado a una institución colombiana. Se recomienda incluir su nombre normalizado preferido teniendo en cuenta las consideraciones de la International Registry of Authors-Links to Identify Scientists (<https://www.iralis.org/>).
- Detallar si se encuentra inmerso en conflictos de interés.
- Cada propuesta de artículo se somete a la evaluación de pares, cuyo concepto es importante para la decisión de su publicación.
- Exponer posibles conflictos de interés.
- Los datos aquí depositados serán usados para la plataforma Publindex y Crossref.

## — Requisitos y estructura de los artículos

### Requisitos del texto

- Los artículos deben tener una letra Times New Roman, 12 puntos, interlineado sencillo.
- Las figuras, tablas y ecuaciones siguen las normas APA, la séptima edición. Por ejemplo, numerarlas y citarlas dentro del documento, tener en cuenta cómo se titulan cada una de ellas, basarse en el tipo de notas que debe tener cada una de ellas, describir cuál es la fuente de cada una.
- Siglas: se citará la primera vez el nombre completo y entre paréntesis la sigla. Posteriormente, solo se usará la sigla. Las siglas que se introduzcan deberán usarse a lo largo del texto.
- Citación y referencias: la citación y referencias se deben editar con base en las normas APA, séptima edición.
- Las notas al pie de página se utilizarán solo para aportes sustantivos al texto.

### Estructura para los tipos de artículos

El título debe estar en español, inglés y portugués. Como nota al pie, indicar el tipo de artículo, la información sobre la financiación de la investigación y datos asociados a esta —su grupo de investigación, el registro de proyecto, la entidad

financiadora u otra información que se considere—. El título debe tener máximo 15 palabras. Tiene que aclarar el tema del artículo y ser específico.

**Resumen:** deben estar escritos en español, portugués e inglés entre 150 y 250 palabras.

Los resúmenes de artículos de investigación (resúmenes analíticos) tienen la estructura de introducción, objetivos, método, resultados, conclusiones.

Los resúmenes de artículos de reflexión (resúmenes analíticos sintéticos) presenta los aspectos significativos del texto de una manera lógica. Este también resalta los resultados que obtuvo el autor.

Los resúmenes de artículos de revisión presentan los principales puntos de análisis (resúmenes descriptivos) ofreciendo los principales hallazgos a partir de esta comparación. En el caso de artículos de revisión sistemática o metaanálisis se sigue una estructura como la de los artículos de investigación.

**Palabras clave:** debe tener 3 a 6 en orden alfabético (tener en cuenta las palabras temáticas que proporcionan los tesauros recomendados en “Clasificación de los artículos”). Estas separadas por punto y coma (;).

Los artículos de investigación deben tener una introducción (hacer mención al problema de investigación); un método; unos resultados; la discusión; las conclusiones, recomendaciones o agradecimientos (opcional).

Las referencias deben estar en orden alfabético, siguiendo las normas APA, séptima edición. Se recomienda que sean mayoritariamente artículos en revistas indexadas o libros de editoriales académicas, haber sido publicadas en los últimos cinco años, y tener doi.

En un fichero aparte se debe incluir datos del autor: nombres, apellidos, breve currículo, filial institucional, dirección electrónica y postal (dirección lugar de trabajo o de correspondencia), números telefónicos de contacto y adscripción académica o profesional, función dentro de la realización del artículo (intelectual, experimental o escritura).

## — Preparación de envíos

Como parte del proceso de envíos, los autores están comprometidos a comprobar que su envío cumpla todos los requisitos que se muestran a continuación. Se devolverán a los autores aquellos envíos que no cumplan estas directrices.

1. El trabajo enviado no ha sido publicado previamente ni se ha enviado simultáneamente a otra revista.
2. El manuscrito está en formato Microsoft Word (forma de fichero electrónico .doc).
3. Los artículos deben tener una letra Times New Roman, 12 puntos, interlineado sencillo.
4. Se han presentado las referencias bibliográficas en orden alfabético siguiendo los lineamientos de las normas APA, séptima edición.
5. Todas las figuras y tablas se han situado en la posición correspondiente y no al final del texto. Estas deben ser citadas a lo largo del documento. Todas las figuras (gráficos, imágenes, fotografías) y tablas deben ser enviadas por separado en la máxima calidad o en formato editable para efectos de diseño.
6. El trabajo enviado ha sido preparado para la revisión ciega por pares, es decir, se han eliminado las referencias y los nombres de los autores de todas las partes del artículo y se han sustituido por la palabra «autor» (propiedades del documento incluidas).
7. Se han adjuntado los datos del autor en un fichero aparte con nombre, apellidos, breve currículo, filial institucional, dirección electrónica y postal (dirección lugar de trabajo o de correspondencia), números telefónicos de contacto y adscripción académica o profesional, rol (intelectual, experimental o escritura).
8. Las referencias son en su mayoría a artículos de revistas indexadas o libros académicos de máximo cinco años. Estas poseen doi o en su defecto tienen un enlace que no está caído.
9. Cesión de los derechos de propiedad intelectual. La propiedad intelectual hace referencia a las creaciones artísticas, industriales o científicas. La revista rige sus políticas de cesión de derechos de acuerdo con los siguientes principios:
  - Se han diligenciado y firmado el formato: Carta de Presentación, Licencia de Uso y Cesión de Derechos Patrimoniales. Allí los autores dejan de manifiesto que son los autores originales de las obras (también se incluyen aspectos referidos a la licencia de uso y derechos patrimoniales).
  - El equipo editorial queda, por lo tanto, exonerado de cualquier obligación o responsabilidad por cualquier acción legal que pueda suscitarse derivada de la obra depositada por la vulneración de derechos de terceros, sean de propiedad intelectual o industrial, de secreto comercial o cualquier otro.

- Es responsabilidad de los autores obtener los permisos necesarios de las imágenes que estén sujetas a copyright.
- Si por último se decide no publicar el artículo en la revista, la cesión de derechos mencionada quedará sin efecto, de modo que el autor recuperará todos los derechos de explotación de la obra.
- El envío de los artículos no implica la obligatoriedad de publicarlos, pues serán sometidos a evaluación de pares ciegos; aquellos textos que a juicio del editor, el Comité Editorial o el Comité Científico llenen los requisitos exigidos y sean trabajos relacionados con el Desarrollo Espacial, AD Astra; la Seguridad Operacional y Logística Aeronáutica; la Gestión y Estrategia; la Tecnología e Innovación; y la Educación y TIC.
- Si no se indica lo contrario, se entienden aceptados la política de confidencialidad y el aviso legal de la revista en el momento de completar la entrega de su artículo y en el momento de ejecutar el formulario de registro en sitio web: [www.publicacionesfac.com](http://www.publicacionesfac.com).

Los autores son responsables del contenido de sus artículos y materiales asociados, garantizando su originalidad y carácter inédito. La revista *Ciencia y Poder Aéreo* realiza la verificación de todos los manuscritos presentados para publicación mediante el uso del software antiplagio *iThenticate*, de tal manera que se garantice la originalidad de los manuscritos. En caso de detectar plagio, el manuscrito será descartado para su publicación.

#### Nota:

Para información adicional sobre los siguientes aspectos consulte la página web de la revista

<https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderaereo/about/submissions>

**Política de prevención de plagio**  
**Política de dictaminación**  
**Política de revisión y publicación**  
**Política de acceso abierto**  
**Derechos de autor y licencia de uso**

---

#### Postule sus documentos a través de la plataforma:

<https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderaereo>

Dirija sus inquietudes al correo electrónico:

✉ [cienciaypoderaereo@epfac.edu.co](mailto:cienciaypoderaereo@epfac.edu.co)

---

# Guidelines for Authors

## — Classification of Articles

*Ciencia y Poder Aéreo* accepts submissions that involve the generation of new knowledge. Among these, the following are included:

**a. Research article.** Document that presents the original results of research or technological development projects in detail. It must include introduction, literature review, methodology, discussion, and conclusions. The abstract must be 150-250 words and follow the same structure as the content of the paper. The list of references should include a minimum of 20 peer-reviewed works (especially journal articles, book chapters and books with a DOI number). A maximum of 6 keywords is recommended. These should be taken from Nasa Thesaurus or Unesco Thesaurus (Social Sciences).

**b. Research-based reflection article.** Original work that offers analytical, reflexive or critical perspectives on a specific topic. These articles must present an original theoretical or conceptual proposal that scientifically contributes to the areas of interest of the journal. The article must be clear, coherent, and follow a logical structure. The abstract should contain 150-250 words and be clear about the context of the study, the research problem, the position of the author(s), and how this will be supported through arguments. The list of references should include a minimum of 20 peer-reviewed works, particularly journal articles, book chapters and books. A maximum of 6 keywords is recommended. These should be taken from Nasa Thesaurus or Unesco Thesaurus (Social Sciences).

**c. Review Article.** Document that organizes, systematizes and provides analysis of research results relevant to the subject areas covered by the journal. This type of article is prepared by authors with a strong domain of certain research areas, represented by the number of contributions they have published. Literature, systematic or meta-analysis reviews will be accepted. The abstract will state the objective, method (for systematic reviews or meta-analyses), results, and conclusions of the study. A minimum of 50 peer-reviewed journal articles, book chapters and/or books must be included in the list of references.

Manuscripts in Spanish, English and Portuguese will be published. *Ciencia y Poder Aéreo* accepts submissions whose subject areas match those described below:

- Space Development, AD Astra
- Operational Safety and Aviation Logistics.
- Management and Strategy.
- Technology and Innovation.
- Education and ICT.

The journal seeks that the topics addressed by authors are associated to the aerospace industry and other related sectors, with a particular focus on aeronautical engineering.

## — Guidelines for Authors

- Authors should submit their articles using the Open Journal System platform (<https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderaereo>) or send them to the e-mail address [cienciaypoderaereo@epfac.edu.co](mailto:cienciaypoderaereo@epfac.edu.co)
- It is necessary to comply with the requirements established in the “Text requirements” section, within which the preferred file type, document format, font, font size, and line spacing are described. The style manual prepared by *Ciencia y Poder Aéreo* must also be considered before submissions.
- It is also necessary to follow the ethical and process recommendations set forth in the “Duties of authors” section, such as sending a presentation form; considerations about authorship and related issues; the need to provide accurate information on funding and institutional affiliation; permission to submit documents for peer-reviewing; grant permission to use their data in platforms such as Publindex or Crossref; stating that the article is original, has not been submitted simultaneously to other journals, and is not redundant; and accepting the transfer of intellectual or patrimonial property rights to the Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana.

## General Guidelines

All submissions must:

- Be an original document, not previously published nor submitted to another journal.
- Be scientifically documented and display coherence and internal unity.



- Indicate the type of article: research paper, research-based reflection paper or review paper.
- Indicate the research project, registration (if available) and/or any related data.
- State the institutional affiliation of all authors, their professional profile and contact details, as well as their role (intellectual, experimental or writing of the paper). Authors should also include their ORCID and CVLAC information, in case of working for an institution in Colombia. It is recommended to follow the guidelines of the International Registry of Authors-Links to Identify Scientists (<https://www.iralis.org/>) for including authors names.
- Declare any conflicts of interest.
- Be subject to a peer-review process, whose concept is relevant for deciding upon their publication.
- Allow the use of information in Publindex and Crossref platforms.

## — Manuscript Requirements and Structure

### Text Requirements

- Articles must use Times New Roman font type, 12 points, single line spacing.
- Figures, tables and equations must follow APA standard, 7th edition. For example, these elements must be consecutively numbered and cited within the text, taking into account the correct style for titles, notes and source.
- Acronyms will be fully named the first time they are mentioned, with its abbreviation presented in brackets. Subsequently, only the acronym will be used. Acronyms previously introduced should be used throughout the text.
- Cites and references should follow the American Psychological Association (APA) standard, 7th edition.
- Footnotes will be only be used for adding relevant information to support the text.

### Structure for Each Type of Article

The title of all articles should be included in Spanish, English, and Portuguese. As a footnote, state the type of article, information regarding the research and other related data (research group, project registration, funding entity, and other information). The title must have a maximum of 15 words. Authors must state the subject area of their paper.

**Abstract:** should be included in Spanish, English, and Portuguese and have 150-250 words in length.

The abstract of research papers should follow this structure: introduction, methodology, results, and conclusions.

The abstract of reflection articles (synthetic abstracts) present the significant aspects of the study in a logical way, highlighting the results obtained by authors.

The abstract of review articles present the main points of analysis (descriptive summary), offering the main findings from their comparison. In the case of systematic review or meta-analysis studies, a structure similar to that of research articles should be followed.

**Keywords:** 3 to 6 in alphabetical order (consider the thematic words provided by thesauri in the “Classification of Articles” section) and separated by a semicolon (;).

Research papers must include the following sections: introduction (mention the research problem), methodology, results, discussion, conclusions, recommendations, and acknowledgments (optional).

References must be in alphabetical order, following APA standard, 7th edition. These should correspond to peer-reviewed journal articles, books published by academic editorials, have a doi number, and have been published during the last five years.

In a separate file include author(s) information, name and surname, brief curriculum vitae, institutional affiliation, e-mail and postal address (workplace address and/or mail address), contact phone numbers and academic or professional relation, and role within the production of the article (intellectual, experimental or writing of the paper).

## — Preparing your Submission

As part of the submission process, authors are committed to verifying that the submitted documents meet all of the requirements described below. Submissions that do not meet these guidelines will be returned to authors.

1. The submitted work has not been previously published nor sent simultaneously to another journal.
2. The manuscript is in Microsoft Word, Open Office or RTF format (electronic file .doc, .rtf or .odt).
3. Articles must use Times New Roman font type, 12 points, single line spacing.
4. References are presented in alphabetical order, following the guidelines of the APA standards, 7th edition.

5. All figures and tables are properly placed within the document and not at the end of the text. These should be cited in the document. All figures (graphs, images, photographs) and tables should be separately sent in high quality or an editable format for design purposes.
6. The submitted paper should be prepared for the blind peer-reviewing process, that is, references to authors' identity and names have been removed from all the document and replaced by the word «author(s)» (document properties included).
7. Authors' data should be attached in a separate file, including name and surname, brief curriculum vitae, institutional affiliation, e-mail and postal address (workplace address and/or mail address), contact phone numbers and academic or professional relation, and role within the production of the article (intellectual, experimental or writing of the paper).
8. References mostly correspond to articles in peer-reviewed journals or academic books published during the last five years. These have a doi number or an operating link.
9. Transfer of intellectual property rights. Intellectual property refers to artistic, industrial or scientific creations. The journal adopts the following principles for the transfer of intellectual property rights:
  - All authors must complete and sign the form “Presentation letter and License Use – Economic rights,” in which they manifest that they are the original authors (aspects related to the license of use and economic rights are also included).
  - The editorial team is, therefore, exonerated from any obligation or responsibility for any legal action that may arise from the submitted work regarding the violation of the rights of third parties, whether they are intellectual or industrial property, trade secret or any other.
  - It is the responsibility of authors to obtain the necessary permissions for the use of images subject to copyright.
  - In case authors decide not to publish their paper in the journal, the aforementioned rights assignment will have no effect and authors will recover all the rights for exploiting their work.
  - Submitting an article does not imply that the journal must publish such contribution, since all submissions that, in the opinion of the Editor, the Editorial Committee or the Scientific Committee, meet the requirements and address the fields of Space Development, AD Astra; Operational Safety and Aeronautical Logistics;

Management and Strategy; Technology and Innovation; and Education and TIC will be subject to a peer-review process.

- Unless otherwise stated, the confidentiality policy and the legal notice of the journal are understood as accepted at the time of completing the submission of your paper and the registration form on the website: [www.publicacionesfac.com](http://www.publicacionesfac.com)

Authors are responsible for the content of their papers and associated materials and declare their originality and unpublished character. *Ciencia y Poder Aéreo* examines all the manuscripts submitted for publication using the anti-plagiarism software iThenticate, which exposes the percentage of similarity of a given work with others already published or available in databases, thus establishing its degree of originality. *Ciencia y Poder Aéreo* follows the process recommended by the Committee on Publication Ethics regarding a possible suspicion of plagiarism. Thus, if a text reports a similarity rate of 20%, the editorial team will request adjustments to the document. When this similarity represents a greater rate or corresponds to complete and significant blocks of text, the document will be considered plagiarized and the editorial team will proceed to ask the authors for explanations. If these are not satisfactory, the manuscript will be automatically rejected.

#### Note:

For additional information on the following aspects, please visit the journal website:

<https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderaereo/about/submissions>

**Plagiarism Prevention Policy**  
**Initial Assessment Policy**  
**Peer-reviewing Process**  
**Open Access Policy**  
**Copyright and Licensing**

---

#### Submit your documents through the platform:

<https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderaereo>

Direct your questions to the e-mail:

✉ [cienciaypoderaereo@epfac.edu.co](mailto:cienciaypoderaereo@epfac.edu.co)

---

# Diretrizes para autores

## — Classificação dos artigos científicos

A revista *Ciencia y Poder Aéreo* avalia artigos de pesquisa que promovam novos conhecimentos. Dentro destes pode-se encontrar:

**a. Artigo de pesquisa.** Documento que apresenta de forma detalhada os resultados originais derivados de projetos de pesquisa ou desenvolvimento tecnológico. Deve estar estruturado em introdução, revisão da literatura, metodologia, discussão e conclusões. O resumo deve ter no mínimo 150 e, no máximo 250 palavras, e deve ter a mesma estrutura do artigo de pesquisa. É recomendado que, no mínimo, 20 documentos sejam referenciados, em sua maioria artigos de revistas indexadas, capítulos de livros e livros com DOI. As palavras-chave devem ser no máximo 6. Do mesmo modo, é recomendado que estas sejam tomadas do Nasa Thesaurus ou de Unesco Thesaurus (ciências sociais).

**b. Artigo de reflexão.** Documento original que apresenta uma perspectiva analítica, reflexiva ou crítica sobre uma temática específica. Contudo, este artigo deve conter uma proposta teórica ou conceitual original que possa contribuir cientificamente nas áreas de interesse da revista. O artigo tem que ser claro, coerente e seguir uma estrutura lógica. O resumo deve ter de 150 a 250 palavras, e deve ter claro o contexto do estudo, qual é o problema, qual é o ponto de vista e como se argumentará a favor desta. É recomendado que, no mínimo, 20 documentos sejam referenciados, em sua maioria artigos de revistas indexadas, capítulos de livros e livros com DOI. Do mesmo modo, é recomendado que estas sejam tomadas do Nasa Thesaurus ou de Unesco Thesaurus (ciências sociais).

**c. Artigo de revisão.** Documento onde se organizam, sistematizam e analisam os resultados de pesquisa relevantes para as temáticas gerais da revista. Este tipo de artigos são escritos por autores que dominam uma área de pesquisa e esse conhecimento é representado nos artigos que tem publicado. Serão aceitas revisões de literatura, sistemáticas e meta-análises. Os resumos devem ter o objetivo, os métodos (para revisões sistemáticas ou meta-análise), os resultados e as conclusões. É recomendado que, no mínimo, 50 documentos sejam referenciados de revistas indexadas, capítulos de livros e livros.

Os artigos serão publicados em espanhol, inglês e português. A revista *Ciencia y Poder Aéreo* aceita a apresentação de artigos cujas áreas temáticas coincidam com as descritas abaixo:

- Desenvolvimento Espacial, AD Astra
- Segurança Operacional e Logística na Indústria Aeronáutica
- Gestão e Estratégia
- Tecnologia e Inovação
- Educação e TIC

Os temas referidos devem estar, na medida do possível, relacionados com a indústria aeroespacial e áreas afins, com ênfase nas engenharias de referência aeronáutica.

## — Diretrizes para autores

- Os autores devem submeter seus artigos, através do nosso portal Open Journal System (<https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderaereo>), ou ao e-mail: [cienciaypoderaereo@epfac.edu.co](mailto:cienciaypoderaereo@epfac.edu.co)
- É necessário satisfazer os requisitos para o documento estabelecido na seção “Requisitos do texto”, onde é especificado o tipo de arquivo preferido, o formato do documento, a fonte preferida, a pontuação da letra, o espaçamento entre linhas, assim como o manual de estilo seguido por *Ciencia y Poder Aéreo*.
- Também, é preciso seguir as recomendações éticas do processo consignadas em “Responsabilidades do autor”, como, o envio de uma ficha de apresentação, as considerações sobre a autoria e problemas com esta; a necessidade de disponibilizar informação veraz sobre o financiamento e a filiação institucional; a permissão para enviar seu documento para ser avaliado por pares; a permissão para usar seus dados para plataformas como Publindex o Crossref; o compromisso de que o artigo é original, não tem sido submetido simultaneamente para outras revistas, não é redundante, e a cessão de direitos de propriedade intelectual ou patrimonial à Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana.

## Normas gerais

Todo artigo deve:

- Ser um documento ou artigo original, não ter sido publicado ou considerado em outra revista.

- Estar cientificamente documentado, ser coerente, e ter unidade.
- Indicar o tipo de artigo: um artigo de pesquisa, de reflexão ou de revisão.
- Indicar o projeto de pesquisa, registro (em caso de contar com este) e/ou dados relacionados ao trabalho que será apresentado.
- Apresentar a filiação acadêmica do autor(es), perfil profissional e dados de contato, função desempenhada (intelectual, experimental ou de escritura). Também contar com um ORCID e uma CVLAC, caso estiver vinculado a uma instituição colombiana. É recomendado incluir seu nome normalizado preferido, levando em conta as considerações da International Registry of Authors-Links to Identify Scientists (<https://www.iralis.org/>).
- Declarar se o autor está vinculado a conflitos de interesse.
- Cada proposta de artigo é submetida a avaliação por pares, cujo conceito é importante para a decisão de sua publicação.
- Declarar potenciais conflitos de interesses.
- Os dados proporcionados serão usados para a plataforma Publindex e Crossref.

## — Requisitos e estrutura dos artigos

### Requisitos do texto

- Os artigos devem ter uma fonte Times New Roman; tamanho da letra 12, espaçamento simples.
- Equações, tabelas e figuras devem ser citadas no texto de acordo com as normas da APA, 7ª edição. Por exemplo, numerar e citar estas dentro do documento, levando em conta o título de cada uma delas e descrevendo qual é a fonte de cada uma.
- Siglas: o nome completo será citado pela primeira vez e a abreviação entre parêntesis. Posteriormente, apenas a sigla será usada. As siglas introduzidas devem ser usadas em todo o texto.
- Citação e referências: as citações e as referências devem ser editadas com base às normas da APA, 7ª edição.
- As notas de rodapé serão usadas apenas para contribuições substantivas ao texto.

### Estrutura para os tipos de artigos

**Título:** em espanhol, inglês e português. Como nota de rodapé, indicar o tipo de artigo, informações sobre a pesquisa e outros dados relacionados – grupo de pesquisa, registro do projeto, entidade que o financia ou outras informações

relevantes. O título deve ter no máximo 15 palavras. O autor deve esclarecer o assunto do artigo e ser específico.

**Resumo:** em espanhol, português e inglês, deve ter no mínimo, 150 palavras, e no máximo 250 palavras.

Os resumos dos artigos de pesquisa (resumos analíticos) têm a seguinte estrutura: introdução, objetivos, métodos, resultados, conclusões.

No caso de artigos de reflexão (resumos analíticos sintéticos) devem-se apresentar os aspectos significativos do texto de uma maneira lógica, destacando os resultados obtidos pelo autor.

Os resumos de artigos de revisão apresentam os principais pontos da análise (resumos descritivos) oferecendo as principais descobertas partindo desta comparação. No caso dos artigos de revisão sistemática ou meta-análise segue-se uma estrutura similar à dos artigos de pesquisa.

**Palavras-chave:** de 3 a 6 em ordem alfabética (levar em conta as palavras temáticas fornecidas por tesouros sugeridas em “Classificação de artigos”). Separar por ponto e vírgula (;).

Os artigos de pesquisa devem ter uma introdução (abordar o problema de pesquisa); metodologia; resultados; discussão; conclusões, recomendações ou agradecimentos (opcional).

As referências devem estar em ordem alfabética de acordo com as normas da APA, 7ª edição. É recomendado que a maioria das fontes sejam artigos em revistas indexadas ou livros de editoras acadêmicas que tenham sido publicados nos últimos cinco anos, e tenham DOI.

Em um arquivo separado, devem-se incluir detalhes do(s) autor (res), nome, sobrenome, currículo breve, filiação acadêmica, e-mail e endereço postal (endereço do trabalho e/ou correspondência), número de telefone e vinculação acadêmica e profissional, função/papel dentro da realização do artigo (intelectual, experimental ou escritura).

## — Processo de submissão

Como parte do processo, os autores comprometem-se a verificar se a submissão atende a todos os itens apresentados abaixo. As submissões que não atenderem as diretrizes serão devolvidas aos autores.

1. O trabalho submetido não foi publicado anteriormente nem foi enviado simultaneamente para outras revistas.
2. O manuscrito está no formato Microsoft Word (Forma de arquivo eletrônico .doc.).
3. Os artigos devem ter uma fonte Times New Roman; tamanho da letra 12, espaçamento simples.

4. As referências bibliográficas tem sido apresentadas em ordem alfabética, de acordo com as diretrizes das normas APA, 7ª edição.
5. Todas as figuras e tabelas foram colocadas na posição correspondente e não no final do texto, e devem ser citadas ao longo do documento. Todas as figuras (gráficos, imagens, fotografias) e tabelas devem ser enviadas separadamente em máxima qualidade ou em formatos editáveis, caso precisarem ser editadas para efeitos de design.
6. O artigo submetido foi preparado para revisão cega por pares, ou seja, as referências e nomes dos autores foram removidos de todas as partes do artigo e substituídos pela palavra “autor” (incluindo as propriedades do documento).
7. Os dados do autor foram anexados em um arquivo separado, com nome, sobrenome, resumo breve, afiliação acadêmica, e-mail e endereço postal (endereço do trabalho ou correspondência), números de telefone de contato e filiação acadêmica ou profissional, papel (intelectual, experimental ou escritura).
8. Na maioria das referências são de artigos em revistas indexadas ou livros acadêmicos publicados, no máximo, há cinco anos.
9. Cessão de direitos de propriedade intelectual. Propriedade intelectual refere-se a criações artísticas, industriais ou científicas. A revista rege-se por políticas de direitos de acordo com seguintes princípios:
  - Foi concluída e assinada a “Carta de apresentação e a licença de uso e Cessão de direitos econômicos e declaração de conflito de interesse”. O Documento que declara que são os autores originais do manuscrito. (Este documento inclui aspectos relacionados à licença de uso e direitos patrimoniais).
  - A equipe editorial é, portanto, exonerada de qualquer obrigação ou responsabilidade por ações legais que surjam do trabalho apresentado relacionados à violação de direitos de terceiros, sejam eles propriedade intelectual ou industrial, sigilo comercial ou qualquer outro.
  - É responsabilidade dos autores obter as autorizações necessárias das imagens sujeitas a copyright.
  - Caso for decidido não publicar o artigo na revista, a cessão de direitos acima mencionada não terá efeito, deste modo o autor recuperará todos os direitos de exploração da obra.
  - O envio dos artigos não implica que a revista esteja na obrigação de publicá-los, pois eles serão submetidos à avaliação de pares-cegos; os textos que, na opinião do editor do Comitê Editorial ou do Comitê Científico,

atendam aos requisitos exigidos e sejam trabalhos relacionados à Desenvolvimento Espacial, AD Astra; Segurança Operacional e Logística na Indústria Aeronáutica; Tecnologia e Inovação; Gestão e Estratégia; Educação e TIC, ou relacionados à indústria aeroespacial ou a setores relacionados.

- Caso contrário, a política de confidencialidade e o aviso legal da revista são entendidos como aceitos no momento de concluir a submissão do artigo e no momento de preencher o formulário registro no site [www.publicacionesfac.com](http://www.publicacionesfac.com).

Os autores são responsáveis pelo conteúdo dos seus artigos e materiais associados, garantindo sua originalidade e caráter inédito. A revista *Ciencia y Poder Aéreo* verifica todos os manuscritos submetidos para publicação usando o software anti-plágio iThenticate, que expõe a percentagem de semelhança que uma obra tem com os outros escritos já publicados ou encontrados em bancos de dados, com o propósito de garantir a originalidade dos manuscritos. *Ciencia y Poder Aéreo* se acolhe ao processo de fluxo recomendado pelo Committee on Publication Ethics acerca de uma possível suspeita de plágio. Deste modo, se o texto superar um 20% de semelhança, a equipe editorial procederá a pedir ajustes no documento. Quando essa semelhança representar uma percentagem maior ou corresponder a fragmentos completos e significativos do texto, a equipe concluirá que o texto foi plágio e pedirá explicações aos autores. Caso as explicações não forem satisfatórias, o manuscrito será rejeitado.

#### Nota:

Para informações adicionais sobre os seguintes aspectos, consulte o site da revista:

<https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderaereo/about/submissions>

#### Política de Prevenção de Plágio

#### Avaliação por pares

#### Revisão e publicação

#### Política de acesso aberto

#### Direitos de autor e licença de uso

---

### Envie seus documentos pela plataforma:

<https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderaereo>

Em caso de dúvidas ou perguntas entre em contacto:

✉ [cienciaypoderaereo@epfac.edu.co](mailto:cienciaypoderaereo@epfac.edu.co)

---



# ADASTRA



01

Vol. 18

Institución Universitaria, Resolución 1906 MEN, agosto del 2002

Enero-junio del 2023 | pp. 1-155

## CIENCIA Y PODER AÉREO

Revista Científica de la Escuela de Postgrados de la FAC

Vol. 18 n.º 1 | enero-junio del 2023 | pp. 1-155 | ISSN 1909-7050 E-ISSN 2389-9468

Doi: <https://doi.org/10.18667/issn.1909-7050> | Bogotá, Colombia | Periodicidad semestral

