VISIÓN AEROESPACIAL COLOMBIANA

Javier Hernando Conde Mesa
(Editor)

Escuela Superior de Guerra
"General Rafael Reyes Prieto"
Colombia

COLECCIÓN ESTRATEGIA, GEOPOLÍTICA Y CULTURA

Visión Aeroespacial Colombiana

Colección Estrategia, Geopolítica y Cultura
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

Visión Aeroespacial Colombiana

Javier Hernando Conde Mesa
(Editor)

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”
Bogotá D.C., 2022

Catalogación en la publicación – Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto" / Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova"

Visión Aeroespacial Colombiana / Editor Javier Hernando Conde Mesa - Bogotá: Editorial ESDEG, ESMIC Sello Editorial, 2022.

204 páginas : ilustraciones, tablas y gráficas ; 24 cm.
Incluye referencias bibliográficas al final de cada capítulo

ISBN impreso: 978-628-7602-21-2
E- ISBN 978-628-7602-22-9

(Colección Estrategia, Geopolítica y Cultura)

1.Industria aeronáutica – Colombia 2.Ingeniería aeroespacial – Colombia i.Conde Mesa, Javier Hernando, Teniente Coronel (R) (editor - autor) ii.Salamanca Rodríguez, Edgar Alexander, Brigadier General (prólogo) iii.González Cuenca, David (autora) iv.González Martínez, Miguel (autor) v.Baquero-Valdés, Fabio, Coronel (R), (autor) vi.Ruiz Pedroza, Laura Camila (autora) vii. Gómez Gómez, Edgar Leonardo (autor) viii.Ulloa Echeverry, Flavio Enrique, General (R), (autor) ix.Barrero Barrero, David, Coronel (R) (autor) x.Colombia. Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto (ESDEG) xi.Colombia. Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova" (ESMIC)

HD9711.5.C7 V57 2022 Registro Catálogo SIBFuP 991251513707231
338.47629109861 23

Archivo descargable en formato MARC en: https://tinyurl.com/esdeg991251513707231

Visión Aeroespacial Colombiana
Primera edición, 2022

Editor:
Javier Hernando Conde Mesa

Cubierta:
Rubén Alberto Urriago Gutiérrez con base en imágenes de de la Fuerza Aérea Colombiana

Colección Estrategia, Geopolítica y Cultura

ISBN impreso: 978-628-7602-21-2
ISBN digital: 978-628-7602-22-9
DOI: https://doi.org/10.25062/9786287602229

2022 Escuela Superior de Guerra
"General Rafael Reyes Prieto"
Vicedirección de Investigación
Sello Editorial ESDEG
Carrera 11 Nº. 102-50 Bogotá D.C., Colombia
www.esdeg.edu.co

2022 Escuela Militar de Cadetes
"General José María Córdova"
Departamento de I+D+i
Sello Editorial ESMIC
Calle 80 Nº. 38-00 Bogotá D.C., Colombia
www.librosesmic.com

Libro electrónico publicado a través de la plataforma Open Monograph Press.
Tiraje de 100 ejemplares
Impreso en Colombia

Libro resultado de investigación de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", publicado en coedición con la Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova".

El contenido de este libro corresponde exclusivamente al pensamiento de los autores y es de su absoluta responsabilidad. Las posturas y aseveraciones aquí presentadas son resultado de un ejercicio académico e investigativo que no representa necesariamente la posición oficial ni institucional de las instituciones participantes, la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", la Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova, las Fuerzas Militares de Colombia y el Ministerio de Defensa Nacional.

Los libros publicados por el Sello Editorial ESDEG y el Sello Editorial ESMIC son de acceso abierto bajo una licencia Creative Commons: Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas.
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Escuela Superior de Guerra
"General Rafael Reyes Prieto"
Colombia

Brigadier General
Edgar Alexander Salamanca Rodríguez
Subdirector

Capitán de Navío
Jorge Luis García Durán
Vicedirector de Proyección Institucional

Teniente Coronel
Andres Eduardo Fernández Osorio
Vicedirector de Investigación

Coronel
Oscar Otoniel Torres Conde
Vicedirector Académico

Teniente Coronel
Diego Alejandro Parra Villamarín
Vicedirector Administrativo

EDITORIAL **ESDEG**

Teniente Coronel
Andres Eduardo Fernández Osorio
Jefe Sello Editorial ESDEG

Teniente Coronel (R)
Carlos Alberto Ardila Castro
Coordinador Sello Editorial ESDEG

Anderson Nicolás Rojas Sierra
Corrector de estilo

Erika Paola Ramirez Benítez
Asistente Editorial

Rubén Alberto Urriago Gutiérrez
Diagramador

Contenido

Prefacio 9-10
Teniente Coronel (R) **Javier Hernando Conde Mesa**

Prólogo 11
Brigadier General **Edgar Alexander Salamanca Rodríguez**

Introducción 13-16
Teniente Coronel (R) **Javier Hernando Conde Mesa**

Capítulo 1
Capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia 17-41
David González Cuenca
Miguel González Martínez

Capítulo 2
Operaciones espaciales de Colombia: enfoque en seguridad y desarrollo 43-70
David Barrero-Barrero
Fabio Baquero-Valdés

Capítulo 3
Meteorología espacial: un campo de proyección del espacio exterior colombiano 71-106
Fabio Baquero-Valdés
Richard Humberto Cáceres León

Capítulo 4
El derecho aeroespacial y su desarrollo en el Estado colombiano 107-123
Javier Hernando Conde Mesa

Capítulo 5
Tecnologías espaciales para la guerra. Una mirada desde el principio del uso pacífico del espacio 125-156
Laura Camila Ruiz Pedroza
Edgar Leonardo Gómez Gómez

Capítulo 6
Activos aeroespaciales y su importancia para el Estado colombiano 157-180
Javier Hernando Conde Mesa
David González Cuenca

Capítulo 7
Comando espacial 181-204
Flavio Enrique Ulloa Echeverry
David Barrero Barrero

Prefacio

Brigadier General **Edgar Alexander Salamanca Rodríguez**
Subdirector de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

El proyecto denominado "Proyección del empleo de las capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia para la seguridad y defensa nacional" es un esfuerzo de investigación que se llevó a cabo en el Departamento de la Fuerza Aérea Colombiana de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", a través del grupo de investigación Masa Crítica, con el propósito de plantear iniciativas desde la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) para el desarrollo de capacidades estratégicas aeroespaciales del Estado colombiano, con el ánimo de garantizar el liderazgo en estos importantes dominios.

Desde los años sesenta, el Estado colombiano ha demostrado su interés por incursionar en la temática espacial, situación que se hizo evidente con el lanzamiento al espacio de un globo-sonda equipado de instrumentos para estudiar temperatura, presión y humedad de las capas altas de la atmósfera. Posteriormente y de forma interrumpida, Colombia adelantó acciones de carácter político, interinstitucional, académico e investigativo en diversos sectores del país, con el propósito de establecer una orientación formal para el desarrollo espacial. Esta ha sido una necesidad sentida para el Estado colombiano desde tiempo atrás, dado el veloz avance del desarrollo tecnológico a nivel global, condición que compromete la posibilidad de desarrollo investigativo, tecnológico y económico, y, por ende, representa escenarios promisorios para el futuro del país.

Por su misión constitucional, la FAC debe liderar ese desarrollo espacial junto con el gobierno nacional, de modo que soporte la adquisición de capacidades no solamente para la FAC, sino también para el sector de la defensa nacional. En el marco de la Acción Unificada de Estado y con la participación de los sectores económicos y productivos de la nación, este liderazgo garantizará, sin duda, el mantenimiento de la soberanía nacional en el escenario espacial y, por consiguiente, facilitará el cumplimiento de los objetivos e intereses nacionales.

Tal como lo planteó la Presidencia de la República desde el año 2006, este proceso obligó al Estado a afrontar múltiples desafíos en las últimas décadas, lo que permitió consolidar un órgano estatal reconocido como la Comisión Colombiana del Espacio (CCE), constituida por medio del Decreto 2442 del 18 de julio de 2006, con la intención de crear un órgano intersectorial de consulta, coordinación, orientación y planificación, que garantizara la ejecución de la política nacional para el desarrollo y aplicación de las tecnologías espaciales.

Posteriormente, el gobierno nacional formuló el documento CONPES 3683 del 6 de agosto de 2010 titulado *Lineamientos para la formulación del programa nacional de observación de la Tierra que incluya el diseño de un programa satelital colombiano*, con el propósito de garantizar la disponibilidad de información del territorio y fomentar las actividades de investigación e innovación tecnológica que apoyen los programas de desarrollo nacional, regional, local y sectorial. Así mismo, se formuló el documento CONPES 3983 del 13 de enero de 2020, *Política de desarrollo espacial: condiciones habilitantes para el impulso de la competitividad nacional,* el cual creó altas expectativas para el Estado colombiano al respecto, en donde cobra importancia el protagonismo que representa el poder militar colombiano.

En este sentido, es grato resaltar que, como producto de investigación resultado del proyecto "Proyección del empleo de las capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia para la seguridad y defensa nacional", este libro fue el tema principal del seminario web *Panel de Expertos Visión Aeroespacial Colombiana*, realizado el 9 de octubre de 2020, en el marco de la conmemoración de la Semana Mundial del Espacio, actividad orientada por la Oficina de Asuntos Espaciales de la Vicepresidencia de la República. Allí, el Departamento Fuerza Aérea Colombiana de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto" presentó ante la comunidad académica y científica mundial los resultados que se exponen a lo largo de los siete capítulos de esta obra.

Finalmente, en mi condición de Subdirector de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Prieto", me permito presentar un cordial saludo de agradecimiento a los investigadores del proyecto en cuestión, quienes con su profesionalismo y compromiso institucional nos han permitido acceder a esta interesante publicación, cuyo propósito final es el estudio de la evolución y el desarrollo de las capacidades estratégicas aeroespaciales del Estado colombiano en el marco del Plan Estratégico de la Fuerza Aérea Colombiana al año 2042. *Así se va a las Estrellas*.

Prólogo

Teniente Coronel (R) **Javier Hernando Conde Mesa**
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

Este libro presenta a la comunidad académica y científica la necesidad de considerar como objeto de estudio e investigación los dominios aéreo y espacial, que se conjugan en el ámbito aeroespacial. En este escenario, con el empleo de su poder aéreo, espacial y ciberespacial (PAEC), el Estado colombiano debe garantizar el alcance de los objetivos e intereses nacionales a través del uso legítimo de los medios y capacidades con que cuentan la Fuerza Aérea Colombiana y, por su conducto, el poder militar colombiano.

El proyecto de investigación denominado "Proyección del empleo de las capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia para la seguridad y defensa nacional" se realizó en el año 2020 por investigadores adscritos al Departamento Fuerza Aérea Colombiana de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto" y miembros del grupo de investigación Masa Crítica. Estos investigadores, en el marco de la línea de investigación "Estrategia, geopolítica y seguridad hemisférica", materializaron este interesante producto de investigación, mediante el cual se creó el escenario propicio para adelantar procesos de análisis crítico y constructivo frente a las amenazas, riesgos, retos y desafíos que afectan los dominios aéreo y espacial del Estado colombiano.

La investigación se desarrolló con una rigurosa metodología de tipo cualitativo de corte analítico y propositivo, fundamentada en la recolección y análisis de información documental de fuentes primarias reconocidas académicamente y fuentes secundarias de alta trayectoria en los escenarios estratégico y aeroespacial. Su propósito ha sido generar productos académicos de alta calidad que permitan, en primer lugar, a los decisores políticos, académicos, miembros de las Fuerzas Militares y ciudadanos en general reconocer la necesidad de alcanzar las capacidades estratégicas aeroespaciales requeridas para soportar el interés nacional; y en segundo lugar, fortalecer el liderazgo de la Fuerza Aérea Colombiana frente al desarrollo aeroespacial colombiano, dado el valor que representa para la seguridad y la defensa de la Nación.

Introducción

Teniente Coronel (R) **Javier Hernando Conde Mesa**
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

Como objetivo de investigación para el año 2020, el Departamento Fuerza Aérea Colombiana de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto" se propuso plantear iniciativas desde la FAC para el desarrollo de capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia, teniendo en cuenta la contribución de varios temas enfocados en el fortalecimiento de la misión institucional. Esto justifica plenamente la apropiación de un tema fundamental, no solo para el servicio propio de la institución, sino como aporte al Estado, en procura de lograr ese dominio del aire y del espacio, dada su condición de interés nacional. Este esfuerzo académico e investigativo se realizó al interior del grupo de investigación Masa Crítica, en el marco de la línea de investigación "Estrategia, geopolítica y seguridad hemisférica".

Es así como el presente producto de investigación pretende formular iniciativas de la FAC para la proyección de las capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia, como aporte a la seguridad y la defensa nacionales. Para cumplir este propósito, inicialmente se identificarán las capacidades aeroespaciales de Colombia en los últimos treinta años; de manera seguida, se establecerá la relación de las capacidades aeroespaciales de Colombia con la seguridad y la defensa nacionales, con especial énfasis en la FAC; por último y como resultado del proceso de investigación realizado, se formularán iniciativas de cara a las capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia, con el propósito final de garantizar el cumplimiento de los objetivos e intereses nacionales.

Esta fascinante aventura investigativa se desarrolla a lo largo de siete capítulos, en donde se refleja la pluma diáfana de un selecto grupo interdisciplinario de investigadores, quienes con un enfoque multidisciplinar realizaron un riguroso proceso investigativo de cara a la multiplicidad de variables que reúnen los dominios aéreo y espacial, con miras al desarrollo y empleo eficiente de las

capacidades estratégicas que a este respecto posee el Estado colombiano. Sin más preámbulo, iniciemos el preludio de conceptos, soportado en un amplio espectro de ideas, principios, estudios, términos y postulados, que nos permitirá adelantar un sólido proceso de análisis de la importante temática que nos ocupa.

El primer capítulo "Capacidades estratégicas aeroespaciales para Colombia", nos permite acceder a la teoría según la cual el ser humano ha tenido una relación directa con el espacio desde las civilizaciones antiguas, que no solo veían deidades en ello sino un lenguaje por descifrar, en contraste con la información que ayudó a la evolución de las sociedades por cuenta de la organización del tiempo en calendarios, momentos para el cultivo y la cosecha, entre otros.

Las sociedades modernas se distanciaron de este conocimiento y ante ello nos hemos concentrado en ver el espacio con temor, luchando por conquistarlo de manera física. Consecuentemente, durante la Guerra Fría, las superpotencias compitieron por el dominio espacial desarrollando tecnologías, programas y políticas que, tras el fin del periodo bipolar, incitaron a otras naciones a recrear esos esfuerzos y querer hacer presencia en el espacio, lo que permite considerar que las sociedades han visto al espacio desde una perspectiva de seguridad y defensa como una condición de ejercicio de poder, pues se han venido considerando oportunidades para el desarrollo humano en dicho escenario.

El segundo capítulo "Operaciones espaciales de Colombia: enfoque en seguridad y desarrollo", nos orienta sobre países como Colombia, que le están apostando al espacio como oportunidad; no solamente para conocerlo, sino también para acercarlo a las necesidades de desarrollo económico y social, como lo han hecho las potencias globales y países con las mismas aspiraciones colombianas por alcanzar mejores niveles de desarrollo, condición que invita a proyectar al Estado colombiano como una potencia emergente y con capacidades en asuntos espaciales de cara a la hoja de ruta en el siglo XXI.

Para cumplir la meta espacial, es necesario tener en cuenta muchos aspectos que se deben revisar previamente y anticiparse a las dificultades. Habrá que comenzar por el tamaño de fuerza requerido para el desafío, lo que incluye material, personal y desarrollo de capacidades, tal como se refleja con la recientemente conformada Jefatura de Operaciones Espaciales de la FAC. Esto representa un paso estratégico en la planificación del aumento y desarrollo de capacidades necesarias para cumplir, no solamente la misión institucional en seguridad y defensa, incluido el escenario espacial, sino también aportar a las metas impuestas por el gobierno nacional a la Comisión Colombiana del Espacio (CCE), que le permite al país acceder a este importante dominio.

El tercer capítulo "Meteorología espacial: un campo de proyección del espacio exterior colombiano", plantea por qué reviste importancia para el Estado colombiano fijar su presencia en el espacio ultraterrestre mediante el desarrollo de capacidades espaciales, que le permita alcanzar, explotar y proteger los activos espaciales a los que tiene derecho.

La meteorología espacial es un campo de investigación fundamental en el estudio de los fenómenos solares que afectan el clima espacial, resultado de las diversas formas de generación de la energía solar e interacción con la atmósfera y la magnetósfera terrestre. Esta ciencia se materializa a través de la investigación científica, como un aporte al desarrollo espacial colombiano, en forma articulada con diferentes sectores y entidades estatales, en el marco de un esfuerzo unificado del Estado colombiano.

A lo largo del cuarto capítulo "El derecho aeroespacial y su desarrollo en el Estado colombiano", aborda la evolución normativa y jurídica que, con enfoque doctrinario, refiere al uso y explotación pacífica del espacio aéreo, de la órbita geoestacionaria y el espacio exterior, con miras a consolidar el poder aeroespacial del Estado, actualmente en desarrollo. Se presenta un recorrido cronológico de la evolución observada en el ámbito del derecho público del orden nacional e internacional, así como las políticas públicas existentes que apuntan al uso y empleo de las capacidades y activos aeroespaciales, el alcance y goce de los intereses nacionales, la explotación pacífica del espacio ultraterrestre en el marco de la seguridad y la defensa nacionales, dada la importancia que reviste para el Estado colombiano.

El quinto capítulo "Tecnologías espaciales para la guerra: una mirada desde el principio del uso pacífico del espacio", presenta una descripción de la normatividad y legislación aplicables al uso del espacio con fines pacíficos en contraste con las capacidades espaciales que en la órbita global son empleadas para el ejercicio de la actividad bélica. Se analiza la evolución y el estado actual de las capacidades institucionales y tecnológicas de los países que se consideran potencias mundiales en el campo espacial, como lo son, a juicio de los autores, Estados Unidos, China, Rusia, Francia, Japón, Corea del Norte e India, considerando que estos países desarrollan cada vez más su infraestructura y capacidades para dominar el espacio ultraterrestre.

En el desarrollo del sexto capítulo, "Activos aeroespaciales y su importancia para el Estado colombiano", se consideran las capacidades, bondades y avances evidenciados en el marco del poder espacial a nivel global, regional y nacional, así como la evolución observada en el Estado colombiano alrededor de la

política aeronáutica y su transición al ámbito espacial. Se afianza el concepto de desarrollo estratégico aeroespacial, con el cual se explora a la vez la manera como se viene consolidando el esfuerzo observado a nivel mundial por garantizar el uso eficiente de las capacidades de los Estados y especialmente la optimización de sus sistemas de defensa como sectores medulares para la supervivencia de las naciones, lo que se traduce en activos aeroespaciales.

Cerrando este producto de investigación, en el séptimo capítulo "Comando Espacial", se aborda de manera general la inspiración misional de la FAC hacia el espacio. En la medida que las tecnologías aeronáuticas fueron desarrollándose, la mayor altura y la mayor velocidad fueron cambiando la forma de ver la guerra y la forma cómo el aire empezó a convertirse en un dominio decisivo para poder desplegar el poder con ventajas sobre el enemigo, lo cual crea la necesidad de que los Estados desarrollen capacidades de transporte aéreo y otros servicios aeronáuticos con el propósito final de potencializar su economía y su desarrollo.

Finalmente, me permito invitarlos a realizar este maravilloso recorrido de tipo teórico, conceptual, doctrinario, operativo y jurídico, publicación que forma parte del proyecto de investigación "Proyección del empleo de las capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia para la seguridad y defensa nacional", con la certeza de que al término de su lectura gozarán de una visión más amplia respecto a los dominios aéreo y espacial, así como de la proyección que debe considerar y atender el Estado colombiano, de cara al cumplimiento de sus objetivos e intereses nacionales. El análisis de la visión aeroespacial colombiana, apenas comienza.

Capítulo 1

Capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia*

DOI: https://doi.org/10.25062/9786287602229.01

David González Cuenca
Universidad Militar Nueva Granada

Miguel González Martínez
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

Resumen: El presente capítulo presenta como objetivo principal identificar el desarrollo político e institucional que demarcan las capacidades aeroespaciales del Estado colombiano. Se parte de una consideración del comportamiento de grandes potencias internacionales en la creación de tecnología y políticas que condujeron al auge y al avance de la carrera espacial, continuando con la implementación de acciones políticas que luego se materializan en proyectos institucionales que proponen la interacción entre organizaciones públicas, privadas y la academia para el fomento de capacidades aeroespaciales que proyecten a Colombia en el escenario mundial y promuevan la participación en escenarios tecnológicos, económicos, académicos y políticos relacionados con el espacio. Este capítulo se basa en una metodología de tipo cualitativo, pues utiliza fuentes académicas obtenidas de bases de alto reconocimiento, junto con documentación oficial relacionada con el tema central.

Palabras clave: capacidades aeroespaciales; carrera espacial; desarrollo tecnológico; políticas públicas; proyectos institucionales

* Este capítulo presenta los resultados del proyecto de investigación "Proyección del empleo de las capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia para la seguridad y defensa nacional", del grupo de investigación "Masa Crítica", de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", categorizado como A1 por MinCiencias y con código de registro COL0123247. Los puntos de vista pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

David González Cuenca
Doctorando en Ciencia Política de la Universidad Nacional de Estudios a Distancia de España. Magíster en relaciones y negocios internacionales. Profesional en relaciones internacionales y estudios políticos de la Universidad Militar Nueva Granada. Docente investigador de la Universidad Militar Nueva Granada. Líder del grupo de investigación Procesos de Integración, Regionalización y Estructuras Organizacionales (PIREO). Orcid: **https://orcid.org/0000-0002-6563-9193** - Contacto: **david.gonzalez@unimilitar.edu.co**

Miguel González Martínez
Magíster en historia de la Universidad Nacional de Colombia. Profesional en relaciones internacionales y estudios políticos de la Universidad Militar Nueva Granada. Docente de la Universidad Militar Nueva Granada. Investigador del grupo Procesos de Integración, Regionalización y Estructuras Organizacionales (PIREO). Investigador del Departamento Ejército y docente de la Escuela Superior de Guerra. Orcid: **https://orcid.org/0000-0002-6034-912X** - Contacto: **miguel.gonzalezm@unimilitar.edu.co**

Citación APA: González Cuenca, D., & González Martínez, M. (2022). Capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia. En J. H. Conde Mesa (Ed.), *Visión aeroespacial colombiana* (pp. 17-41). Sello Editorial ESDEG. https://doi.org/10.25062/9786287602229.01

VISIÓN AEROESPACIAL COLOMBIANA

ISBN impreso: 978-628-7602-21-2
ISBN digital: 978-628-7602-22-9
DOI: https://doi.org/10.25062/9786287602229

Colección Estrategia, Geopolítica y Cultura
Sello Editorial ESDEG
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes prieto"
Bogotá D.C., Colombia
2022

Introducción

Desde que el ser humano ha tenido conciencia como especie y capacidad de raciocinio ha mirado a las estrellas como un punto de referencia para sus actividades en la Tierra. Las primeras grandes civilizaciones basaron su poder en la capacidad de entender el comportamiento de los cuerpos celestes y vincularon el devenir de la sociedad con los movimientos astrales.

En la modernidad, la relación de nuestra especie con las estrellas y el espacio tiene una connotación diferente a la de nuestros ancestros; particularmente desde inicios del siglo XX, las sociedades han visto el espacio desde una perspectiva de seguridad y defensa con una condición de ejercicio de poder, pues se han venido considerando oportunidades para el desarrollo humano en dicho escenario, al igual que temores por amenazas que provienen de él: ambas condiciones soportadas por el desconocimiento y la vastedad que representa.

Es precisamente desde la mitad del siglo XX en adelante, cuando los Estados que ejercían dominio del sistema internacional (Estados Unidos de América y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas) se vieron inmersos en una intensa competencia por desarrollar tecnologías que permitieran ejercer algún tipo de dominio sobre el espacio, especialmente el circundante al planeta Tierra, incluyendo la Luna y tal vez algunos planetas cercanos. A este comportamiento se le llamó la carrera espacial y, desde entonces, tras la finalización de la Guerra Fría, ha incentivado el desarrollo de programas, políticas y estrategias a nivel mundial para tener algún tipo de presencia en el escenario espacial.

En el presente capítulo, se pretende identificar algunos factores característicos del control aeroespacial que los Estados-nación han venido incentivando desde hace medio siglo. Luego, se presentarán algunos aspectos característicos

de la teoría del poder y la seguridad en relación al espacio; ligando por supuesto, el papel de Colombia en ese escenario a partir del análisis de algunas políticas públicas y ejercicios desde el sector público y privado para identificar factores de desarrollo de capacidades estratégicas que hayan permitido avanzar en el dominio espacial o aquello que podría ser de utilidad para conseguir este objetivo nacional.

Estos aportes se desarrollan a partir de una metodología cualitativa de tipo descriptivo-analítico, con base en la recolección y análisis de fuentes académicas e institucionales, disponibles en revistas de alto reconocimiento y elaboradas por entidades prestigiosas en el ámbito aeroespacial, lo que permite una aproximación coherente al objeto de estudio y establecer condiciones reales de desarrollo de capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia.

El control aeroespacial de las naciones

Para abordar los aspectos primarios del apartado se debe presentar el concepto del espacio ultraterrestre, que ha sido definido como aquel sector ubicado fuera del planeta en donde los satélites artificiales se ubican y orbitan el planeta; este sector es el componente territorial más lejano de cada uno de los Estados (Correa, 2017).

A pesar de que el espacio ultraterrestre es parte del territorio estatal, tan solo aquellos que tienen capacidades altamente desarrolladas de tecnología aeroespacial y una alta capacidad financiera para sostener programas satelitales han podido hacer uso de este, es decir, han ejercido dominio sobre dicho escenario y lo han incluido como parte activa de su territorio. Los países que poco o menos han podido explorar estas actividades han desconocido de facto lo que representa la manifestación de poder sobre el espacio ultraterrestre, lo que ha dejado un escenario de oportunidad para que aquellos países que han desarrollado estas actividades tengan plena libertad de tránsito en territorios extranjeros, dominando y presentando así altas probabilidades de conflictos para el futuro.

El espacio ultraterrestre se presenta entonces como un territorio en el que existen relaciones y efectos jurídicos y sociales a partir de la exploración y explotación que los países deseen hacer en él. Durante la Guerra Fría, este territorio se reglamentó por la comunidad internacional para evitar conflictos entre las grandes potencias y con la intención de generar escenarios pacíficos de explotación del espacio. En 1959 se crea al interior de la ONU la Comisión sobre la Utilización

Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPOUS), en la cual se adelantan acciones de cooperación internacional frente a lo que respecta a actividades desarrolladas en el espacio. Colombia es miembro desde 1977 de esta comisión y desde entonces la ONU se ha venido desempeñando como el organismo articulador de acciones de cooperación mundial para el desarrollo de actividades ligadas al espacio ultraterrestre.

Desde 1963, cuando la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la primera declaración de principios jurídicos sobre el uso del espacio ultraterrestre, se han generado varios tratados y acuerdos relacionados:

> […] en 1967 se firma el Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes (resolución 2222 [XXI] de la Asamblea General). En 1968: Acuerdo sobre el salvamento y la devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre (Resolución 2345 [XXII] de la Asamblea General). En 1972: Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales (Resolución 2777 [XXVI] de la Asamblea General). En 1976: Convenio sobre el registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre (Resolución 3235 de la Asamblea General). En 1984: Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes (Resolución 34/68 de la Asamblea General). (Correa, 2017)

Sin embargo, la ONU ha sido enfática en que el espacio ultraterrestre no podrá ser considerado objeto de apropiación nacional por reivindicación de soberanía, según lo define el artículo II del tratado de 1967. Sin embargo, en el caso colombiano, se presenta una firma de parte de este Estado junto con seis más ubicados sobre la línea del ecuador, que reclaman soberanía directa sobre la órbita geoestacionaria, según la Declaratoria de Bogotá del 3 de diciembre de 1976, ante lo que ha existido desde 1967 una complejidad jurídica desde Colombia, pues no se ha ratificado este tratado, entendiendo que puede existir una contradicción entre el tratado y la declaratoria (Correa, 2017).

En 1957 la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) realizó el lanzamiento del primer satélite artificial llamado Sputnik I; desde entonces lo relacionado con las capacidades espaciales se ha establecido como un escenario de alta importancia para aquellos países que desean no solo ejercer un dominio espacial o tomar una porción del desarrollo que ello provee, sino también como una demostración de poder real que se manifiesta en capacidades de disuasión y contención de amenazas a la seguridad nacional.

Por ello, los diferentes Estados a través de sus constituciones han establecido unas condiciones especiales de dominio sobre este lugar que es una posible fuente de conflictos, pero particularmente aquellos países que están ubicados sobre la línea ecuatorial, que reclaman como un derecho de sus Estados el dominio de lo que se conoce como la órbita geoestacionaria, que, según Correa Olarte (2017) citando a la ONU, es

> un recurso natural limitado que corre el riesgo de saturarse y debe ponerse al alcance de todos los Estados en igualdad de condiciones […], teniendo en cuenta, en particular, las necesidades de los países en desarrollo y la situación geográfica de ciertos países. (p. 32)

En Colombia, en lo que respecta a las acciones emprendidas frente al uso del espacio ultraterrestre, hasta hace muy poco se le viene prestando atención, especialmente desde el sector privado, y muy poco menos tiempo desde el sector público. Se ha creado por parte del Gobierno la Comisión Colombiana del Espacio (CEE), y diversas instituciones académicas han desarrollado proyectos que inician a tocar la superficie de este escenario. Aquí se destaca la Universidad Sergio Arboleda, que realizó el lanzamiento del primer satélite colombiano, y algunos sectores empresariales, que han iniciado el desarrollo de tecnologías espaciales. Sin embargo, se dice que Colombia hace parte de ese gran grupo de países que no han desplegado una capacidad real en el escenario espacial, lo que le impedirá un avance consistente en el ejercicio de dominio o soberanía sobre el espacio ultraterrestre (Correa, 2017).

La importancia que reviste el ejercicio espacial de un Estado sobre su órbita geoestacionaria o sobre el espacio ultraterrestre está dada en inicio por la necesidad de monitorear y controlar diversas acciones en tierra, como lo son el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, la recolección de información meteorológica, promover escenarios de desarrollo y crecimiento autónomo de comunicaciones y tener una capacidad de gestionar los conflictos y proveer mejoras a la seguridad nacional.

Los beneficios que una actividad espacial puede traer al desarrollo de un país son intangibles (Álvarez & Corredor, 2019), al ser estos los que pueden generar transformaciones positivas en las sociedades y generar impactos a largo plazo. Sin embargo, aún se evidencian brechas entre los Estados en el orden jurídico, que pueden exponer a un mal uso del escenario y desencadenar conflictos de gran escala; empero, por ahora, la comunidad internacional incentiva su desarrollo para el afianzamiento de relaciones de cooperación con fines pacíficos que

redunden en el bienestar para la humanidad. Por ello, el territorio espacial ha sido considerado patrimonio de la humanidad (Bergamaschi, 1999).

Poder y seguridad aeroespacial

Con el desarrollo de la carrera espacial de los años sesenta, los académicos se ubican en un escenario de teorización clave en la seguridad internacional y, por ende, un escenario desconocido y desprovisto de conceptualización y análisis, con sus retos y dificultades. Algunos de estos retos están ligados a las tecnologías espaciales, que son en esencia "teorías y técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico sobre el uso y utilización del espacio ultraterrestre y otros cuerpos celestes" (Tamame, 2002); y otros se relacionan con el concepto del poder. Para algunos autores, el poder en este escenario se identificaría como poder aeroespacial, mientras que otros establecen una diferenciación entre "el poder espacial, el aéreo y el ciberespacio, [que] serían complementarios pero no formarían una unidad" (Jordán, 2016).

En consonancia con las teorías del poder aéreo, terrestre y marítimo identificadas desde la geopolítica de Douhet, Makindler, Mahan y Spykman, los teóricos intentaron desarrollar una teoría del espacio a partir de consideraciones geopolíticas de control. Sin embargo, algunos teóricos como Gray han manifestado la dificultad por desarrollar una teoría que determine condiciones estratégicas para el espacio exterior, lo cual ha generado suspicacias sobre los usos de los recursos militares y los efectos que esto pueda traer sobre las naciones (Álvarez & Corredor, 2019).

> Como resultado del aumento del interés en el espacio exterior, distintos académicos de la comunidad espacial habrían expresado la necesidad de una teoría integral del poder espacial (DeBlois, 1997; Jusell, 1998; Klein, 2004; Klein, 2006; Johnson, 2007; Peoples, 2011; Straub, 2015; Pollpeter, 2016; Johnson, 2017), similar a las teorías estratégicas expresadas por Mahan (1894), Corbett (1911) y otros entusiastas del poder marítimo, así como de las teorías de Douhet (1921), Mitchell (1925) y otros teóricos del poder aéreo (Álvarez & Corredor, 2019).

Caracterizar, entonces, el poder espacial a partir de su diferencia y su integración con el aéreo podría resumirse en una definición que Álvarez Calderón y Corredor Gutiérrez, (2019) han establecido como "la facultad y voluntad del uso de las capacidades espaciales de carácter civil, militar y sus infraestructuras asociadas, en

apoyo de las estrategias de seguridad y desarrollo nacionales, así como del logro de los intereses nacionales objetivos y subjetivos", determinando que dicho poder se debe lograr a partir del desarrollo mancomunado de los intereses nacionales y de la disposición de los medios requeridos para controlar el escenario.

Es aquí donde la necesidad de integrar las capacidades aeroespaciales de un Estado se hace prioritaria para cumplir los objetivos estratégicos que se propone, incluso los que tienen que ver con la defensa nacional (Montenegro, 2012), pues al interactuar desde un escenario espacial como un escenario aéreo, provee a las fuerzas militares de un accionar doble que les permite anticiparse a las actividades del enemigo, a la vez que les ofrece un rango de acción y de visualización del teatro operacional más amplio que si se contempla solo desde el aire o sin interacción real; asimismo, si solo se contempla desde el espacio, no tendría un efecto tan poderoso como el aeroespacial.

El poder espacial por sí solo representa una ventaja estratégica para cualquier nación que logre desarrollarse en su ambiente y mantener una tecnología que permita aprovechar esta posición; se constituye así en un medio para que la nación logre sus objetivos, en cuanto podría dar la oportunidad de generar una alerta en el combate y de uso práctico para la seguridad y defensa, ya que:

> tanto las capacidades de combate como la derrota de las fuerzas armadas pueden provenir del aire […] [considerando] la variable del tiempo como una dimensión […] puesto que el acceso y superioridad tanto aérea como espacial puede brindar alerta temprana casi en tiempo real y proyectarse en forma rápida y eficiente en un rango de combate mucho más amplio. (Olivar, 2012, p. XX)

Para poder desarrollar unas capacidades de poder espacial sin generar un dilema de seguridad prematuro, la cooperación entre las entidades militares especializadas se presenta como una acción necesaria, que debe convocar a actores civiles y gubernamentales para incrementar el uso de recursos, incentivar la aplicación pacífica de las capacidades y generar beneficios distribuibles a todos los sectores.

En la complejidad del sistema internacional y las relaciones de poder que se presentan, se ha reconocido la importancia del poder aeroespacial por encima de las condiciones terrestre, naval, aérea e incluso cibernética, por cuenta de la interacción que presenta de manera binaria, pues se generan escenarios de rivalidad como también de cooperación y convivencia pacífica; es así que el escenario aeroespacial provee de un valor importante para la seguridad en cuanto a la gestión y control de actividades tanto terrestres como aéreas, que permiten el desarrollo de capacidades de defensa más oportunas y así la constitución de escenarios más seguros (Instituto Español de Estudios Estratégicos, 2017).

Pero no solo las cuestiones militares tienen relevancia en la seguridad aeroespacial: también las concernientes a la política, la diplomacia, a las finanzas, al comercio y las leyes, a la ciencia, la tecnología y la cultura; es necesario consensuar y construir un piso común que debe ser, sin ninguna duda, el libre uso y acceso seguro sostenido y sustentable al aeroespacio (López, 2010).

No obstante, los aspectos relacionados con el aeroespacio, bien sean de seguridad o de otros aspectos mencionados, se requiere una actividad tecnológica y una gestión científica amplia y especial, y es necesario que los Estados trabajen activamente para su logro. En materia de seguridad, es un escenario primario de actividad y es la actividad más destacable, pues integra desde la visión multidimensional los factores climáticos y medioambientales en general, junto con valores aprovechables para la observación.

En la actualidad, gran parte de la actividad de observación, reconocimiento y seguimiento de factores de inseguridad, como los ya mencionados, se desarrollan desde el aire. Sin embargo, se hace necesario un componente complementario como los servicios espaciales que se deben integrar a las operaciones aéreas, incluso llegando a integrarse por el avance científico al que se ha llegado con la misión Space X, que permitió avanzar en vuelos tripulados al espacio a un menor costo que el de décadas anteriores, lo cual muestra la interacción entre lo aéreo y lo espacial como una posibilidad más cercana (Santé, 2017).

Aunque las actividades espaciales han tenido un especial énfasis en la cooperación, también presenta un soporte en los sistemas satelitales ligados en muchos casos a procesos de inteligencia y actividades militares con misiles, y todo ello junto con actividades no bélicas presenta un impacto a contemplar y es lo relacionado con la basura espacial, "es decir, toda clase de objetos abandonados en el espacio, bien al final de su vida útil o como consecuencia de impactos y desprendimientos" (Santé, 2017).

El control y ejercicio de poder espacial y de capacidades aeroespaciales están dados por la condición de impacto que se genere y los logros que se puedan obtener con su aplicación, sin embargo, en el ámbito militar, no presenta una exclusión de la permanencia de contrarios en el escenario, más bien influyen la efectividad de su desempeño y la diferenciación de capacidades con el contrario. En efecto,

> La persistencia propia de los medios espaciales permite mantener la vigilancia permanentemente y reaccionar con rapidez inusitada a las agresiones, así como extender la capacidad de mando, control, comunicaciones y navegación

> más allá de lo que permiten los sistemas electromagnéticos de empleo en el medio aéreo. La posibilidad de integrar las capacidades que proveen los sistemas espaciales en todos los servicios relacionados con la seguridad y, a su vez, de integrarlos a todos en una sola red de mando y control sustentada desde los sistemas satelitales, proporciona enormes ventajas sinérgicas. (Santé, 2017)

Aquí entonces se hace pertinente la condición de superioridad espacial como factor vital del ejercicio aeroespacial, en particular la denominada por Santé Abal (2017) como la conciencia de la situación espacial o Space Situational Awareness, pues es la posibilidad de conocer el impacto de la aplicación de las actividades espaciales de un Estado en la seguridad y defensa, identificando por cuenta de ello, acciones que vayan en contra de la condición de estabilidad y mantener un seguimiento de las actividades del contrario. En suma,

> La conciencia de la situación espacial se fortalece mediante el ejercicio del control espacial. El control espacial defensivo nos aporta el conocimiento de los sistemas propios, de sus debilidades en cuanto a su protección y del impacto de su pérdida en nuestra seguridad, así como de las capacidades del adversario de interferir nuestros sistemas. El control espacial ofensivo está encaminado al conocimiento de las medidas necesarias para la denegación al adversario de servicios desde sistemas espaciales con todos los medios al alcance (por ejemplo, medidas diplomáticas) y con arreglo a las limitaciones impuestas por los tratados internacionales. (Santé, 2017)

En definitiva, las posibilidades de alcanzar un poder espacial deben pasar, en primer lugar, por fortalecer el poder aéreo de la nación e implementar acciones estratégicas para explotar y utilizar el espacio, para, en segundo lugar, afianzar la interacción entre las condiciones aéreas y las espaciales y así afianzar un control y gestión del espacio y conseguir un poder espacial que aporte al logro de los intereses nacional, el desarrollo y la paz del Estado.

Política para el desarrollo de capacidades aeroespaciales en Colombia

El mayor logro institucional en Colombia en lo que respecta a la implementación de una política aeroespacial sin duda ha sido la creación de la Comisión Colombiana del Espacio (CCE) en 2006, por medio del Decreto Presidencial 2442; que si bien no ha tenido el impacto de desarrollar estrategias aceleradas que

ubiquen al país a la par de otros en la región, ha estimulado la configuración de nuevos lineamientos que han aportado de manera positiva al desarrollo aeroespacial, y que se espera logre acelerar sus actividades y ubicar al país en un escenario positivo dentro de la arena regional.

La configuración de la CCE se presenta como diversa y transdisciplinaria, se desarrollan actividades en diversos frentes que configuran al interior de la organización los grupos de trabajo: Navegación Satelital, Telecomunicaciones, Asuntos Políticos y Legales, Astronáutica, Astronomía y Medicina Aeroespacial, Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, Gestión del Conocimiento e Investigación y Observación de la Tierra, incluyendo lo correspondiente a la ubicación de un satélite colombiano para observación (Correa, 2017).

La CCE está integrada por la Vicepresidencia de la República, que preside la Comisión; el Ministerio de Relaciones Exteriores, que se encarga de los asuntos multilaterales; los ministerios de Defensa, de Educación, de Comunicaciones, del Interior, de Agricultura y de Transporte; la dirección del Departamento Nacional de Planeación (DNP); el Comandante de la Fuerza Aérea Colombiana; la dirección de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil; la dirección del Instituto Geográfico Agustín Codazzi; la dirección del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM); la dirección del ahora denominado Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación; y la dirección de la Agencia Presidencial para la Acción Social. De esta manera se configura una iniciativa que tiene visos de desarrollo de actividades civiles y militares, que fomenten el avance de la ciencia y la tecnología espacial con miras a elementos estratégicos de la nación, como las nuevas tecnologías, los fenómenos naturales, las nuevas amenazas y la cooperación internacional (República de Colombia, 2006).

A partir de lo anterior y dada la creciente necesidad de independencia y los altos costos de comunicación satelital en los que incurre el país, el Gobierno ha incentivado la creación de un escenario institucional que cumpliera con el objetivo de poder lanzar un satélite de comunicaciones para el año 2011. A este proyecto se le denominó SatCol-1, que permitiría evitar el continuo alquiler de servicios foráneos de comunicaciones y que se propuso desarrollar al interior de la CCE (Urbina, 2017).

Para el año 2007, se desarrolló el primer pico satélite colombiano llamado Libertad 1, lanzado a órbita desde Kazajstán, el cual se basó en la creación del ingeniero estadounidense Robert Twiggs de la Universidad de Standford y financiado por la empresa francesa Boeing. Al diseño de este ingeniero se le sumaron algunos aspectos colombianos, los cuales financió la Universidad Sergio Arboleda

y desarrolló una misión en órbita de cerca de treinta días, configurándose como la primera actividad colombiana en el espacio, sin embargo, en ella no tuvo mucha injerencia la CCE (Urbina, 2017).

Para el año 2009, la CCE recibió una oferta de una empresa proveniente de Rusia para el desarrollo del SatCol-1 y en 2010 ocurrió lo propio, en esta ocasión de una empresa desde China; ante lo cual no se llegó a ningún acuerdo, lo cual llevó a que, en 2012, la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) asumiera la secretaría general de la Comisión y así se modificaran radicalmente los objetivos de la organización. Para ese mismo año, la FAC presentó el inicio de un proyecto para crear un nanosatélite de observación denominado FacSat-1, con fines de observación y que debía ser lanzado para el año 2014. Sin embargo, el lanzamiento no ocurrió sino hasta inicios del 2018 en manos de la empresa GOM SPACE de Dinamarca; el nanosatélite sería entonces controlado desde la Escuela Militar de Aviación de Cali, siendo el primer ejercicio realmente público y originado desde el seno de la CCE que Colombia realizaba (Urbina, 2017).

Hacia finales de la primera década del nuevo siglo se presentó ante la opinión pública el proyecto de la fase 2 de nanosatélites el cual es desarrollado desde la FAC en el marco de la CCE, con el fin de mejorar la resolución de las imágenes, así como la creación de una estación de ensamble de nanosatélites que lleve a esta fuerza a tener al menos seis de ellos con fines públicos con énfasis en la seguridad y defensa nacional (Urbina Carrero, 2017).

Ante estos hechos, es necesario resaltar las actividades que la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) ha desarrollado por fomentar y fortalecer las capacidades estratégicas del país en el área espacial. Para 2015, la Fuerza Aérea Colombiana fungiendo aún como Secretaría Ejecutiva de la CCE propuso configurar una posición nacional frente a la creación de un Código de Conducta para Actividad del Espacio Ultraterrestre de la Unión Europea, en la que se planteó que el uso del espacio ultraterrestre debe reglarse por el "principio de acceso racional y equitativo para todos los Estados independientemente de sus capacidades técnicas actuales" (FAC, 2015, p. 26), lo que demostró una consistencia en la manera en que la Comisión había definido sus lineamientos y sus alcances.

Muchas de las condiciones de fracaso que anteceden esta actividad de la Fuerza Aérea se determinaron por la imposibilidad o por procesos fallidos en la búsqueda de adquirir un satélite propio, dado específicamente en el año 2009 y en el 2014, cuando la Comisión se vio por fuera de los intereses del gobierno, pues el conflicto armado y la negociación con actores armados ilegales, junto

con apuestas por el desarrollo del país, no contemplaban la posibilidad cercana ni concebían la importancia que presentaba esta adquisición (Bonilla et al., 2016).

No obstante, los nuevos tiempos han delegado en la FAC la responsabilidad de convertirse en una fuerza con visión espacial, que presente unas condiciones de innovación y que en el futuro pueda impactar de manera positiva en la seguridad nacional a partir de su capacidad aeroespacial (Urbina, 2017).

Como proyección dentro de los lineamientos estratégicos que se han planteado al interior de la FAC, las capacidades frente al desarrollo y gestión de tecnologías satelitales con fines militares son las más representativas. Se han establecido como herramientas fundamentales para el logro de los intereses nacionales y para garantizar su seguridad y defensa, las cuales permiten:

> contrarrestar las actividades ilegales y los nuevos comportamientos ilícitos; controlar las fronteras; vigilar los activos nacionales estratégicos; monitorear los intereses nacionales fuera del propio territorio; y cumplir con los requerimientos de inteligencia militar, así como de organizaciones y entidades ajenas al sector defensa, brindando información útil para conducir la estrategia política, diplomática, económica, social y científica del Estado colombiano (Álvarez & Corredor, 2019).

Muchas de las acciones que ha desarrollado la CCE en cumplimiento de sus funciones han sido profundamente impactadas o incentivadas por las actividades de la FAC para fomentar el avance científico y militar del Estado colombiano en el espacio. Una de las acciones más importantes fue la creación del Comité de Asuntos Espaciales de la Fuerza Aérea Colombiana, por medio de la resolución 126 de 2007, el cual tiene por mandato una actividad de asesoría y dirección estratégica de las tecnologías espaciales en el país (Gómez, 2007).

En lo que respecta a la CCE, se ha planteado cuatro estrategias dentro de su plan de acción que intentan incentivar el sector espacial y articular de mejor manera las iniciativas tanto públicas como privadas y

> [la] formulación de políticas y planeación - Diagnósticos, estudios, planes, legislación y normalización; el fortalecimiento en formación y capacitación para la generación y aplicación de ciencia y tecnología; utilización y aplicación de las ciencias y tecnologías espaciales en observación de la Tierra; y corporación y suscripción de convenios institucionales en escenarios nacionales e internacionales. (IDEAM, 2020)

Siendo así, la correspondiente a la observación de la Tierra es una de las áreas más nutridas y diversas en su configuración como grupo de trabajo. Dicha

área es liderada por el IDEAM e integra a organizaciones privadas y públicas del sector ambiental, la academia, entre otras, destacándose desde la academia la Universidad Militar Nueva Granada, la Universidad Sergio Arboleda, la EAFIT y la Pontificia Universidad Javeriana. Este grupo ha alcanzado un avance significativo gracias a la creación de plataformas tecnológicas de observación y la capacidad de abastecer a otras del mismo tipo a partir

> de imágenes provistas por sensores remotos, para el estudio de aplicaciones puntuales en el área agricultora, forestal, comercial, medioambiental, geológica, hidrológica; de ocupación, uso y cobertura del suelo; cartográfica y oceanográfica, entre otros; posibilitando un mayor conocimiento del territorio nacional. (Gómez et al., 2019)

Se destacan también los proyectos como "el Inventario Forestal Nacional, el Proyecto GEORED, los proyectos de Monitoreo del ciclo del agua y del carbono y de Monitoreo de la dinámica glaciar en Colombia, así como el Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos, entre otros" (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2010).

En lo que respecta al grupo de Asuntos políticos y legales, cabe resaltar que está liderado por el Ministerio de Relaciones Exteriores, el cual ha podido desarrollar

> el documento de Lineamientos de Política Nacional de Información Geográfica que define el marco de trabajo para la producción, acceso y uso de información geoespacial en Colombia, en el contexto de la consolidación de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE). (Gómez, 2007)

Por otro lado, el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones lidera el grupo que se encarga del uso de tecnologías espaciales en telecomunicaciones, mientras que la Aeronáutica Civil encabeza el grupo de Navegación Satelital, como los proyectos más importantes al interior de la CCE (Gómez, 2007).

Como actividad más reciente de la CCE, por instrucción del presidente, se iniciaron los estudios para la compra de la primera constelación de satélites de observación de la Tierra, de forma que ayude a que el país reduzca sus costos en compra de imágenes satelitales y pueda avanzar en áreas de desarrollo urbano, contención de amenazas como las provenientes del cambio climático, los cultivos ilícitos, la minería ilegal y mejorar el control sobre las fronteras (Vicepresidencia de Colombia, 2020).

Frente a la cooperación internacional y capacidades estratégicas del país por insertarse al sistema internacional, se tienen varios hitos para destacar, entre ellos el acaecido en 2002, cuando Colombia fue sede de la IV Conferencia Espacial de las Américas, seguido por el destacable rol que desempeñó Colombia al presidir, entre 2008 y 2009, la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS), que se encarga de generar escenarios de cooperación internacional para el desarrollo de programas espaciales. Además, es uno de los países en la región con convenios vigentes con Argentina y Brasil (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2010), consideradas como las naciones con las agencias espaciales más antiguas de la región —la primera con 55 años de existencia y la segunda con 52 años—,lo cual permite promover la creación de una agencia espacial propia que integre los esfuerzos desde el punto de vista estratégico y de los intereses nacionales (Bonilla et al., 2016).

En cuanto a la actividad jurídica internacional, existe un grupo de tratados internacionales que regulan y aportan al desarrollo espacial de las naciones y a la convivencia y cooperación:

> […] el tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes; el acuerdo sobre el salvamento y devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre; el convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales; el convenio sobre el registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre, y el acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes. (Arenas, 2011)

En ese sentido, Colombia ha firmado tres de esos tratados, entre los que se encuentra el Convenio sobre el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre, que se firmó en Nueva York en 1974, se aprobó con la Ley 1569 de 2012 y en 2014 se entregó el instrumento de adhesión por cuenta del Decreto 1065 del mismo año (Correa, 2017), lo mismo ocurre con el Convenio sobre Responsabilidad Internacional por Daños Causados por Objetos Espaciales y el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre. En el primero:

> El país se compromete al registro de cualquier objeto lanzado al espacio, además de otorgar toda la información pertinente en cuanto a datos técnicos del objeto, todo esto se es informado al secretario general de las Naciones Unidas, [en el segundo] se busca que el país no se exonere de cualquier daño causado, a pesar de que éste haya obrado de manera diligente, y se responsabilice

> de los daños causados por sus objetos espaciales; y el tercero […] dice que el espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, no podrá ser objeto de apropiación nacional por reivindicación de soberanía, uso u ocupación, ni de ninguna otra manera, este último no ha sido puesto en rigor debido a su inconstitucionalidad ya que entra en contravía a lo descrito en el artículo 101 de la Constitución Política Colombiana en donde hace apropiación de su espacio ultraterrestre. (Bonilla et al., 2016)

En el contexto regional, Colombia es uno de los países más atrasados en la consolidación de una agencia espacial:

> las agencias espaciales de Argentina y Brasil cuentan con 55 y 52 años respectivamente desde su fundación, les sigue Perú con 45 y chile con 15, Bolivia México, Venezuela y Ecuador con un promedio de 8 años y por último se encuentran Colombia y Uruguay con 6 y 2 años de antigüedad, respectivamente. (Bonilla et al., 2016, p. 99)

No obstante, Colombia entre Bolivia, Ecuador y Perú, es el administrador de la posición orbital donde se ubica el satélite de comunicaciones SES-10 o Simón Bolívar 2, que opera la compañía holandesa SES y crea la empresa europea Astrium, lo que le da al país una capacidad estratégica importante que aún está por explotar (Drewes, 2014).

A pesar de los esfuerzos materializados en estos avances, tanto tecnológicos como legales y de cooperación, Colombia ha sufrido varios momentos de desequilibrio que han impedido un desarrollo importante y oportuno de sus capacidades estratégicas, especialmente desde el sector público y particularmente en lo que respecta a la CCE: uno de ellos es la transición de la coordinación intersectorial para el desarrollo del espacio colombiano. Para el año 2016, por medio del decreto 724, pasó de estar en cabeza de la Vicepresidencia de la República a estar en manos del Alto Consejero Presidencial para el Posconflicto, lo cual resta margen de maniobra y de cohesión interinstitucional al organismo, así como capacidad de gestión política de obtención de recursos financieros para los programas espaciales que se venían desarrollado (Correa, 2017).

Otros factores que han disminuido la intensidad con que la CCE y, por ende, Colombia han emprendido actividades en beneficio del desarrollo de capacidades aeroespaciales pasan por la desarticulación institucional y la falta de un planteamiento estratégico que a largo plazo promueva potencialidades y fomente el avance tecnológico. Si bien los logros pasan por la adquisición de satélites con énfasis en comunicaciones y observación, esta actividad se presenta como

una de las grandes debilidades de la política espacial en Colombia, pues han constreñido la amplia oferta y escenarios para desarrollar nuevas tecnologías y actividades que podrías ayudar al desarrollo integral del país.

De igual manera la falta de incentivo para que el sector privado participe del desarrollo espacial del país ha sido una debilidad que podría convertirse en oportunidad para los nuevos tiempos; todo esto enmarcado en la falta de consistencia institucional que ha impedido la articulación de los diferentes sectores y actores que participan activamente de los grupos al interior de la CCE, dejando que cada uno de ellos desarrolle proyectos de manera desarticulada y con fines particulares, con poco impacto nacional (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2020).

Algunos de los siguientes aspectos son críticos para fortalecer el sector espacial en Colombia y presentan las debilidades críticas que han impedido un desarrollo decidido del sector, ante los que se propone una transformación a partir de cinco ejes estratégicos:

> Falta de políticas gubernamentales de largo plazo y coherentes con las necesidades del país. Falta de recursos y desviación de los recursos existentes. Falta de conocimiento por parte de los usuarios finales y potenciales beneficiarios del campo aeroespacial. Escasez de personal experto en el campo en el país. Ausencia de una industria relacionada o aplicada al campo aeroespacial. [planteando] cinco ejes estratégicos: 1. Normatividad y Marco Legal: Establecer un entorno adecuado para el desarrollo de la actividad espacial en Colombia. 2. Investigación, Innovación y desarrollo: Promover la creación de conocimiento, experiencia, y apropiación de tecnologías aeroespaciales. 3. Difusión y Educación: Dar a conocer las ventajas que tiene el desarrollo aeroespacial. 4. Capital Humano: Promover la formación de personal nacional capacitado en el desarrollo de ciencia y tecnología aeroespacial. 5. Desarrollo Industrial: Promover la aparición y desarrollo de un entorno de productos y servicios aeroespaciales en el país. (Bonilla et al., 2016)

En consonancia con estas debilidades y sus consecuentes propuestas de mejora, se requiere de la concreción desde los sectores políticos, especialmente el gubernamental, para consolidar una visión a largo plazo sobre todo el escenario espacial y lo que ha de representar para Colombia en términos de capacidades científicas, tecnológicas y militares. La formación de recurso humano para asumir los retos de este sector en cuanto a su avance y las potencialidades que presenta en términos de innovación, emprendimiento y la posibilidad de disminuir e incluso cerrar brechas en transferencia de conocimiento, lo cual lleva a que

se consolide un escenario de gestión ciudadana en que interactúan los actores del sector espacial en cabeza de la CCE, con reglas claras y una agenda política definida que permita impactar desde la cooperación internacional y el desarrollo tecnológico a toda la nación (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2020).

Condiciones público-privadas para el desarrollo de capacidades aeroespaciales de Colombia

Las alianzas público-privadas en el sector aeroespacial en Colombia no han tenido muchos avances, en realidad han estado desvinculadas y las CCE no ha tenido la capacidad de interactuar para generar escenarios de colaboración entre diversos sectores, contadas algunas excepciones. Por su lado, el sector público ha sido liderado por la FAC, el IDEAM y el Instituto Agustín Codazzi, mientras que, por el lado público, las universidades han sido las que han potencializado las capacidades nacionales.

La primera manifestación de alguna capacidad aeroespacial en Colombia fue la desarrollada por la Universidad Sergio Arboleda, como se ha mencionado, esta universidad privada ha sido pionera en el país en el desarrollo de la misión Libertad 1 y lo que ha sido la más reciente misión Libertad 2. Sin embargo, no solo se ha quedado en esta actividad, sino que también ha generado procesos de investigación que han ayudado al país a crear nuevos escenarios de exploración de actividades espaciales; por ejemplo, la

> recepción de datos de telemetría entre diferentes estaciones terrenas ubicadas en varios lugares del mundo y el satélite en su desplazamiento a través de una órbita baja de tipo LEO (aproximadamente entre los 650 km y 800 km de altura) donde el paso sobre la ciudad de Bogotá ocurre 2 veces al día. (Joya & Sánchez, 2013)

Las actividades de las misiones Libertad estuvieron enfocadas en la recolección de datos y la aplicación y verificación de los diseños que se habían desarrollado en la universidad para aplicaciones especiales:

> El lanzamiento fue realizado en el año 2007 en el cosmódromo de Baikonur ubicado en el país asiático de Kazajistán mediante el cohete Dnepr-1. Debido al tamaño del satélite colombiano, fue introducido en un compartimiento

> especial conocido como P-Pod empleado como mecanismo que permite su despliegue hacia el espacio luego de alcanzar la altura adecuada para tomar su órbita alrededor de la Tierra. (Joya & Sánchez, 2013)

La misión Libertad 2 ha puesto como objetivos la articulación público-privada a partir de la interacción con la CCE para promover las capacidades espaciales de Colombia, la Universidad también creó el programa aeroespacial que ha permitido desarrollar componentes para satélites y generar unos procesos de análisis de sistema y orientación de los mismos.

> Actualmente la academia ha sido un punto de referencia muy importante para llevar a cabo proyectos de investigación donde los estudiantes pueden hacer parte de un proyecto aeroespacial completo mediante estándares de bajo costo como el CubeSat y así diseñar sus propios prototipos para uso satelital y contribuir en el adelanto tecnológico de la sociedad. (Joya & Sánchez, 2013)

La Comisión Colombiana del Espacio logró una exposición internacional importante, que resultó en una visita de representantes de la Agencia Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés), como una de las más importantes del mundo, y a partir de los esfuerzos de la Fuerza Aérea Colombiana, se recibió la visita de la Agencia Espacial Mexicana, con el fin de conocer los modelos que han implementado en cuanto a interacción con actores privados y la manera en que adelantan sus actividades (Correa, 2017).

Estos hechos han servido para que desde la academia se genere un impulso que será relevante para el devenir de las capacidades de Colombia, en especial con la creación de diversos programas académicos que tienen un énfasis en el sector aeroespacial; como es el caso de la Maestría en Ingeniería con énfasis en Ingeniería Aeroespacial de la Universidad del Valle, enfocada en el desarrollo de tecnología satelital, comunicaciones, sistemas de control, navegación y propulsores, entre otros; el Cauca Valley Aerospace Cluster, que involucra otras universidades locales como la Universidad de San Buenaventura, la Pontificia Universidad Javeriana y la Universidad Autónoma de Occidente, así como la Escuela Militar de Aviación, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), la Cámara de Comercio, las empresas constructoras de ultralivianos y la industria metalmecánica de los departamentos del Valle y Cauca, el programa de Maestría en Gestión de la Información y Tecnologías Geoespaciales de la Universidad Sergio Arboleda (Correa, 2017).

Estas actividades académicas también han recibido respaldo gracias a la cooperación internacional. Por ejemplo, la Universidad Nacional trabajó un

documento de consulta realizado por el Instituto Tecnológico de Aeronáutica de Brasil y la Academia de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (USAFA), para la creación de un programa de Maestría en Ingeniería Astronáutica (Gómez, 2007).

Varios factores no han impactado de manera positiva estas iniciativas y algunos emprendimientos resultado de las formaciones académicas; entre otras, se encuentran la tercerización de los servicios y la competitividad que representan las empresas y universidades extranjeras más desarrolladas en este campo, al igual que ha impactado las transiciones gubernamentales y las modificaciones que cada gobierno imprime en los escenarios privados con miras al espacio. Estos sucesos han impedido una aplicación consistente de las comunicaciones satelitales para proveer de mejor acceso en las regiones apartadas del país, así como la observación de los territorios con el objetivo de evitar amenazas ocasionadas por desastres naturales previsibles, así como las aplicaciones científicas y tecnológicas en áreas de planeación y de desarrollo del agro (Bonilla et al., 2016).

Adicional a las oportunidades que se dan en los territorios, un escenario aún sin explorar en Colombia es el de los beneficios en salud que trae el desarrollo de tecnología espacial, lo que ha sido demostrado en otros países, donde tiene una gran aplicación y brinda múltiples oportunidades para el sector y para el bienestar de la población (Álvarez & Corredor, 2019).

Con el fin de identificar el nivel de conocimiento sobre asuntos espaciales y el estado de avance en desarrollos científicos y tecnológicos, las entidades de la CCE crearon un cuestionario para el sector académico, con el fin de medir el estado de las capacidades académicas en el país y reconocer algunas actividades que se generan de manera desarticulada, así como incentivar su desarrollo y aplicación y crear redes de acción para fortalecer las iniciativas identificadas (Gómez, 2007).

Los nuevos modelos de negocio también se podrían ver favorecidos por la implementación de actividades aeroespaciales, dado que en sectores como empleo y creación de nuevas empresas la tendencia es al crecimiento de ambos factores de manera positiva; los sectores que actualmente se enfocan en autopartes y la fabricación de piezas para aviones se pueden ver favorecidos con una transición tecnológica hacia el sector espacial; de igual manera ocurrirá con los sectores electrónicos y de sistemas de información, ya que los egresados de los programas anteriormente mencionados podrán desarrollar empresas tipo Spin Off, incluso financiadas por el gobierno o por la CCE y sus miembros, lo cual podría diversificar la oferta y las capacidades del país desde el sector privado (Vicepresidencia de Colombia, 2020).

El desarrollo de capacidades en el sector aeroespacial, en especial las que tienen un fin pacífico, se presentan como un motor de impulso a las condiciones nacionales como el crecimiento económico, la disminución de brechas sociales y el fortalecimiento de las culturas. Pueden coadyuvar en la mejora de procesos educativos y servir para impulsar escenarios ligados a la salud y a la seguridad y defensa nacional desde diversos frentes que ya se han mencionado. El desarrollo y uso de tecnologías espaciales puede afianzar también procesos productivos y competitivos a nivel nacional e internacional en sectores agroindustriales y del sector terciario, sin desconocer el valioso aporte para la gestión gubernamental (República de Colombia, 2006).

Es entonces necesario que desde la Comisión Colombiana del Espacio, como rector de la política espacial del país, se abran escenarios de articulación nacional para la creación y uso de tecnologías espaciales con uso público y privado, que se reconozcan los avances que en esta materia se dan desde la academia y la industria privada para que el Estado aporte de manera decidida a estos ámbitos, que se constituyen como lugares estratégicos para el desarrollo del país. Así mismo, se requiere seguir fortaleciendo los desarrollos que desde las diversas instituciones del Estado se pueda hacer para incrementar los estudios, las prácticas y las políticas en relaciones con el sector aeroespacial.

Como se ha evidenciado anteriormente, hay una clara desarticulación entre las iniciativas privadas y las públicas. Una cooperación bien lograda a partir de la interacción y el fortalecimiento institucional del que tanto carece el sector daría prontos réditos en beneficio de la población colombiana y el mejoramiento de sus condiciones de vida; además, garantizaría mejores capacidades logísticas de gestión y contención de amenazas a la seguridad y la defensa nacional.

Conclusiones

La carrera espacial liderada por los países poderosos luego de la finalización de la Segunda Guerra Mundial presentó un escenario de desarrollo para las naciones del mundo que se había contemplado, pero no se había explorado. Las misiones soviéticas y estadounidenses que pusieron al primer hombre en órbita, por un lado, y al primer hombre en la Luna, por otro, se presentan como un antecedente valioso para lo que luego se ha dejado de ser un sueño para materializarse como una realidad práctica para la humanidad, por su diversidad de aplicaciones en beneficio de la especie.

Las grandes potencias han reconocido que no es suficiente con desarrollar capacidades y dominar la tierra, los mares y el aire, sino que el espacio es un escenario vital para el desarrollo de los países y para ejercer actividades en procura de la seguridad y la defensa. A través de los años, las actividades en el territorio espacial han impactado en países de renta media que han iniciado, algunos con más eficiencia que otros, una carrera espacial que conduce al mundo a interactuar en términos pacíficos en el marco de la cooperación internacional en actividades espaciales, las cuales, sin lugar a duda, con el devenir de los tiempos, podrían dar origen a un nuevo escenario de competencia y pugna por el poder y así desencadenar actividades violentas o conflictos de todo tipo.

En América del Sur, el panorama no es del todo claro, pues si bien Argentina y Brasil dominan el escenario de desarrollo de capacidades espaciales, aún no lo afianzan como para ser considerados una amenaza; mientras eso ocurre, tan solo hace menos de dos décadas Colombia presta atención al espacio y lo materializa con la creación de la Comisión Colombiana del Espacio, debido a lo cual hay muy pocas actividades por destacar. La FAC y entidades privadas como la Universidad Sergio Arboleda son las que han actuado para hacer figurar en el mapa de actividades espaciales a Colombia.

La CCE, que se configura como un órgano intersectorial, ha sufrido de diversas molestias que han retrasado en algún sentido un proyecto espacial en Colombia. Por ejemplo, la falta de una política espacial concreta que determine los intereses nacionales y que canalice los esfuerzos que aún no se plantean, así como se evidencia una falta de interés del sector público por interactuar con el sector privado, caso que no se presenta en sentido contrario, donde los actores privados hacen ingentes esfuerzos por interactuar con los sectores públicos en búsqueda de alianzas que permitan concretar proyectos de importancia multisectorial como el lanzamiento de satélites con propósitos de observación.

Transcurrida la primera década del siglo XXI, las actividades espaciales continúan siendo para Colombia un tema pendiente; a pesar de haberse iniciado un proyecto para consolidar las experiencias recogidas en años anteriores, falta camino. Pero lo importante es que el compromiso persista y se logre un avance concreto en las actividades espaciales referentes principalmente a la utilización de satélites de observación de la Tierra y comunicaciones, con sus importantes aplicaciones en un país que, por su extenso territorio, diversidad topográfica y las amplias necesidades socioeconómicas de su población, se constituye en una herramienta eficaz para el cambio en asuntos prioritarios para el desarrollo del

país y el bienestar de sus habitantes, como apoyo en la agricultura, prevención y atención de desastres, telemedicina, cambio climático, comunicaciones y seguridad nacional, entre otras aplicaciones (Arenas, 2013).

Es importante, para cerrar, reconocer que el desarrollo espacial no solo representa una inversión para quienes se comprometen con sus actividades, también se ha identificado un alto valor de rentabilidad por cuenta de los avances científicos que se pueden lograr, la diferenciación competitiva en sectores como las comunicaciones y las ganancias políticas y estratégicas en términos de protección de fronteras, apoyo a la seguridad y defensa y contención de amenazas como el narcotráfico, el cambio climático, las bancas criminales transnacionales, la minería ilegal, así como su contribución a la gestión de los bienes naturales para mejorar su aprovechamiento y su protección.

La creación de una agencia espacial colombiana se presenta en la agenda como un importante valor agregado por alcanzar, teniendo en cuenta que, en la región, pocos países no la poseen; lo que permite pronosticar la posibilidad de procesos de cooperación o integración intrarregional, con la creación de la Agencia Espacial Regional (Drewes, 2014). Esta situación ayuda a reconocer lo provechoso que sería para Colombia un desarrollo más efectivo y decididamente acelerado de capacidades estratégicas aeroespaciales.

Referencias

Álvarez Calderón, C. E., & Corredor Gutiérrez, C. G. (2019a). *El espacio exterior. Una oportunidad infinita para Colombia* (vol. 2). Sello Editorial ESDEG. https://doi.org/10.25062/9789585245631

Álvarez Calderón, C. E., & Corredor Gutiérrez, C. G. (2019b). *El espacio exterior. Una oportunidad infinita para Colombia* (vol. 1). Sello Editorial ESDEG. https://doi.org/10.25062/9789585245624

Arenas Ceballos, J. (2011). Un necesario marco jurídico para las actividades espaciales en Colombia. *Civilizar Ciencias Sociales y Humanas, 11*(20), 37-44. https://doi.org/10.22518/16578953.23

Arenas Ceballos, J. (2013). Actividades espaciales, satélites y seguros. *Revista Ibero-Latinoamericana de Seguros, 22*(39), 163-179. https://bit.ly/3SCUgKX

Barrero Barrero, D., Baquero Valdés, F., & Gaitán Rodríguez, A. (2018). La seguridad multidimensional y el poder aéreo: Doctrina de la OEA y Fuerza Aérea para fortalecer el desarrollo de la seguridad y la defensa. ¿Cuál es el nuevo panorama de Colombia? *Ciencia y Poder Aéreo, 13*(1), 72-81. https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.587

Bergamaschi, J. L. (1999). El poder aeroespacial, su vinculación con la estrategia, la política y la doctrina. *Red de Seguridad y Defensa de América Latina.* https://shortly.cc/Iau8a

Bonilla Bohórquez, J. A., Ojeda Ramírez, O. I., Villagrán Cortes, L. J., Villamil Quintero, F. A., Zorro Mendoza, C. A., & Cañón Ayala, M. J. (2016). *Colombia Aeroespacial 2026*. Universidad Nacional de Colombia.

Castro, S. (s.f.). Colombia: Desarrollo de lo espacial. *Sociedad Geográfica de Colombia,* 1-6.

CONPES 3683 (2010, 6 de agosto). Lineamientos para la formulación del programa nacional de observación de la tierra que incluya el diseño de un programa satelital colombiano. Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia. https://shortly.cc/ZhHOy

CONPES 3983 (2020). Política de desarrollo espacial: condiciones habilitantes para el impulso de la competitividad nacional. Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia.

Correa Olarte, M. X. (2017). Estado actual del proceso de territorialización del espacio ultraterrestre por parte de Colombia y recomendaciones para su consolidación. *Revista Perspectiva Geográfica, 22*(1), 147-160. http://dx.doi.org/10.19053/01233769.7130

Drewes, L. (2014). *El sector espacial argentino: Instituciones referentes, proveedores y desafíos.* ARSAT.

Fogleman, R. R. (1996). Aerospace doctrine. More than just a theory. *Airpower Journal,* 40-47.

Gómez Guzmán, I. D. (2007). Avances sobre la aplicación y desarrollo de tecnologías espaciales en Colombia. *Colciencias Colombia Ciencia y Tecnología*, 6-19.

Gómez Guzmán, I. D., Posada, E., Arias Duarte, L. P., & García, J. (2019). Descripción del programa de investigación en desarrollo satelital y aplicaciones en el tema de observación de la tierra. *Comisión Colombiana del Espacio*, 1-8.

Instituto de Hidrología, meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2020, 21 de febrero). Comisión Colombiana del Espacio – Grupo Observación de la Tierra. *IDEAM*. https://shortly.cc/4DjsH

Instituto Español de Estudios Estratégicos. (2017). *Cuadernos de estrategia 192. Hacia una estrategia de seguridad aeroespacial.* Ministerio de Defensa.

Jordán, J. (2016). El debate sobre la primacía del poder aéreo: un recorrido histórico. *Documento de Investigación del Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional,* 1-38.

Joya Olarte, R. A., & Sánchez Sanjuán, S. A. (2013). Desarrollo Aeroespacial en Colombia, Misión Satelital Libertad 1 y Libertad 2. *Bogotá Robótica* 2013, 17-20.

López Salas, L. I. (2010). La seguridad aeroespacial en América del Norte. *Norteamérica, Revista Académica Del CISAN-UNAM*, *5*(01), 173-219. https://doi.org/10.22201/cisan.24487228e.2010.01.15

Montenegro, R. (2012). El poder aeroespacial nacional, ¿una utopía o una realidad posible? *Gaceta Aeronáutica*. https://shortly.cc/WqFFw

Olivar Angerami, I. A. (2012). *Poder espacial. Espacio ultraterrestre y sus actores, una relación dialéctica*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

República de Colombia. (2006). Decreto 2442 de 2006 - *Creación de la Comisión Colombiana del Espacio*. República de Colombia.

República de Colombia. (2018). Decreto 2258 de 2018 - *Por medio del cual se establecen normas y procedimientos para el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre y se adiciona el Título 9 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1070 de 2015*. República de Colombia.

Santé Abal, J. M. (2017). La doctrina aeroespacial y la estrategia de seguridad aeroespacial. *Cuadernos de estrategia*, 192, 105-146. https://shortly.cc/9i9R9

Tamame Camarero, J. (2002). El poder aeroespacial ya es un hecho. *Arbor: Ciencia, pensamiento y cultura, 171*(674), 217-229. https://doi.org/10.3989/arbor.2002.i674.1029

Urbina Carrero, J. C. (2017). El espacio, futuro de la Fuerza Aérea Colombiana. *Ciencia y Poder Aéreo, 12*(1)202-208. https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.572

Vicepresidencia de Colombia (2020, 6 de marzo). *Vicepresidencia de Colombia*. https://shortly.cc/MkDGt

Capítulo 2

Operaciones espaciales de Colombia: enfoque en seguridad y desarrollo*

DOI: https://doi.org/10.25062/9786287602229.02

David Barrero-Barrero
Fabio Baquero-Valdés
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

Resumen: El objetivo del presente capítulo es el de integrar lo que definen las operaciones espaciales con los campos de acción fijados por el gobierno colombiano, en el desarrollo de sus actividades encaminadas a lograr la aspiración nacional de alcanzar el espacio ultraterrestre, para la cual es necesaria la integración de diferentes organismos cuya misión y tareas asignadas dentro del marco de la Comisión Colombiana del Espacio, es la de orientar dichas operaciones espaciales de cara al futuro; en beneficio común y con la integración de la seguridad y la defensa.

Palabras clave: capacidades; comunicaciones; navegación; operaciones espaciales; teleobservación

* Este capítulo presenta los resultados del proyecto de investigación "Proyección del empleo de las capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia para la seguridad y defensa nacional", del grupo de investigación Masa Crítica de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", categorizado como A1 por MinCiencias y con código de registro COL0123247. Los puntos de vista pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

David Barrero-Barrero
Candidato a doctor en bioética de la Universidad Militar Nueva Granada. M.Sc. en Inter-American Defense and Security del Colegio Interamericano de Defensa. Coronel de la Reserva Activa y piloto militar de la Fuerza Aérea Colombiana. Docente ocasional e investigador junior de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto". Orcid: **https://orcid.org/0000-0003-0412-1371** - Contacto: **david.barrero@esdeg.edu.co**

Fabio Baquero-Valdés
Magíster en educación de la Universidad Santo Tomás y profesional en administración aeronáutica. Coronel de la Reserva Activa de la Fuerza Aérea Colombiana. Docente ocasional asociado e investigador junior del grupo Masa Crítica en la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto". Orcid: **https://orcid.org/0000-0002-5509-322X** - Contacto: **fabio.baquero@esdeg.edu.co**

Citación APA: Barrero-Barrero, D., & Baquero-Valdés, F. (2022). Operaciones espaciales de Colombia: enfoque en seguridad y desarrollo. En J. H. Conde Mesa (ed.), *Visión aeroespacial colombiana* (pp. 43-70). Sello Editorial ESDEG. https://doi.org/10.25062/9786287602229.02

VISIÓN AEROESPACIAL COLOMBIANA

ISBN impreso: 978-628-7602-21-2
ISBN digital: 978-628-7602-22-9
DOI: https://doi.org/10.25062/9786287602229

Colección Estrategia, Geopolítica y Cultura
Sello Editorial ESDEG
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes prieto"
Bogotá D.C., Colombia
2022

CC BY NC ND

Introducción

El presente capítulo consta de seis apartados. En el primero se ilustra de una manera muy sencilla cómo la teoría de Nicolás Copérnico permitió reubicar la Tierra dentro del sistema solar, lo cual contribuyó a ver el universo como un escenario mucho más complejo y de gran interés por conocer y alcanzar.

En el segundo apartado, se trata de definir las operaciones espaciales, en contraste con la misión de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), para dejar claro su compromiso con la seguridad, defensa y fines del Estado de cara al desarrollo del país; incluyendo al espacio como una dimensión de la que hay que apropiarse en el menor tiempo posible. Lo dicho se ha construido a través de los documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) relacionados con este tema.

A partir de lo anterior, el tercer apartado trata sobre las aspiraciones espaciales del Estado colombiano, donde la historia del objetivo nacional por alcanzar el espacio se ha venido configurando desde décadas atrás. Lo que es importante destacar en su participación como miembro de la Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA) es que la denominada Comisión Colombiana del Espacio (CCE) ha trazado siete campos de acción, los cuales serán analizados a lo largo del capítulo.

Una vez determinada la caracterización anterior, el cuarto apartado describe el compromiso de la FAC dentro de la CCE. Aquí se presentan las líneas de acción mencionadas anteriormente y sus responsables, en las que se podría evidenciar que en muchas de ellas debe haber participación de la FAC, como uno de los miembros que integran esta organización.

Y para el cumplimiento de lo anterior, es necesario revisar las capacidades distintivas espaciales de la FAC en el quinto apartado, para dar cuenta de que

esta institución se constituye en un miembro importante como todos para cumplir los objetivos espaciales colombianos. Sin embargo, los avances significativos de la FAC con relación al espacio ultraterrestre, además de su infraestructura y doctrina, harán viable de una manera más efectiva la tarea de la CCE.

Finalmente, en el sexto apartado, se hace un análisis de las operaciones espaciales, en las que sea la integración de la FAC con el Estado-nación, a partir de algunas definiciones anteriormente analizadas, el correspondiente documento CONPES y la nueva doctrina de la FAC puesta en marcha en un plan estratégico trazado para el 2042, lo que aporta un valor agregado donde se espera alcanzar un gran número de metas que fortalecerán el camino hacia un mejor desarrollo del país, a través de lo que en la FAC se llamará la explotación de activos espaciales.

La primera impresión del espacio a través de Copérnico

Nicolás Copérnico (1473-1543) fue uno de los muchos precursores que despertó el interés de los seres humanos por el espacio. Precisamente fue él quien, en su momento, amplió el conocimiento acerca de nuestra ubicación dentro del sistema solar, por cuanto "durante años, […] desarrolló una teoría que cambiaría de manera radical nuestra visión del mundo: desplazó a la Tierra del centro del universo y la puso a dar vueltas alrededor del sol. Y la ciencia venció a la teología" (Kowalczyk, 2020); así, el ser humano fue movido de su autodeterminación antropocéntrica en el universo y fue reubicado en el planeta como uno más dentro de la naturaleza.

Para haber llegado a tal deducción, Copérnico expuso "su modelo de cosmos: un universo cerrado con el sol en el centro y los demás astros girando a su alrededor" (Kowalczyk, 2020). El trabajo del astrónomo abrió las puertas a la búsqueda de nuevas respuestas acerca del origen y el entendimiento del universo, de la especie humana y la sospecha que aún continúa vigente acerca de la posibilidad de que exista más vida allí afuera. Poco a poco el ser humano ha ido buscando y encontrando las respuestas a estas inquietudes; pero lo cierto es que aún falta mucho por aprender y la mejor forma es salir a explorar el espacio para obtener todas las respuestas posibles, aprender y usar este fascinante escenario en beneficio de todos en el planeta.

Países como Colombia hasta ahora comienzan a apostarle al espacio como una oportunidad; no solamente para conocerlo, sino para acercarlo a las necesidades de desarrollo económico y social, como lo han hecho las potencias globales y países con las mismas aspiraciones colombianas por alcanzar mejores niveles de desarrollo. No importa lo demorado que haya sido este proceso hasta ahora, lo importante es hacerlo y proyectar al país como una potencia emergente y con capacidades en asuntos espaciales de cara a la hoja de ruta en el siglo XXI.

Concepto y definición de las operaciones espaciales

Para hablar de lo que son las operaciones espaciales, además de algunas definiciones anteriormente vistas en el presente libro, es necesario retomar el significado del término "espacio", desde el sentido simple de la Real Academia de la Lengua, la cual menciona que es la "región del universo que se encuentra más allá de la atmósfera terrestre" (2020), además, limita directamente con el escenario tridimensional de una Fuerza Aérea, lo que le permite a una Nación proyectar defensa, seguridad y desarrollo, a partir de sus Fuerzas Militares.

En la revista *Hacia el Espacio* del Gobierno de México, las operaciones espaciales son aquellas "acciones que se realizan para mantener una misión espacial" (Duarte Muñoz, 2018), las cuales se realizan a través de las siguientes tres funciones: monitoreo de la telemetría, rastreo de la nave espacial y envío de instrucciones. Estas funciones se llevan a cabo a través de sistemas de comunicaciones que emplean diferentes bandas del espectro electromagnético y cuyas características dependen de muchos factores como la órbita de la nave espacial, las tasas de datos requeridas y la sensibilidad de los receptores en la Tierra, entre muchas otras (Duarte Muñoz, 2018).

En este sentido y respecto a la misión de la Fuerza Aérea Colombiana de "Volar, entrenar y combatir para vencer y dominar en el aire, el espacio y el ciberespacio, en defensa de la soberanía, la independencia, la integridad territorial, el orden constitucional y contribuir a los fines del Estado" (FAC, 2019), se puede observar que estas obligaciones constitucionales la convierten en actor incluyente dentro de la Comisión Colombiana del Espacio, en la cual tiene a cargo la Secretaría Técnica (Función Pública, 2006). Lo anterior le permite no solamente afrontar las responsabilidades propias del control y protección del espacio aéreo,

sino del espacio exterior; lo cual también contribuye al logro de los fines previstos en el artículo 2 de la Constitución Política (1991).

La participación en las decisiones de la vida económica y política, además de la promoción de la prosperidad, sin dejar a un lado las responsabilidades de seguridad y defensa para la convivencia pacífica, revindican una postura importante en el desarrollo espacial colombiano con fines pacíficos, en el marco de Naciones Unidas, de la cual es miembro desde 1980 (Naciones Unidas, 1980) y con visión de desarrollo para el pueblo colombiano, como una de las instituciones partícipes en esta tarea espacial.

Además, y a partir del fundamento constitucional del artículo 217 por el cual Colombia tiene unas Fuerzas Militares, cuya finalidad es "la defensa de la soberanía, la independencia, la integridad del territorio nacional y del orden constitucional" (Constitución Política de Colombia, 1991), la Fuerza Aérea alinea los fines establecidos en la Constitución Política de Colombia (soberanía, independencia, integridad territorial, orden constitucional y contribución a los fines del Estado), con la misión que se ha trazado sobre los escenarios aéreo, espacial y ciberespacial.

Por lo anterior, es un hecho que la participación de la Fuerza Aérea en la Política de Desarrollo Espacial Colombiano (CONPES 3983, 2020), en unas de sus líneas de acción, como será tratado más adelante, satisface una necesidad estratégica colombiana por alcanzar el espacio, para formular nuevos escenarios de cara al futuro del país.

Sin embargo, y considerando que "el entorno espacial tiene un alcance global", no existen "límites geográficos o […] fronteras de un Estado-nación" (Álvarez y Corredor, 2019, p. 50), para considerar el ejercicio de soberanía en el sentido estricto de cerrar el escenario espacial y territorial sobre Colombia por el tránsito de satélites o el vuelo de naves espaciales durante la salida y entrada de órbita. Entonces, las operaciones espaciales de un Estado, en lo que se refiere a soberanía y control territorial, merecen un enfoque global acerca del uso de espacio, sin restringir la posibilidad de que Colombia desarrolle operaciones espaciales, en beneficio y contribución de su vigilancia territorial, desarrollo social y económico del país; entre muchas otras actividades, que serán analizadas en el presente capítulo, incluidas las consideradas por Carlos Duarte Muñoz (2018):

- Verificación y mantenimiento de la salud de la nave espacial.
- Colocación de la nave en su órbita de trabajo.
- Envío de instrucciones y reconfiguración de la nave espacial.

- Control y mantenimiento de la órbita.
- Recolección de datos de la misión.
- Detección, identificación y solución de anomalías.

En este sentido, se resalta la importancia de una Fuerza Aérea como plataforma espacial para el Estado. En consecuencia, la participación de la FAC dentro de la CCE es fundamental para viabilizar las operaciones espaciales del país; como las anteriormente descritas, las cuales serán ampliadas en apartados siguientes, conforme a lo establecido en el CONPES 3983, denominado Política de Desarrollo Espacial: condiciones habilitantes para el impulso de la competitividad Nacional (2020).

Para todo lo anterior, se requiere romper paradigmas respecto a la tecnología necesaria para alcanzar los objetivos trazados por la CCE en la ruta hacia el espacio. La Universidad Sergio Arboleda, con su satélite Libertad-1 (2020), puesto en órbita en el 17 de abril de 2007 y la Fuerza Aérea Colombiana con el FACSAT-1 en el 2018, demostraron que el ingenio y la aplicación académica y científica permiten lograr grandes cosas como lo planteado anteriormente. Sin embargo, el tamaño de las operaciones espaciales que requiere Colombia implica la puesta en marcha y la ejecución de lo previsto en cada CONPES.

La complejidad que las operaciones espaciales le pueden brindar al desarrollo nacional permitirá que Colombia acceda a nuevas capacidades competitivas y, como se menciona, a nuevas oportunidades de desarrollo en todos los sentidos. El próximo satélite que envíe la FAC al espacio deberá ser partícipe de estos objetivos nacionales. Precisamente, en relación con la puesta en órbita del próximo satélite en el futuro cercano, el doctor Raúl Andrés Joya Olarte afirma que:

> Tenemos que centrarnos en el objetivo, la misión que debe desarrollar un artefacto de estos. La Fuerza Aérea ya hizo una primera experiencia con el FACSAT-1, pero esta segunda experiencia tiene que ir ya más apalancada y deberá fundamentarse en los servicios que prestaría un satélite de observación de la Tierra. En este orden de ideas, recoger las necesidades que no solamente tenga la Fuerza, porque seguramente las prestaciones que se requerirían para servicios de inteligencia, seguridad y defensa son bastante altas y los recursos desconozco si estarán a esa altura. […] El nuevo satélite debe tener las prestaciones para que preste servicios a nivel académico y a nivel de algunas instituciones del Estado, que serían como: el IDEAM (servicio meteorológico), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, que complementarían tareas muy

> importantes como la del catastro multipropósito, la agricultura de precisión, la minería ilegal o la prevención de desastres naturales.
>
> Necesitamos que la Fuerza Aérea consolide los grupos de investigación que por diferentes áreas ya están trabajando en Faca, Medellín y Cali, con diferentes proyectos de investigación. Tener siempre una persona de segunda línea para que no se pierda el trabajo adelantado. (R. Joya, entrevista virtual, 30 de junio de 2020)

Las aspiraciones espaciales del Estado colombiano

La historia de las aspiraciones que tiene Colombia por alcanzar el espacio no es reciente, por el contrario, se remonta a 1969, conforme lo relata el Consejo Nacional de Política Económica y Social (2020, p. 10), en el documento CONPES 3983. Desde entonces, y a lo largo de las últimas décadas, el Gobierno colombiano ha tenido diferentes intenciones por alcanzar el espacio, a través de varios proyectos para la adquisición de satélites y la formulación de lineamientos para acceder al bien común planetario. De hecho, la necesidad de incorporar una tecnología completamente autónoma es importante para desarrollar la carrera espacial colombiana.

En el mismo documento CONPES 3983, del que hacen parte activa el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, se resalta la importancia y la necesidad de que:

> las tecnologías espaciales para la educación, la salud, la vigilancia ambiental, la exploración y gestión de recursos naturales, la atención de desastres, el monitoreo de los usos del suelo, las previsiones meteorológicas, el cambio climático, el transporte terrestre, la navegación marítima, fluvial y aérea y las telecomunicaciones, entre otras temáticas, orientadas al desarrollo económico, cultural y social sostenible. (2010, p. 5)

Precisamente, en esta Política Económica y Social, se resalta la necesidad de formular una política que impulse el desarrollo espacial, a partir de "condiciones habilitantes para que las tecnologías espaciales sean un impulsor de la productividad, la diversificación y la sofisticación de la economía colombiana" (CONPES 3683, 2010, p. 3).

En este orden de ideas, el documento presenta la que denominada "Política de Desarrollo Espacial: condiciones habilitantes para el impulso de la competitividad nacional", en la cual, el objetivo que se traza es el de:

> plantear una política pública desde la cual se generen las condiciones habilitantes para que el país pueda explotar el sector espacial para mejorar la productividad, la diversificación y la sofisticación del aparato productivo colombiano, en línea con el Documento CONPES 3866 Política Nacional de Desarrollo Productivo. (CONPES 3983, 2020, p. 3)

Lo anterior se encuentra alineado con la promoción de "la cooperación internacional en los usos pacíficos del espacio ultraterrestre" (UNOOSA, 2020) de la Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA). Además, refuerza las aspiraciones de la Comisión Colombiana del Espacio creada en el año 2006 y que tiene dentro de sus propósitos los objetivos sectoriales específicos, para una primera impresión de lo que serán las operaciones espaciales para Colombia.

De acuerdo con lo determinado en el CONPES 3683 de 2010, estos objetivos son los correspondientes a siete campos de acción: "1) Telecomunicaciones, 2) Navegación Satelital, 3) Observación de la Tierra, 4) Astronáutica, Astronomía y Medicina Aeroespacial, 5) Gestión del Conocimiento y la Investigación, 6) Asuntos Políticos y Legales y 7) Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales -ICDE" (p. 27).

Para fundamentar y dar el sentido de operaciones espaciales, que coadyuvan a las intenciones que tiene el Estado colombiano; en especial por involucrar los sectores privado y público para lograr el objetivo espacial de manera intersectorial e interinstitucional, el CONPES 3683, al hablar de campos de acción y correlacionar la definición en la parte inicial del presente capítulo, mencionó que las operaciones espaciales son "las acciones que se realizan para mantener una misión espacial" (Duarte Muñoz, 2018).

Por lo anterior, las operaciones espaciales son las acciones que, en conjunto con el Estado colombiano, se proyecta realizar como parte de la ruta hacia el espacio exterior, lógicamente en beneficio "económico y social […] que trae consigo el uso de tecnologías espaciales […así como el] efecto […] en la productividad y competitividad del país" (CONPES 3983, 2020, p. 9). Sin embargo, "el horizonte de esta política es hasta diciembre de 2021 y requerirá recursos por 1.904 millones de pesos para su implementación" (p. 4), lo cual dependerá de un decidido y esperado apoyo inicial de la Vicepresidencia de la República para que alcance Colombia el dominio del espacio.

Esta es una primera aproximación a la clasificación de las operaciones y acciones espaciales referidas anteriormente, que vincula los campos de acción, la definición que las agrupa y de la cual nos podemos servir en beneficio del concepto

de operaciones espaciales común para el Estado-nación (Telecomunicaciones, Navegación Satelital, Observación de la Tierra, Astronáutica, Astronomía y Medicina Aeroespacial, Gestión del Conocimiento y la Investigación, Asuntos Políticos y Legales e Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales -ICDE).

Además de estar definidas y determinadas por el Consejo Nacional de Política Económica y Social, pueden vincular también a aquellas que se encuentran en el libro *El Espacio Exterior: Una Oportunidad Infinita para Colombia. Mirando hacia las Estrellas: Una Constante Necesidad Humana,* editado por Carlos Álvarez y Giovanny Corredor (2019), en donde consideraron que estas se dividían en 4 categorías: "civiles, comerciales, militares y de inteligencia, considerando que ellas tienen implicaciones con los elementos del poder nacional: diplomático, militar, económico, tecnológico e informativo" (2019, p. 45).

Por lo anterior, se puede entender que en esta clasificación de las 4 categorías anteriormente relacionadas, están involucrados diferentes elementos del poder. Además, más adelante se ponen en consideración y se integran las operaciones militares que se proyectan como la columna vertebral de la política espacial colombiana.

Lo mencionado se establece conforme a la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos de las Naciones Unidas, así como las "cuestiones relativas a la teleobservación de la Tierra mediante satélites, incluidas las aplicaciones para los países en desarrollo y la vigilancia del medio ambiente terrestre" (Naciones Unidas, 2019), en la que delegaciones, tanto nacionales como internacionales, hicieron una examinación al detalle de los datos que la teleobservación pueden ofrecer y, con ello, la adopción de decisiones estratégicas al respecto. Dentro de los resultados de dicho examen fueron citadas:

- La cartografía
- La planificación territorial
- La cartografía catastral
- La meteorología
- La teleeducación y la telesalud
- La gestión de desastres
- La protección del medioambiente
- La gestión de los recursos naturales
- La vigilancia oceanográfica
- El cambio climático
- La promoción del desarrollo sostenible

- La vigilancia de la calidad del aire para detectar la presencia de aerosoles y contaminantes
- La vigilancia de las variables climáticas esenciales
- La gestión de desastres y las evaluaciones de la vulnerabilidad
- La pérdida de ozono
- La gestión de ecosistemas
- La silvicultura
- La hidrología
- La meteorología y la previsión de fenómenos meteorológicos extremos
- La vigilancia de la temperatura de la superficie del mar y la vigilancia de los vientos
- La cartografía y el estudio de los glaciares
- La vigilancia de los cultivos y el suelo
- El riego
- La agricultura de precisión
- La detección de aguas subterráneas
- El clima espacial
- La seguridad y la aplicación de la ley
- La cartografía de minerales (p. 17)

Por lo anterior, se evidencian múltiples oportunidades para países en vías de desarrollo como Colombia, en los que el uso del espacio puede proveer grandes beneficios y reducción de brechas, donde la Fuerza Aérea Colombiana debe convertirse en eje fundamental para las aspiraciones espaciales colombianas, lo que permitirá ser el resultado de un trabajo en sinergia en la trilogía Estado-Sector privado-Sector académico.

El compromiso de la Fuerza Aérea Colombiana dentro de la Comisión Colombiana del Espacio

De acuerdo con lo establecido en el Decreto 2442 (2006), la FAC es uno de los 23 miembros que conforman la Comisión Colombiana del Espacio[1], de hecho, se desempeña en el ejercicio de la Secretaría Técnica (CONPES 3983, 2020, p. 39),

1 Vicepresidencia de la República, Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio de Defensa Nacional, Ministerio de Educación Nacional, Ministerio de Comunicaciones, Ministerio del Interior y de Justicia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Transporte, Departamento Nacional de Planeación, Fuerza Aérea Colombiana, Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ideam, Colciencias, Agencia Presidencial para la Acción Social y la Cooperación Internacional.

y en cuya organización, tiene establecidas líneas de acción que le imprimen un liderazgo dentro de la misma CCE, de cara a su contribución en el desarrollo y progreso que Colombia necesita, para la reducción de las brechas con los países más desarrollados y para alcanzar otros límites que le permitan proyectar un mejor destino.

En este orden y según lo planteado en el CONPES 3983 (2020), la FAC tiene asignadas dos líneas de acción, las cuales suponen un gran compromiso organizacional y nacional, lo que la convierte en un eje fundamental para el cumplimiento de muchos de los objetivos del Estado colombiano.

La primera línea de acción, que corresponde a la generación de "condiciones habilitantes para dimensionar y resolver las barreras de entrada a la iniciativa que contribuyan a la productividad, diversificación y sofisticación del aparato productivo del país" (CONPES 3983, 2020, p. 32), está establecida de la siguiente manera; conforme a la línea de acción 2.2:

> Cierre de brechas de capacidades en innovación emprendimiento y transferencia de conocimiento y tecnología. El Ministerio de Defensa Nacional, a través de la FAC, con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, diseñará una estrategia para ofrecer servicios satelitales en Colombia desde las capacidades del sector defensa al servicio de la ciudadanía en general, el Gobierno nacional, autoridades territoriales, la empresa privada y la academia. El propósito de esta acción es elaborar una estrategia de comercialización de los servicios que puede ofrecer el sector defensa a la ciudadanía, tales como la información que captura el satélite de observación de la tierra FACSAT-1, facilitando el sostenimiento de este tipo de operaciones y su expansión. Esta estrategia deberá estar finalizada antes del 30 de septiembre de 2020. (p. 34)

Lo anterior comprende, entonces, la puesta en marcha de una estrategia para el desarrollo de capacidades y ejecución de operaciones espaciales, en beneficio común para la población colombiana. Estas actividades deberán desprenderse de los mencionados campos de acción del Estado colombiano en materia espacial.

Según esto, los campos de acción conforman una línea para el desarrollo de operaciones espaciales que la CCE debe implementar a partir de las capacidades que en conjunto se desarrollen desde ya, a fin de cumplir las metras trazadas por la línea de acción. Todo esto, con el esfuerzo en infraestructura, así como de doctrina y organización de la FAC para poder llevar a Colombia al espacio.

La segunda línea de acción (3.2. Definir líneas estratégicas para el desarrollo espacial y transferencia de conocimiento entre el ámbito civil y el militar)

establece que se "realizará un estudio costo-beneficio sobre las diferentes alternativas de adquisición de infraestructura espacial de observación de la Tierra" (CONPES 3983, 2020, p. 36), el cual debió estar listo el 30 de septiembre de 2020.

Esta tarea implica buscar inversión y posiblemente ayuda extranjera, para establecer una infraestructura adecuada que permita desarrollar capacidades espaciales, en beneficio nacional, en el que se incluye lógicamente la defensa, propios de un Estado interesado en hacer uso del espacio exterior para potencializar el desarrollo colombiano como sería, por ejemplo, el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En este aspecto la capacidad para usar el espacio permitiría entender mejor, interpretar y combatir los efectos negativos del cambio climático, la polución, la deforestación, las sequías o las temporadas de mucha lluvia, el control de nevadas, el seguimiento de los suelos, para el crecimiento de cultivos, el seguimiento a determinados patrones de enfermedades infecciosas, entre muchas otras más.

Precisamente será el presupuesto el que garantice alcanzar la línea de acción, por lo que desde ahora se hace necesario su definición, para cumplir con la totalidad de esta, de lo contrario, la responsabilidad de la demora en cumplirlo o el fracaso, recaerá distributivamente en los diferentes niveles organizacionales de la CCE y del gobierno de turno.

Lo anterior refleja no solo un reto para el gobierno, la CCE y en especial para la FAC, sino una oportunidad única de participar más allá de las fronteras del aire, incorporando lógicamente el espacio exterior como nuevo recurso de dominio y explotación en beneficio de la patria.

Las capacidades distintivas de la Fuerza Aérea Colombiana

Distintivo, en el sentido simple, corresponde a una habilidad que solo puede hacer una entidad u organización de manera significativamente bien y que la distingue de las demás organizaciones, cuya misionalidad o capacidades no le alcanzan para igualar a quien sí las posee (Portafolio, 2009).

Las capacidades distintivas que desarrolla la FAC resaltan las posibilidades de gestionar las actividades espaciales, no solo en beneficio de la institución, sino más allá, es decir, en beneficio del país a través de la CCE. Además, la misión y la visión que la FAC ha reestructurado recientemente, serán fundamentales para darle sentido y dirección a la CCE. Por lo tanto, las capacidades actuales, la reestructuración para el 2042 y los adelantos en materia espacial le permitirán al país contar con una Fuerza Aérea lista y preparada para llevar a Colombia al espacio.

En este orden de ideas, las capacidades distintivas nacen de una necesidad de nación que, solo en el caso de la Fuerza Aérea Colombiana, estructura un plan estratégico a largo plazo y proyecta cumplir de acuerdo con la misión y visión anteriormente mencionadas, las cuales serán relatadas y analizadas a continuación, para evidenciar el futuro espacial colombiano a partir del impulso decidido de la institución.

La primera de las capacidades distintivas[2] es la de "Control del Espacio Aéreo", la cual está definida como:

> Una actividad primordial y esencial bajo la cual se crean las condiciones necesarias para brindar libertad de acción a las fuerzas amigas, en la realización de operaciones para la defensa de la soberanía, la independencia, la integridad territorial y del orden constitucional. (FAC, 2020b, p. 8-2)

Lo anterior implica "el uso y explotación del espacio aéreo nacional, así como el logro de la superioridad aérea" (FAC, 2020b, p. 8-2), para dar paso a otra capacidad distintiva, como es la de dar respuesta inmediata y decisiva ante la agresión de amenazas internas y externas. Esto contribuiría a fortalecer las capacidades actuales, además de una posible y futura integración de los medios de vigilancia y cobertura del espacio aéreo con los que se cuenta actualmente, con medios espaciales por adquirir o desarrollar, lo que permitiría ampliar no solamente la vigilancia, sino extender las comunicaciones aeronáuticas (SATCOM), entre muchas más posibilidades de desarrollo. De ese modo se podría dar cumplimiento a las mejoras establecidas en el Plan de Navegación Aérea impuesto por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) para el 2030, no solo para Colombia, sino para toda la aviación mundial (OACI, 2018, p. 95).

La siguiente capacidad distintiva es la de asegurar la superioridad ciberespacial en operaciones aéreas y espaciales, que involucra una gran iniciativa de la Fuerza Aérea, de cara al futuro y el compromiso con la seguridad y defensa, así como la contribución a los fines esenciales del Estado (FAC, 2020b, p. 8-5)[3]. Dicha capacidad consiste en integrar el poder ciberespacial con las operaciones que ejecuta la FAC a fin de buscar una superioridad ciberespacial para el empleo

2 El Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial (MABDA) contiene 19 capacidades distintivas. En este apartado serán analizadas únicamente 5, las cuales están directamente relacionadas con el desarrollo espacial y ciberespacial para Colombia, desde la visión de la Fuerza Aérea Colombiana.

3 Esto no implica que deje de ser importante la estructuración de los intereses nacionales para Colombia. Los fines esenciales del Estado no reemplazan una necesidad de aseguramiento de unos intereses que delimiten el futuro y la supervivencia de todo el pueblo colombiano.

del PAEC (Poder aéreo, espacial, ciberespacial) (FAC, 2020b, p. 4-1), lo cual permite la operación segura de la FAC en todo el territorio nacional y, con ello, contribuir al esfuerzo militar del control territorial.

Otra de las capacidades distintivas es la de "Multiplicar el Poder Aéreo y Espacial usando el Ciberespacio como medio apoyo y alterno a los cursos de acción de otros dominios" (FAC, 2020b, p. 8-5):

> Esta capacidad se emplea mayormente en aspectos relacionados con el desarrollo normal sin restricciones de la Fuerza, por ejemplo, respecto a la capacidad de proveer servicios a la navegación aérea o meteorológicos, a través del [Ciberespacio] CS se puede realizar enlace de datos satelitales (protegidos de ataques) a unidades desplegadas en cualquier lugar. (FAC, 2020b, p. 8-6)

Lo anterior vincula lo contenido en el CONPES 3683 de 2010, como objetivos que corresponden a siete campos de acción mencionados anteriormente, lo que le permitirá a la FAC desarrollar, tecnificar y dar cumplimiento a las disposiciones allí contempladas, además de realizar operaciones del ámbito militar y cooperar activamente en lo determinado en la Línea de Acción 2.2, relacionada anteriormente, que trata del diseño de una estrategia puesta al servicio de información satelital en beneficio de la seguridad y del pueblo colombiano.

La siguiente capacidad distintiva, denominada "Acceso y explotación del espacio ultraterrestre" (FAC, 2020b, p. 8-6), "con libertad y autonomía" (p. 4-15), guarda estrecha relación con la capacidad anterior. Sin embargo, en la adaptación de estas capacidades se busca hacerlo con el empleo del Grupo Aéreo del Oriente (GAORI), ubicado en Vichada, para la realización de las pruebas aeroespaciales, gracias a su ubicación estratégica y de baja interferencia con los corredores aéreos de la infraestructura aeronáutica colombiana. De hecho, el GAORI al "estar localizado en el oriente colombiano con una superficie bastante despoblada, se presta para hacer ese tipo de prácticas que, con las debidas precauciones y lógicamente con seguridad y protocolos, se podrán hacer avances interesantes" (R. Joya, entrevista virtual, 30 de junio de 2020).

Lo anterior permitirá la participación de la CCE en conjunto, para la inversión en proyectos espaciales, así como la vinculación de los sectores nacionales y extranjeros interesados en el desarrollo espacial colombiano. Sin embargo, será necesaria la inversión del Estado en general, para la adecuación progresiva de este escenario como el centro de pruebas y lanzamientos, que en el futuro se estime alcanzar.

La quinta y última de las capacidades distintivas, corresponde a la "conducción de operaciones espaciales" (FAC, 2020b, p. 8-6). Quizá la esencia del presente capítulo dedicado al tema de las operaciones espaciales. La mencionada capacidad habla de:

> la ejecución de operaciones espaciales, controlando y operando activos espaciales, a través de la infraestructura espacial terrena que incluye estaciones de control, para descarga de datos, de análisis, procesamiento y generación de productos que dan respuesta a los requerimientos de seguridad y defensa, al tiempo que brindan soporte a la planeación y ejecución de la estrategia militar general. (FAC, 2020b, p. 8-6)

La anterior guarda relación directa con otras capacidades distintivas relacionadas en el mismo apartado, que además de relacionarse con asuntos espaciales, guarda correspondencia con aspectos propios y misionales de la FAC. De estas, puede mencionarse el "Apoyo al desarrollo económico y social del país" (FAC, 2020b, p. 8-4), en contribución a diferentes organismos estatales.

También está el "Compromiso con el control y la protección del medio ambiente" (p. 8-4), en el que la FAC participa a través de su liderazgo en las actividades, "que involucran la protección del medio ambiente y la preservación de recursos naturales, en perspectiva de convertirlos en programas de desarrollo socioeconómico para el país y como cuotas de participación en proyectos de interés global" (p. 8-4). Precisamente, lo anterior no solo está definido en el MABDA, sino en la línea de acción del CONPES 3683.

Además, está la capacidad distintiva de la "Gestión de los servicios a la navegación aérea de la Fuerza Pública" (FAC, 2020b, p. 8-4), que incluye la responsabilidad de los servicios de navegación aérea de la Fuerza Pública, lo cual permite, con lo anterior, fortalecer igualmente las capacidades de la aviación de Estado.

Se concluye que todas las anteriores capacidades distintivas le proporcionan a Colombia como Estado ventajas cooperativas del uso del PAEC como elemento de sinergia a las operaciones, acceso a la globalidad, la permisibilidad y flexibilidad de variedad en cursos de acción, eficacia en los efectos, unidad de mando en el uso del espacio aéreo y ciberespacio por delegación estatal, aplicación de las propias capacidades más allá de los teatros de operación. Así, se reducen brechas con los países de la región y, finalmente, ampliación de las líneas de coordinación que serán amplificadas con el permanente desarrollo aeroespacial colombiano (FAC, 2020b, p. 8-1).

Operaciones espaciales: integración de la FAC con el Estado-nación

En este apartado, se busca proyectar lo que son las operaciones espaciales conforme a la Tabla 1, donde se exponen las operaciones mencionadas en el libro *El espacio exterior: una oportunidad infinita para Colombia. Mirando hacia las estrellas: una constante necesidad humana* (Álvarez & Corredor, 2019, p. 45); igualmente, se incluyen las relacionadas por el Gobierno de México (Duarte Muñoz, 2018). Además, se encuentran las operaciones referenciadas en los campos de acción del Documento CONPES 3683 para la formulación del Programa Nacional de Observación de la Tierra, que incluye el diseño de un Programa Satelital Colombiano (CONPES 3683, 2010). Finalmente, se vincula la nueva doctrina de la Fuerza Aérea Colombiana con énfasis en el dominio del Espacio (FAC, 2020b).

Tabla 1. *Construcción de enfoques que relacionan las operaciones espaciales*

Operaciones espaciales de acuerdo con Carlos Álvarez y Giovanny Corredor (eds.) (2019, p. 45).	Operaciones espaciales según el concepto del Gobierno de México (Duarte Muñoz, 2018)	Campos de acción de acuerdo con el Documento CONPES 3683 (CONPES 3683, 2010)	Nueva Doctrina FAC. cambio de misión y visión estratégica al año 2042, con énfasis en el dominio del espacio (FAC, 2020a)
Civiles. Comerciales. Militares. De inteligencia.	Verificación y mantenimiento de la salud de la nave espacial. Colocación de la nave en su órbita de trabajo. Envío de instrucciones y reconfiguración de la nave espacial. Control y mantenimiento de la órbita. Recolección de datos de la misión. Detección, identificación y solución de anomalías (2018).	Telecomunicaciones. Navegación satelital. Observación de la Tierra. Astronáutica, astronomía y medicina aeroespacial. Gestión del conocimiento y la investigación. Asuntos políticos y legales. Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE).	Contrapoder Espacial ofensivo. Contrapoder Espacial defensivo. Acceso al espacio. Explotación de activos espaciales[4].

Fuente: Elaboración propia

4 La explotación de activos espaciales tiene vínculo directo con los campos de acción de Estado en materia espacial. Esto será tratado más adelante en el presente capítulo.

Por lo anterior, se puede observar lo siguiente, no sin antes afirmar "que el espacio ha perdido los últimos años su carácter exclusivamente militar" (Tamame, 2002, p. 228), por lo que el futuro requiere la participación de todos los sectores en convergencia al mismo objetivo común:

- Es claro que las operaciones espaciales son un sistema nodal que comprende lo civil, lo comercial, lo militar y la inteligencia, como los grupos macro a los que se integran los demás poderes. Esto es parte de lo que se conoce como Estado, el conjunto de toda una nación empujando el desarrollo espacial.
- Las operaciones espaciales establecidas en el sitio del gobierno mexicano, denominado: "Operaciones Espaciales Concepto del Gobierno de México" (Duarte Muñoz, 2018), concretan el sentido de las anteriores y trazan un vector orientador hacia dónde dirigir las operaciones en el espacio.
- Las terceras, son el resultado de la política estatal para el desarrollo espacial; en el caso colombiano el CONPES 3983. Sin embargo, por encima del documento debe haber una ley rectora o política de Estado, que delimite la cadena de eventos que lleven al país al espacio, como una oportunidad de desarrollo económico y social.
- La última se constituye la ejecutora de la política espacial colombiana a través de la FAC; además de la conducción de las operaciones militares espaciales, de acuerdo con las capacidades distintivas mencionadas anteriormente, y que le permiten dar cumplimiento al artículo 217 de la CPC (Constitución Política de Colombia, 1991), multiplicando adicionalmente las capacidades de las Fuerzas Militares, el sector privado, la academia y en conjunto al Estado, en el nuevo escenario que se proyecta dominar.

Como se propone, entonces, las dos últimas columnas de la tabla 1 delimitan un paralelo de desarrollo y seguridad, además de ser puntos coincidentes entre la CCE y la FAC.

Por una parte, serán abordados los campos de acción trazados por el gobierno colombiano y, luego, las misiones espaciales de la FAC, producto de la reestructuración y estrategia para el año 2042 (FAC, 2020a), a fin de desarrollar las operaciones espaciales de defensa y seguridad nacional, y que también deberán estar al servicio de las primeras. Lo anterior no significa que sean caminos separados, por el contrario, generarían mutua sinergia si se actúa en conjunto, más aun si el esfuerzo de todos se proyecta como uno solo en beneficiode la Nación.

La Tabla 2 presenta los siete campos de acción con sus respectivos miembros de la CCE, responsables de su desarrollo:

Tabla 2. *Campos de acción y sus responsables*

Campo de acción	Miembro CCE responsable
Telecomunicaciones	Ministerio de las Comunicaciones
Navegación satelital	Aeronáutica Civil
Observación de la Tierra	IDEAM
Astronáutica, Astronomía y Medicina Aeroespacial	Fuerza Aérea Colombiana
Gestión del Conocimiento y la Investigación	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación
Asuntos Políticos y Legales	Cancillería de la República
Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE)	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
Operaciones Espaciales FAC	
Explotación de Activos Espaciales	Fuerza Aérea Colombiana

Fuente: Elaboración propia

A continuación se detallan los campos de acción, establecidos en la tabla anterior, a fin de demostrar las operaciones espaciales, analizadas en el presente apartado.

Telecomunicaciones

De acuerdo con lo establecido en el Convenio Internacional de Telecomunicaciones realizado en Nairobi en 1982 (UIT), el término de telecomunicación se definió como "toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos" (p. 150).

Las telecomunicaciones se encuentran regidas por el anterior convenio internacional, bajo el Principio de Aplicabilidad del Derecho Internacional, establecido en el documento de las Naciones Unidas, denominado *Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el espacio ultraterrestre* (2002, p. 45).

En la actualidad, la telecomunicación, de manera concreta "es la utilización de satélites para la transmisión telefónica y de datos de alta velocidad a los aviones, buques y trenes de alta velocidad, lo cual permite a los pasajeros comunicar mientras se desplazan utilizando sus propios teléfonos móviles" (Lewis, 2020).

Las telecomunicaciones espaciales comenzaron su historia en 1957, cuando se puso en órbita, el primer satélite artificial denominado Sputnik 1, lo que dio inicio a la Era espacial, luego de lo cual llegaría el primer satélite geoestacionario puesto en órbita (Lewis, 2020) y de ahí en adelante, el acceso progresivo de muchos países, de los cuales Colombia ya es parte.

Para lograr esto, la infraestructura se ha desarrollado en gran medida hasta el día de hoy, abarcando estaciones terrenas (ubicaciones fijas) que establecen la comunicación con los satélites, con vehículos, buques y hasta aviones (servicio móvil) y finalmente para la "recepción de contenidos de radiodifusión destinados al público en general (el servicio de radiodifusión por satélite)" (Lewis, 2020).

Además de los servicios anteriores, las telecomunicaciones sirven igualmente para aplicaciones satelitales de mayor complejidad y especialización para la ciencia, en la exploración, operaciones espaciales y enlaces satelitales (Lewis, 2020). Por lo tanto, estas comunicaciones vía satelital:

> pueden recibirse en pueblos lejanos, buques en alta mar, aviones y zonas sin infraestructura o donde ésta haya sido temporalmente dañada por desastres de origen natural o humano. También pueden servir para mejorar la enseñanza, los servicios de salud y el nivel de vida, y ofrecen posibilidades especiales para los más necesitados y vulnerables de zonas devastadas. Juntamente con otras instalaciones terrestres dan acceso al sistema de alcance mundial que es la *World Wide Web*. (Naciones Unidas, 2006)

En Colombia, el Ministerio de Comunicaciones es el responsable principal de las telecomunicaciones de acuerdo con la CCE. Tiene como objetivo lograr que "Todos los colombianos [estén] conectados —inclusión digital—, mediante el uso directo e indirecto de las tecnologías espaciales de telecomunicaciones y los productos, servicios y aplicaciones derivados de estas tecnologías" (Comisión Colombiana del Espacio, 2020).

El comienzo de la era espacial colombiana puede partir desde las telecomunicaciones,

> porque probablemente nos va a dar una forma más rápida de financiarlo; tanto económicamente como por su uso y eso daría pie posiblemente a un buen satélite de observación de la Tierra […], había que trabajar con el Ministerio de las Nuevas Tecnologías y Comunicaciones, para sacar buen provecho, porque realmente tenemos una posición desaprovechada, y Colombia necesita un satélite de telecomunicaciones para brindar información, educación a todos los colombianos de forma igualitaria y con muy buen nivel. (R. Joya, entrevista virtual, 30 de junio de 2020)

Navegación satelital

La navegación es una "actividad consistente en planificar, registrar y controlar el desplazamiento de una embarcación, aeronave o vehículo de un lugar a otro" (Naciones Unidas. 2013). Por consiguiente, la navegación satelital se logra y es más eficiente con la ayuda de satélites en la órbita geoestacionaria.

En la CCE, este desarrollo fue asignado a la Aeronáutica Civil, cuyo objetivo es el de "implementar, poner en marcha y aplicar las tecnologías satelitales en la navegación terrestre, aérea, fluvial y marítima, en la seguridad de las personas, la industria y el comercio" (Comisión Colombiana del Espacio, 2020).

La navegación satelital tiene vinculación directa con la capacidad distintiva de la Fuerza Aérea Colombiana de "Multiplicar el Poder Aéreo y Espacial usando el ciberespacio como medio de apoyo y alterno a los cursos de acción de otros dominios" (FAC, 2020b, p. 8-5), mencionada en líneas anteriores, a través de facilitación de estos servicios de navegación para asuntos meteorológicos.

Observación de la Tierra (teledetección)

De acuerdo con los Tratados y Principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, la teleobservación es:

> la observación de la superficie terrestre desde el espacio, utilizando las propiedades de las ondas electromagnéticas emitidas, reflejadas o difractadas por los objetos observados, para fines de mejoramiento de la ordenación de los recursos naturales, de utilización de tierras y de protección del medio ambiente. (Naciones Unidas, 2002, p. 48)

Adicional a lo anterior, el CONPES 3683, que trata de los Lineamientos para la formulación del Programa Nacional de Observación de la Tierra, incluye el diseño de un Programa Satelital Colombiano y define la observación de la Tierra como "herramientas que permiten conocer el territorio nacional y contribuyen en la gestión del desarrollo del país, en la medida que con ellas, el Gobierno puede realizar una planificación estratégica que conduzca a mejorar la toma de decisiones" (CONPES 3683, 2010, p. 2).

Para aunar esfuerzos y con el propósito de desarrollar las capacidades en observación de la Tierra, la CCE implementó el *Programa de Investigación en Desarrollo Satelital y Aplicaciones en el Tema de Observación de la Tierra,* donde se definió una estructura organizacional con base en cuatro líneas: (i) Aplicaciones, (ii) Ingeniería satelital, (iii) Gestión del conocimiento y (iv) Gestión y aseguramiento de la calidad (CONPES 3683, 2010, p. 28).

En un principio, la teledetección fue "una técnica encaminada a proporcionar datos para el conocimiento de la atmósfera y de la superficie terrestre y marítima" (Denore & García, 1999, p. 81). De hecho, puede considerarse la teledetección como la base de la observación espacial para una serie de capacidades de desarrollo que han ampliado el conocimiento del planeta y del universo. Por consiguiente, de este apartado saldrán esas capacidades enunciadas dentro de las denominadas operaciones espaciales.

Las primeras misiones de teleobservación surgieron con los satélites dedicados a la meteorología y los de recursos naturales, acondicionados con una mayor tecnología para diseños cartográficos (Denore & García, 1999, p. 82). Lo mencionado da como resultado la información que permite analizar, prevenir y pronosticar, gracias al siguiente aporte:

> Por "datos primarios" se entiende los datos brutos recogidos mediante equipos de teleobservación transportados en un objeto espacial y que se transmiten o se hacen llegar al suelo desde el espacio por telemetría, en forma de señales electromagnéticas, mediante película fotográfica, cinta magnética, o por cualquier otro medio; c) Por "datos elaborados" se entiende los productos resultantes de la elaboración de los datos primarios necesaria para hacer utilizables esos datos; d) Por "información analizada" se entiende la información resultante de la interpretación de los datos elaborados, otros datos básicos e información procedente de otras fuentes; e) Por "actividades de teleobservación" se entiende la explotación de sistemas espaciales de teleobservación, de estaciones de recepción y archivo de datos primarios y las actividades de elaboración, interpretación y difusión de datos elaborados. (Naciones Unidas, 2002, p. 48)

En Colombia, la responsabilidad de la Observación de la Tierra recae en manos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), "que a su vez se soporta en la articulación de más de 20 Instituciones del sector ambiental, la academia, el sector privado, que son productores o beneficiarios de información a partir del uso de tecnologías espaciales en este campo" (IDEAM, 2020).

Los objetivos del grupo de Observación de la Tierra son:

> Aplicar las tecnologías espaciales de observación de la Tierra, para mejorar el conocimiento del territorio y dar soporte a la gestión. Como objetivos específicos se tiene:
>
> 1. Estimular acceso, uso e intercambio, tanto nacional como internacional de información basada en sensoramiento remoto.

2. Fortalecer acciones interinstitucionales públicas y privadas para optimizar la inversión y utilización de los recursos en la aplicación masiva de tecnologías de observación de la Tierra (IDEAM, 2020).

En suma, la observación de la Tierra es una de las operaciones más importantes que tiene por desarrollar la CCE, necesariamente con la participación activa de la FAC, como contribución al esfuerzo principal del IDEAM junto con el grupo con el que adelanta la misión de la CCE. Además, a través de lo avanzado hasta el momento desde la academia y la experiencia lograda con la puesta en órbita del FACSAT-1, se puede aportar al desarrollo de capacidades distintivas como el "compromiso con el control y la protección del medio ambiente" (FAC, 2020b, p. 8-4), que contribuirá de buena forma a la consolidación de este importante propósito espacial colombiano, y que le permitirá a Colombia, no solamente gestionar y administrar sus propias capacidades, sino que podrá participar del desarrollo sostenible nacional.

Astronáutica, Astronomía y Medicina Aeroespacial

Este campo de acción, que está a cargo de la FAC, tiene por objetivo "promover e impulsar acciones y proyectos en las áreas de astronomía, astronáutica y medicina aeroespacial, con el propósito de contribuir al desarrollo sostenible de Colombia" (Comisión Colombiana del Espacio, 2020).

Asignar esta tarea a la FAC permite desarrollar liderazgo en el camino al espacio ultraterrestre, por cuanto le otorga a la institución la posibilidad de generar acuerdos de desarrollo académico en asuntos espaciales y temas afines, así como impulsar la medicina aeroespacial.

De esta última, si bien es cierto no se encuentra relacionada como una capacidad distintiva, bien podría considerarse como una de ellas por sus grandes avances y desarrollo en materia de medicina aeroespacial, en donde ha podido alcanzar un alto nivel de capacitación, conocimiento y tecnología en beneficio de las tripulaciones; no solo las de la propia FAC, sino, el servicio para las especialidades o armas de aviación de las otras Fuerzas.

Gestión del conocimiento y la investigación

El objetivo fundamental de este campo de acción es el de "coordinar, promover y consolidar acciones e instrumentos tendientes a incrementar el nivel de investigación, generación y gestión de conocimiento, desarrollo tecnológico e innovación en temáticas espaciales" (Comisión Colombiana del Espacio, 2020).

Esta labor está asignada al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias), sin embargo, y de acuerdo con el CONPES 3983, la FAC fue incluida dentro de la generación de conocimiento e investigación mediante:

> Línea de acción 3.2. Definir líneas estratégicas para el desarrollo espacial y transferencia de conocimiento entre el ámbito civil y el militar el Ministerio de Defensa Nacional, a través de la FAC, y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, elaborará un documento de propuesta de líneas estratégicas de CTeI, en lo civil y en lo militar, respecto a las tecnologías satelitales y espaciales, y definirá los mecanismos de transferencia de conocimiento civil-militar de estas líneas a través de la política de contratos de transferencia de conocimiento offset y su articulación con el SNCI.
>
> Estas líneas estratégicas deberán tomar como insumo la identificación de potencialidades en la cadena de valor del sector espacial y la estimación de brechas de capacidades. (CONPES 3983, 2020, p. 37)

La designación de esta planificación representa para la FAC un enorme reto y oportunidad para elaborar, bajo la responsabilidad del Ministerio de Defensa Nacional y en contribución a la misión del MinCiencias, la estructura y la estrategia que regirá los destinos del acceso al conocimiento de la ciencia espacial para Colombia, lo que deberá también beneficiar a la academia y a la industria aeronáutica y espacial colombiana. También, motivará la generación de clústeres, la asignación de presupuesto y la publicación de políticas públicas que impulsen la labor de proyectar a Colombia en el espacio.

Asuntos políticos y legales

El objetivo de este campo de acción es "adoptar una política nacional para elevar el nivel de desarrollo del país en los campos de las ciencias y las tecnologías espaciales, y establecer normas claras que regulen las actividades espaciales en el país" (Comisión Colombiana del Espacio, 2020).

Para lo anterior, la CCE deberá desarrollar la normatividad regulatoria de las acciones estatales para el uso del espacio ultraterrestre. Igualmente, será necesario promocionar en el marco internacional el interés nacional en el espacio y, finalmente, deberá establecer la estrategia necesaria para sacar adelante la ciencia y la tecnología espacial colombiana (Comisión Colombiana del Espacio, 2020).

Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE)

Este campo de acción le corresponde al Instituto Geográfico Agustín Codazzi, cuyo objetivo es el de "aunar esfuerzos institucionales en torno a la organización y suministro de productos y servicios derivados de las tecnologías espaciales, para la consolidación, la producción y masificación del uso de información geográfica fundamental para el desarrollo del país" (Comisión Colombiana del Espacio, 2020).

Explotación de activos espaciales

Este campo de acción, como parte del Contrapoder Espacial de la FAC, implica "el acceso autónomo al espacio y la operación de activos espaciales." (FAC, 2020b, p. 10-3), y en relación a la integración de la FAC con el Estado-nación, precisamente la explotación de los activos espaciales le permite al Estado, con la participación y contribución activa de la institución, dar trámite al país para desarrollar la estructura espacial colombiana en todos los sectores, desde la academia hasta la participación en los lanzamientos satelitales y su mantenimiento, como una contribución estratégica para el sueño espacial colombiano.

Esta operación hace parte del Contrapoder Espacial, cuya "misión contiene las operaciones espaciales por medio de las cuales se neutralizan las capacidades espaciales del adversario o *garantiza la operatividad de las capacidades espaciales propias en soporte a las fuerzas amigas"* (énfasis añadido).

Finalmente y como se pudo observar, en las líneas anteriores, se describieron en general los campos de acción trazados por el Gobierno colombiano y la FAC, en el que se dio cuenta de la integración de lo planeado por el gobierno y las misiones espaciales planteadas a desarrollar por la FAC, en su desarrollo espacial. Lo anterior hace parte de la estrategia institucional de la FAC para el año 2042, en la que se espera tener una consolidación de medios, tecnología, doctrina y capacidades espaciales, en beneficio del desarrollo del Estado y las capacidades misionales de la institución.

Conclusiones

En este capítulo se presentó la definición de operaciones espaciales y frente a este concepto, la FAC desempeña un papel importante a la hora de integrarse dentro del Estado para cumplir aquellas obligaciones en seguridad y defensa que

le competen, así como el desarrollo de las actividades para las que el espacio ultraterrestre es un medio aspiracional necesario. Y, para ello, la CCE a través de los documentos CONPES, ha venido trabajando y asignando tareas estratégicas a cada uno de sus miembros, dentro de loscuales la FAC ocupa un lugar destacado.

Para lo anterior, Colombia como miembro de la Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA), busca, a través de la CCE, alinear la estrategia espacial con la estructuración de siete campos de acción, cuya definición y análisis frente a lo que son las operaciones espaciales y misión de la FAC permitió visibilizar una integración de esfuerzos nacionales viables para cumplir la tarea impuesta.

Para lo anterior, fueron relacionadas las capacidades distintivas espaciales de la FAC previstas en el Plan Estratégico del 2042, como una fortaleza más que presenta la institución para la contribución al esfuerzo de todos en la CCE, lo que servirá de catapulta de lanzamiento.

Finalmente, la integración misional de la FAC a través de la nueva estructura organizacional, doctrina e infraestructura propuesta, evidencia grandes posibilidades de avanzar en los demás temas planteados en el presente capítulo, en especial la realización de las líneas de acción del Estado, establecidas en el documento CONPES 3983 de 2010.

Referencias

Álvarez, C. & Corredor, G. (2019). *El espacio exterior: una oportunidad infinita para Colombia. Mirando hacia las estrellas: una constante necesidad humana* (Vol. 1). Escuela Superior de Guerra y Fuerza Aérea Colombiana.

Comisión Colombiana del Espacio. (2020, 26 de junio). Puerta de acceso a la Era Espacial. Comisión Colombiana del Espacio. https://www.cce.gov.co/

CONPES 3683. (2010, 6 de agosto). Lineamientos para la formulación del programa nacional de observación de la tierra que incluya el diseño de un programa satelital colombiano. Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia. https://shortly.cc/ZhHOy

CONPES 3866. (2016, 8 de agosto). Política nacional de desarrollo productivo. Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia. https://shortly.cc/ew4C0

CONPES 3983. (2020, 13 de enero). Política de desarrollo espacial: condiciones habilitantes para el impulso de la competitividad nacional. Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia. https://shortly.cc/0Is6l

Constitución Política de Colombia. (1991). *Gaceta Constitucional* n.º 116. http://bit.ly/2NA2BRg

Decreto 2442. (2006, 18 de julio). *Por el cual se crea la Comisión Colombiana del Espacio*. Presidencia de la República de Colombia. https://shortly.cc/N0haB

Denore, B. J., & García, M. J. L. (1999). Los satélites de observación de la tierra en el 2000. *Cuadernos de geografía,* (65-66), 81-102.

Duarte Muñoz, C. (2018, 30 de octubre). Nuevas tendencias en las operaciones espaciales. *Hacia el Espacio*. http://haciaelespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=877

Fuerza Aérea Colombiana. (2019, 22 de julio). *Misión y Visión*. Fuerza Aérea Colombiana.

https://www.fac.mil.co/transparencia-y-acceso-informacion-publica/3-estructura-organica-y-talento-humano/mision-vision

Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (2020a). *Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial Fuerza Aérea Colombiana* 2042. Fuerza Aérea Colombiana. https://www.fac.mil.co/edaesfac2042

Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (2020b). *Manual de Doctrina Básica Aérea, Espacial y Ciberespacial* (5.a ed.). Departamento Estratégico de Doctrina Aérea y Espacial.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2020, 9 de julio). Conceptos básicos: Qué es la Comisión Colombiana del Espacio. *IDEAM*. http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/comision-colombiana-espacio-grupo-observacion-tierra

Joya, R. A. (s.f.). Libertad 1: Primer satélite colombiano en el espacio. *Universidad Sergio Arboleda*. https://www.usergioarboleda.edu.co/satelite-libertad-1/

Kowalczyk, E. (2020, 12 de marzo). La teoría que cambió el mundo. Nicolás Copérnico y la revolución del cosmos. *National Geographic*. https://historia.nationalgeographic.com.es/a/nicolas-copernico-y-revolucion-cosmos_13321/1

Lewis, J. (2020, 26 de junio). Procedimientos espaciales: Un análisis más detallado del marco internacional para las redes de satélites. *Unión Internacional de Telecomunicaciones*. https://shortly.cc/yUB7e

Naciones Unidas. (1980, 3 de noviembre). *Ampliación de la comisión sobre la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos* RES RES 35/16. Office for Outer Space Affairs. https://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_35_16S.pdf

Naciones Unidas. (2002). *Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el espacio ultraterrestre*. Naciones Unidas.

Naciones Unidas. (2006, diciembre). *Soluciones Espaciales a los problemas del mundo Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre*. UNOOSA. https://www.unoosa.org/pdf/publications/IAM2006S.pdf

Naciones Unidas. (2013, febrero). *Programa de estudios*. Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre. https://www.unoosa.org/pdf/icg/2013/Ed_GNSS_S_ebook.pdf

Naciones Unidas. (2017a, 13 de enero). *Simonetta Di Pippo: La tecnología del espacio puede ayudar a crear un mundo mejor* [entrevista]. Oficina de la ONU para Asuntos del Espacio Ultraterrestre. https://news.un.org/es/story/2017/01/1371621

Naciones Unidas. (2017b, 9 de noviembre). *Tecnología espacial al servicio del desarrollo en la Tierra*. Objetivos de Desarrollo Sostenible. https://shortly.cc/SQnkm

Naciones Unidas. (2019, diciembre). *Resolución aprobada por la Asamblea General*. 74º Periodo de sesiones. Naciones Unidas. https://shortly.cc/EcQTD

Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA). (2020, 7 de abril). Funciones y responsabilidades. *Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Ultraterrestre.* https://www.unoosa.org/oosa/en/aboutus/roles-responsibilities.html

Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). (2018). *Plan Mundial de Navegación Aérea 2016-2030: Doc. 9750-AN/963* (5.ª ed.). Organización de Aviación Civil Internacional. https://www.icao.int/publications/Documents/9750_cons_es.pdf

Portafolio. (2009, 15 de mayo). Capacidad Distintiva. *Portafolio.* https://shortly.cc/6E2lZ

Real Academia Española. (s.f.). Espacio. *En Diccionario de la Lengua Española*. Asociación de Academias de la Lengua Española. https://www.rae.es/search/node/espacio

Tamame Camarero, J. T. (2002). El poder aeroespacial ya es un hecho. *Arbor: Ciencia, pensamiento y cultura, 171*(674), 217-229. https://doi.org/10.3989/arbor.2002.i674.1029

Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (1982). *Convenio Internacional de Telecomunicaciones*. Secretaría General de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. https://shortly.cc/SQnkm

Capítulo 3

Meteorología espacial: un campo de proyección del espacio exterior colombiano*

DOI: https://doi.org/10.25062/9786287602229.03

Fabio Baquero-Valdés
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

Richard Humberto Cáceres León
Fuerza Aérea Colombiana

Resumen: La presencia del Estado colombiano en el espacio ultraterrestre cobra valor en la proyección espacial de la Nación. Esta condición permite acceder al estudio de la meteorología espacial para entender los fenómenos solares que afectan el clima espacial y las diferentes formas de generación de energía. Del mismo modo, se estudia el efecto de la energía solar en la atmósfera y la magnetósfera terrestre, en particular en las comunicaciones y los sistemas de navegación empleados en las operaciones aéreas; cómo el clima espacial afecta los satélites por su exposición al Sol y a otros fenómenos meteorológicos espaciales, así como a las personas que incursionan en el espacio ultraterrestre y aéreo, y a quienes habitan la Tierra. También se resalta la importancia de la meteorología espacial en el pronóstico y medición de parámetros solares, la detección de eventos solares con prontitud y el suministro de información útil en modelos de predicción del tiempo espacial.

Palabras clave: clima espacial; espacio ultraterrestre; meteorología espacial; operaciones aéreas.

* Este capítulo presenta los resultados del proyecto de investigación "Proyección del empleo de las capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia para la seguridad y defensa nacional", del grupo de investigación Masa Crítica de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", categorizado como A1 por MinCiencias y con código de registro COL0123247. Los puntos de vista pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

Fabio Baquero-Valdés
Magíster en educación de la Universidad Santo Tomás y profesional en administración aeronáutica. Coronel de la Reserva Activa de la Fuerza Aérea Colombiana. Docente ocasional asociado e investigador junior del grupo Masa Crítica en la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto". Orcid: **https://orcid.org/0000-0002-5509-322X** - Contacto: **fabio.baquero@esdeg.edu.co**

Richard Humberto Cáceres León
Doctor en física y meteorología de la Universidad de Barcelona (España), magíster en meteorología de la Universidad Nacional de Colombia y profesional en administración aeronáutica de la Escuela Militar de Aviación. Teniente Coronel de la Fuerza Aérea Colombiana. Jefe del Centro Tecnológico de Innovación Aeronáutica. Orcid: **https://orcid.org/0000-0002-0244-1980** - Contacto: **richard.caceres@fac.mil.co**

Citación APA: Baquero-Valdés, F. y Cáceres León, R. H. (2022). Meteorología espacial: un cam-po de proyección del espacio exterior colombiano. En J. H. Conde Mesa (ed.), *Visión aeroespacial colombiana* (pp. 71-106). Sello Editorial ESDEG. https://doi.org/10.25062/9786287602229.03

VISIÓN AEROESPACIAL COLOMBIANA

ISBN impreso: 978-628-7602-21-2
ISBN digital: 978-628-7602-22-9
DOI: https://doi.org/10.25062/9786287602229

Colección Estrategia, Geopolítica y Cultura
Sello Editorial ESDEG
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes prieto"
Bogotá D.C., Colombia
2022

Introducción

En este capítulo, elaborado bajo la metodología de revisión y análisis documental, se plantean argumentos sobre la importancia que reviste para el Estado colombiano fijar su presencia permanente en el espacio ultraterrestre, mediante el logro de capacidades que le permitan alcanzar, explotar y proteger los activos espaciales a los que tiene derecho.

Inicialmente, se aborda el tema relacionado con *los fenómenos solares que afectan el clima espacial,* producto de las continuas formas de generación de energía del sol, en su interacción con la atmósfera y la magnetósfera terrestre, lo cual causa variaciones que dan lugar al clima espacial.

Seguidamente, se aborda el tema relacionado con *el clima espacial y su impacto en las operaciones aéreas,* puesto que los sistemas naturales de protección de la Tierra se ven afectados y superados por los fenómenos solares, con efectos en el funcionamiento de las comunicaciones y los sistemas de navegación, entre otros sistemas vitales en las operaciones aéreas. Posteriormente, se presentan los efectos del *clima espacial sobre los satélites,* toda vez que las tormentas solares generan flujos de radiaciones y partículas que impactan sobre los satélites y ocasionan daños en su estructura y componentes de operación. Estas afectaciones ocurren como resultado de la exposición de los satélites al Sol, junto con otros fenómenos meteorológicos que genera el clima espacial. Para continuar, se describen *los efectos del clima espacial sobre las personas* que incursionan en el espacio ultraterrestre como las que desarrollan operaciones aéreas y de quienes habitan la Tierra.

Posteriormente, se explican *las formas de pronóstico y los productos para medir parámetros solares,* su interpretación en el campo de la meteorología espacial. Así mismo, se muestra cómo se utiliza la información satelital en la Tierra

para detectar eventos solares con prontitud y suministrar información útil en modelos de predicción del tiempo espacial.

Finalmente, se plantean las conclusiones que recogen los principales hallazgos y análisis de las categorías que componen el contenido y propósito del capítulo.

Generalidades

La apuesta del Estado colombiano de fijar su presencia permanente en el espacio ultraterrestre se convierte en el punto de partida de una política espacial relacionada con los objetivos esenciales del Estado. Es así como en la actualidad se adelantan esfuerzos en diferentes sectores estatales y privados para la consolidación de una estrategia en el logro de este gran propósito nacional.

Esta consolidación se realiza a partir de la materialización de proyectos en diferentes campos de acción del Estado como la academia, la investigación, la industria, la defensa nacional y el sector productivo, entre otros. Para lo anterior, el Gobierno colombiano ha manifestado la firme intención de robustecer una política pública espacial. De esta forma, se propuso transformar la Comisión Colombiana del Espacio con el propósito de diseñar una política de Estado tendente a desarrollar, utilizar y potenciar el desarrollo espacial (MinTIC, 2019). No obstante, el esfuerzo colombiano en el desarrollo espacial aún es considerado por la comunidad internacional como incipiente.

Sin embargo, la anterior condición no ha sido una limitante para continuar generando conciencia nacional sobre la importancia que representa para el Estado, el valor de los recursos disponibles en el espacio exterior, a los que el país tiene el derecho de acceder, siempre y cuando se logre concretar una verdadera capacidad para alcanzar y proteger estos activos espaciales.

De este modo, y a fin de ofrecer mayor claridad conceptual sobre el tema espacial, es procedente resolver los siguientes interrogantes: ¿qué es el espacio exterior y dónde inicia?

En lo que respecta al espacio exterior, también considerado simplemente como *el espacio,* se le define como la zona del universo fuera de la atmósfera de los cuerpos celestes. Se emplea el término *espacio exterior* como una manera de diferenciarlo del espacio aéreo (Espacio exterior, 2019), pero no es simplemente un juego de palabras.

Desde un punto de vista científico, Drake (2018) afirma que la mayoría de los expertos están de acuerdo en que el espacio exterior comienza en el punto donde las fuerzas dinámicas orbitales se vuelven más importantes que las fuerzas aerodinámicas, o en donde la atmósfera sola no es suficiente para soportar una nave a velocidades suborbitales.

Políticamente, es cuestión de soberanía de un Estado, toda vez que las leyes que gobiernan el espacio aéreo y el espacio exterior son diferentes. Mientras que el espacio aéreo es soberano de cada Nación, los tratados internacionales permiten el libre uso y exploración del espacio exterior. Drake (2018) enfatiza que, una vez establecidos los límites del espacio aéreo y exterior, también se limitarán las leyes que regirán para cada uno de ellos.

Es entendible entonces que países desarrollados como Estados Unidos se resistan a delimitar el espacio exterior (Drake, 2018), toda vez que cuenta con la capacidad tecnológica para su uso y explotación. De forma opuesta, otras naciones sostienen que es fundamental establecer límites, puesto que se ha incrementado el número de programas espaciales nacionales y vuelos espaciales privados que incrementarían el tráfico aéreo espacial.

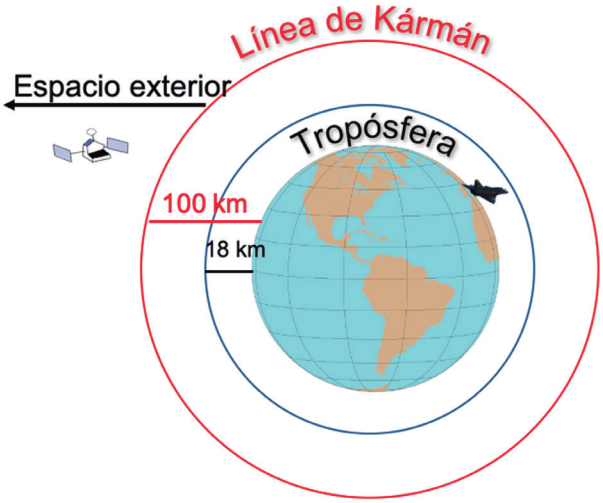
Los primeros esfuerzos científicos para determinar la altitud de inicio del espacio exterior fueron realizados por el físico húngaro Theodore Von Kármán, quien determinó en 1900 que ese nivel se encontraba a partir de los 100 km de altitud, una línea imaginaria que fue conocida como la línea de Kármán.

La Federación Aeronáutica Internacional (FAI) estaría de acuerdo con el límite de 100 km previamente establecido. No obstante, mientras que la Administración Federal de Aviación (FAA), la Fuerza Aérea de Estados Unidos, la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) y la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA), consideran que el espacio comienza a partir de los 80 km desde la superficie terrestre, el Centro de Control de Misión de la NASA, lo establece en 122 km (Lal y Nightingale, 2014).

Por su parte, la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) acoge la definición del espacio como el área sobre la atmósfera de la Tierra que se extiende infinitamente en todas las direcciones, comenzando aproximadamente a 100 km sobre la superficie terrestre (Álvarez & Corredor, 2019, p. 46), a partir de la denominada línea de Kármán, tal como se presenta en la Figura 1.

Igualmente, la FAC define el poder espacial como la capacidad de emplear defensiva u ofensivamente la totalidad de las capacidades espaciales en favor de los fines del Estado. Para ello, el poder espacial actúa en concierto con los poderes militares de los otros dominios, como el terrestre, naval, aéreo y ciberespacial.

Figura 1. *Línea de Kármán como inicio del espacio exterior*



Fuente: Elaboración propia

Es claro para la FAC que el desarrollo de capacidades espaciales, los recursos del espacio exterior y el aprovechamiento de una mejor posición geoestratégica brindan oportunidades para lograr la máxima libertad de acción política y militar, en la búsqueda de los intereses geopolíticos nacionales.

En este mismo sentido, en la Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial al 2042, la FAC creó el Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales en 2002, logró hacer presencia en el Espacio con el lanzamiento del FACSAT-I en 2018, con el futuro lanzamiento del FACSAT-II en 2022 y con la creación del Centro de Operaciones Espaciales (ESPOC) para el Comando, Control y Ejecución de Operaciones Espaciales, con total determinación y voluntad por avanzar en la misión que le otorga la constitución y la evolución del poder aéreo espacial.

Resueltos en alguna medida los interrogantes planteados, es procedente retomar el planteamiento inicial relacionado con la importancia que tiene para el Estado el valor de los recursos disponibles en el espacio exterior. Una línea de acción estratégica del Estado para proteger estos activos espaciales es el campo de la investigación científica sobre temas espaciales, como el relacionado con la meteorología espacial, definida como: la ciencia que permite entender las cambiantes condiciones en la región comprendida entre el Sol y la atmósfera terrestre (Meteorología Espacial, 2015).

La National Research Council (1997) profundiza aún más en el concepto, afirmando que la meteorología espacial es la ciencia que se ocupa de analizar y predecir las variaciones en el plasma solar, el campo magnético terrestre, la radiación y otras variables del espacio exterior; definición que coincide con la propuesta por el Servicio Nacional de Meteorología Espacial de España (SeNMEs), que la define como: la ciencia que pretende comprender y predecir el estado del Sol, de los entornos interplanetario y planetarios, así como de las perturbaciones que les afectan, sean de origen solar o no. El SeNMEs habla también del tiempo espacial y lo define como el estado físico y fenomenológico de los entornos espaciales naturales.

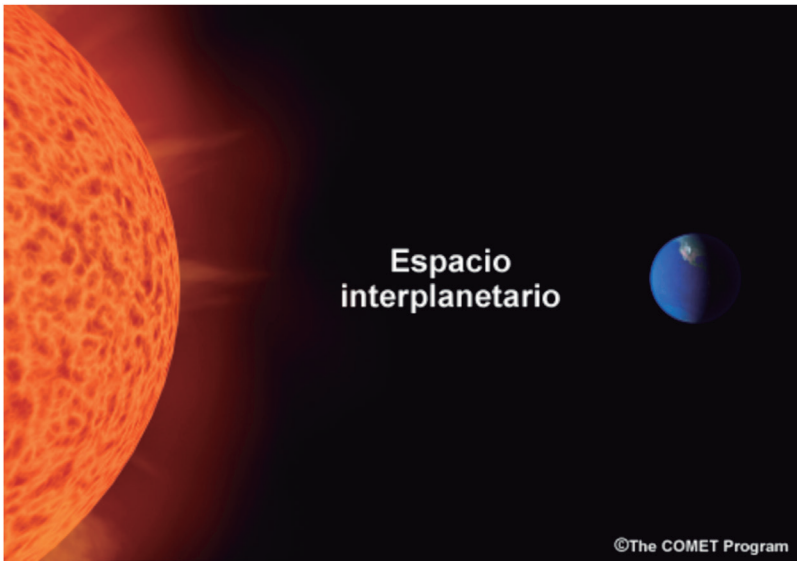
La Organización Meteorológica Mundial (OMM), por su parte, define el tiempo espacial como el estado físico y fenomenológico del ambiente espacial natural, incluido el Sol y los entornos interplanetarios y planetarios, mientras que la NOAA lo define como: las variaciones en el entorno espacial entre el Sol y la Tierra —y en todo el sistema solar— que pueden afectar las tecnologías en el espacio y en la Tierra (NOAA, 2017).

Aunque todas las definiciones anteriores son acertadas, en la FAC se adopta la tesis de la American Meteorological Society (2013), que considera que la meteorología espacial es la ciencia que estudia aquellos fenómenos que se encuentran total o parcialmente fuera de la atmósfera terrestre y las relaciones con los cambios solares. Si estos cambios se presentan en el orden de horas se habla de tiempo espacial; si, al contrario, suceden a lo largo de los años y hacen referencia a las condiciones normales o predominantes del sol en un largo periodo de tiempo, se trata del clima espacial.

El clima espacial es el resultado de la posición de la Tierra en el sistema solar, de la energía liberada por la actividad solar y de la influencia de dicha energía sobre el campo magnético y la atmósfera terrestre, específicamente, sobre la magnetósfera (esto es, el campo magnético de la Tierra) y la ionósfera terrestres. El clima espacial depende principalmente del Sol y del entorno espacial que afecta a la Tierra y los sistemas tecnológicos. En otras palabras, el clima espacial describe las lentas variaciones meteorológicas espaciales y los efectos del sol en la región entre el Sol y la Tierra, denominada espacio interplanetario (Figura 2).

Actualmente, es posible estimar las condiciones del entorno entre el Sol y la Tierra con base en datos solares, la heliósfera, la magnetósfera y la ionósfera, de tal manera que es posible realizar vigilancia y emitir alertas, avisos y pronósticos.

Figura 2. *Espacio interplanetario*



Fuente: Tomada de MetEd (https://www.meted.ucar.edu/index.php)

A continuación, se abordan los temas relacionados con los fenómenos solares que afectan el tiempo y el clima espacial, la forma en que el clima espacial afecta a los satélites, a las aeronaves y a las personas, a través de la exploración de los instrumentos utilizados para medir parámetros solares y su interpretación.

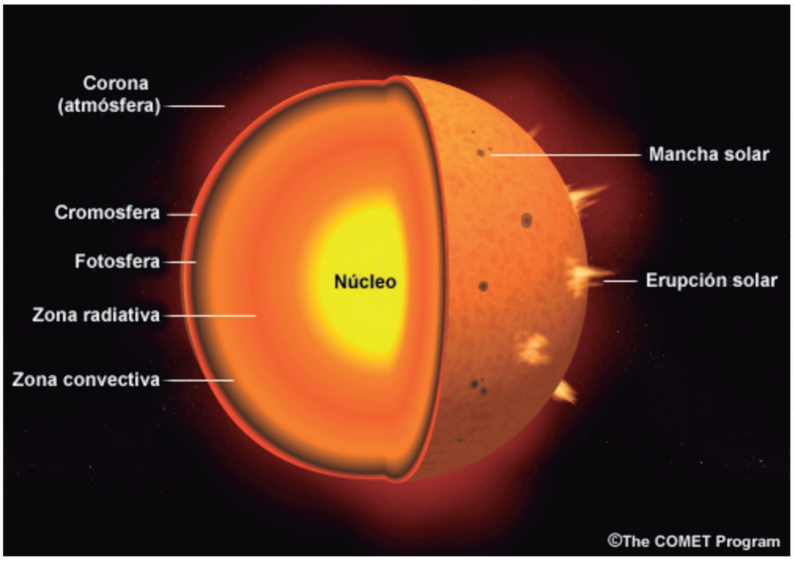
Fenómenos solares que afectan el clima espacial

El Sol es una estrella que emite continuamente y en forma variable diferentes formas de energía: 1) energía en forma de luz; 2) campos magnéticos y 3) plasma[1]. Todas interactúan con la atmósfera y la magnetósfera terrestre, lo cual causa variaciones que dan lugar al clima espacial. La Figura 3 presenta un esquema de las capas del Sol, donde también son visibles las manchas solares[2], las cuales están directamente relacionadas con el ciclo solar.

1 Conjunto de partículas ionizadas; es decir, con una carga eléctrica, como los electrones y protones.

2 Regiones más frías y oscuras influenciadas por un fuerte campo magnético que inhibe la interacción entre el plasma del interior del Sol y el de su superficie.

Figura 3. *Capas del sol*



Fuente: Tomada de MetEd (https://www.meted.ucar.edu/index.php)

El ciclo solar

El ciclo solar es un periodo de 11 años que inicia con el aumento en el número de manchas solares dando paso al máximo solar y su posterior disminución, conocido como mínimo solar. Es de anotar que el aumento de la actividad solar es totalmente normal y cada ciclo puede oscilar entre 9 y 14 años (NASA, s.f.). Las manchas solares existen debido a la presencia de fuertes campos magnéticos solares locales y su aparición es, quizás, uno de los elementos más utilizados para medir la variabilidad climática solar.

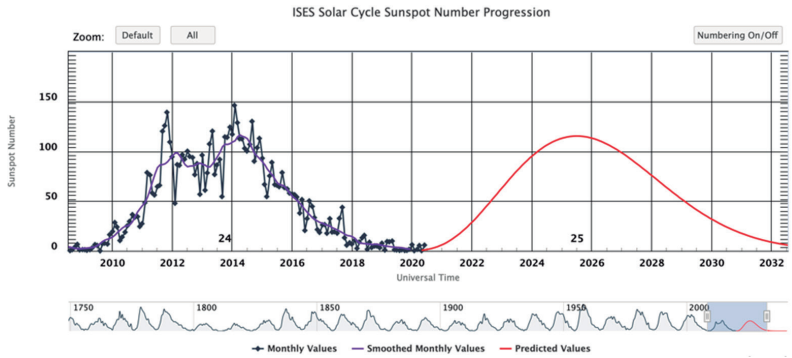
1. La variabilidad de las condiciones solares es visible en las emisiones de rayos X, las cuales aumentan hasta diez veces; en la radiación ultravioleta extrema, que aumenta de cuatro a cinco veces; y en la constante solar[3], que aumenta aproximadamente un 0,1 % a medida que el Sol evoluciona desde sus fases más tranquilas a sus fases más activas (OACI, 2018).

No existe una reciprocidad entre la severidad del impacto de cualquier evento del clima espacial y el máximo o mínimo solar: los eventos de clima espacial pueden ocurrir en cualquier momento a lo largo del ciclo solar (Figura 4). Sin

3 Radiación solar promedio recibida en ausencia de la atmósfera, a la distancia media Tierra–Sol sobre una superficie plana orientada perpendicularmente a los rayos solares.

embargo, los efectos sobre la aviación son más abundantes durante el máximo solar y están directamente relacionados con los eventos solares más comunes.

Figura 4. *Ciclo solar*



Fuente: Tomado de NOAA (2020a)

Como se muestra en la figura 4, en 2014 el Sol tuvo la máxima actividad con mayores flujos de radiaciones y partículas con efectos sobre la vida y los sistemas tecnológicos, situación que se repetirá en 2025, según las estimaciones de la International Space Environment Service (ISES), encargada de gestionar la información de relevancia de la meteorología espacial a nivel planetario y la NOAA, entidad que también efectúa predicciones sobre el tiempo atmosférico.

Estas organizaciones estiman que el actual ciclo solar (ciclo 24) disminuirá cuando el Sol esté menos activo, estimación que se prevé a finales del 2020. Por otra parte, los expertos pronostican que el próximo ciclo (ciclo 25) podría tener un inicio lento y alcanzar su punto máximo solar entre el 2023 y 2026, con un rango de 90 a 130 manchas solares. Esta actividad está muy por debajo del promedio de manchas solares, que oscila entre 140 y 220 manchas solares por ciclo solar.

Eventos solares

En la capa visible del Sol, la fotósfera, ocurren tres eventos solares que modifican la meteorología espacial: 1) el viento solar, de naturaleza continua y proveniente de los agujeros coronales; 2) las erupciones solares y 3) las eyecciones de masa coronal, estas dos últimas de naturaleza eruptiva. Algunos de estos eventos pueden durar muy poco y sus efectos se perciben en la Tierra desde 8 minutos después del evento hasta después de unos días. Las erupciones repentinas causan

interrupciones de las radiocomunicaciones, tormentas de radiación y tormentas magnéticas sobre la Tierra.

Viento solar

El viento solar está compuesto por una corriente continua de partículas ionizadas que se desplazan a velocidades de 300 a 600 km/s y por plasma. Es una consecuencia de la temperatura extrema de la corona solar y la expansión resultante de plasma al espacio; también es el responsable de transportar la energía de las erupciones solares que afectan la atmósfera terrestre (Vásquez et al., 2003; Cranmer, 2005).

Esta energía comprime la magnetósfera en el lado iluminado de la Tierra y lo estira en el lado nocturno sin causar impactos importantes sobre el planeta; pero durante los eventos de emisiones más violentos, el flujo de partículas se acelera e intensifica, modificando el clima espacial. El viento solar puede aumentar gradualmente debido al agujero coronal, que permite que el viento solar de alta velocidad escape sin obstáculos desde el interior del Sol, pero también puede ser extremadamente rápido y energético si se produce una erupción solar (Vásquez et al., 2003; Cranmer, 2005).

Erupciones solares

Son liberaciones rápidas de energía almacenada en campos magnéticos fuertes localizados en el Sol y denominadas como regiones activas, que casi siempre presentan manchas solares (OACI, 2018). La liberación de esta energía tiene la capacidad de variar de forma repentina toda la gama del espectro electromagnético, incluidas las longitudes de onda de rayos X, así como alterar la energía del plasma, lo que aumenta la velocidad con que los electrones y los protones viajan hacia la Tierra y causan interferencias importantes en las comunicaciones terrestres en cuestión de minutos.

Cuando esta energía entra en contacto con el campo magnético terrestre, las líneas del campo magnético las trasladan al lado nocturno de la Tierra y así se producen tormentas geomagnéticas que se visibilizan como fenómenos luminiscentes en el cielo nocturno, usualmente en zonas polares y conocidos como aurora boreal y austral en el hemisferio norte y sur, respectivamente.

Las erupciones solares son las causantes de la mayoría de las pérdidas de comunicaciones de radio, sobre todo, las transmitidas en HF, las cuales se intensifican durante los años de máximo solar, cuando pueden registrarse de 10 a 20 episodios de interrupciones en un solo día, fenómeno que disminuye durante los

años de mínimo solar. Las peores interrupciones de las radiocomunicaciones por erupciones solares ocurren en una proporción de una a dos por cada ciclo solar, junto con 175 a 2000 eventos de menor repercusión (OACI, 2018).

Eyecciones de masa coronal (CME)

Es la expulsión de enormes cantidades de plasma magnetizado del Sol a velocidades que pueden alcanzar los 2000 km/s en casos extremos. Las CME causan una perturbación mucho mayor del campo magnético de la Tierra en comparación con una erupción solar. Al interactuar esta energía con la atmósfera y el campo magnético terrestre, se producen las tormentas magnéticas más fuertes, debido a los dinámicos campos magnéticos que se encuentran encapsulados en una CME, de tal manera que es inminente una perturbación de las comunicaciones y las señales de los satélites.

La frecuencia de ocurrencia de las erupciones solares y las CME tiene una relación directa con el ciclo solar; no obstante, estas últimas se presentan con menor frecuencia. Las CME varían de una por semana durante el mínimo solar hasta cinco CME por día durante el máximo solar. Las CME son difíciles de detectar, no son brillantes como las erupciones solares y pueden pasar horas antes de que abandonen totalmente el Sol (OACI, 2018).

Es lógico pensar que no todos los eventos que modifican el tiempo espacial son causados por erupciones solares, también dependen, en gran medida, de las variaciones del viento solar y de la interacción con la magnetósfera terrestre.

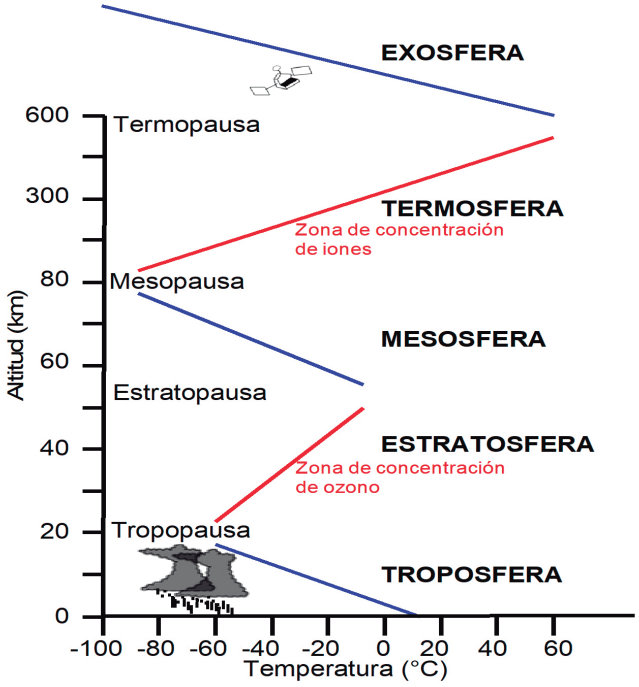
El clima espacial y las operaciones aéreas

En este punto es claro que la actividad solar afecta el clima espacial al aumentar el flujo de partículas y la radiación. Por ello, los sistemas naturales de protección de la Tierra se ven afectados y superados. En este sentido, es pertinente referir cómo el clima espacial afecta el funcionamiento de las comunicaciones y los sistemas de navegación, entre otros sistemas vitales en las operaciones aéreas.

En consonancia con lo anterior, la FAC cumple con la misión institucional, mediante distintas funciones, en las que se desarrollan las misiones y las operaciones aéreas. Gran parte de estas funciones, misiones y operaciones se desarrolla en la primera capa de la atmósfera: la tropósfera. La figura 5 muestra la división que se hace de las capas de la atmósfera teniendo como base el comportamiento de la temperatura, desde la superficie de la Tierra hasta más de 600 km.

Se suele pensar que las condiciones atmosféricas que se desarrollan en la tropósfera son las únicas que afectan las operaciones aéreas, pero se ha demostrado que esta capa también se ve afectada por el comportamiento de las otras capas, y a pesar de que la tropósfera es la capa más cercana a la superficie de la Tierra, también está afectada por los eventos solares que se presentan en el espacio exterior.

Figura 5. *Capas de la atmósfera*



Nota: Capas de la atmósfera según la relación entre la temperatura y la altitud, representadas por el eje X y el eje Y, respectivamente.

Fuente: Tomado de Cáceres (2017, p. 33)

Los efectos de clima espacial suelen ser más perceptibles por encima de los 50º de latitud en los hemisferios norte y sur. Sin embargo, durante un evento extremo, es posible que afecte varias regiones del planeta. Mientras que las aeronaves que realizan vuelos más cortos y de baja altitud se ven menos afectadas, los vuelos intercontinentales y con trayectos que sobrevuelen los polos, pueden sentir los impactos de los errores de navegación y los apagones, especialmente en el lado iluminado de la Tierra.

El Centro de Predicción del Clima Espacial (Space Weather Prediction Center, SWPC) de la NOAA vigila constantemente los posibles impactos y efectos del clima espacial sobre las operaciones aéreas, los cuales están relacionados con los tres eventos solares descritos al inicio de este capítulo y que causan principalmente: 1) apagones de radio y 2) fallos en el sistema de posicionamiento global (Global Positioning System, GPS) y el sistema mundial de navegación por satélite (Global Navigation Satellite System, GNSS).

Apagones de radio

Las aeronaves utilizan los equipos de comunicación que trasmiten en muy alta frecuencia (*Very High Frecuency*, VHF) y ultra alta frecuencia (*Ultra High Frecuency*, UHF) para comunicarse con los servicios de tránsito aéreo en las regiones habitadas de latitudes bajas y medias. En las regiones polares remotas que sobrepasan los 78° N y 60° S, y en los océanos, se asignan a las operaciones aéreas dos canales de radio en alta frecuencia (*High Frecuency*, HF), uno primario y otro secundario, para comunicarse con los controladores aéreos.

Mientras que el viento solar no suele causar perturbaciones importantes en las comunicaciones, la erupción solar y las CME envían fuertes emisiones de rayos X hacia la Tierra causando interferencia en los equipos de comunicación que trasmiten en VHF, UHF y HF, especialmente en aeronaves que sobrevuelan las inmediaciones de los polos magnéticos[4].

Las emisiones de rayos X aumentan la densidad de la ionósfera terrestre, ubicada a unos 80 km de la superficie. Los nuevos niveles de los gases ionizados absorben principalmente parte de las ondas de radio HF, llegando a causar hasta la pérdida total de las señales en esta frecuencia, acción que usualmente se presenta al mediodía.

Fallos en los sistemas GPS y GNSS

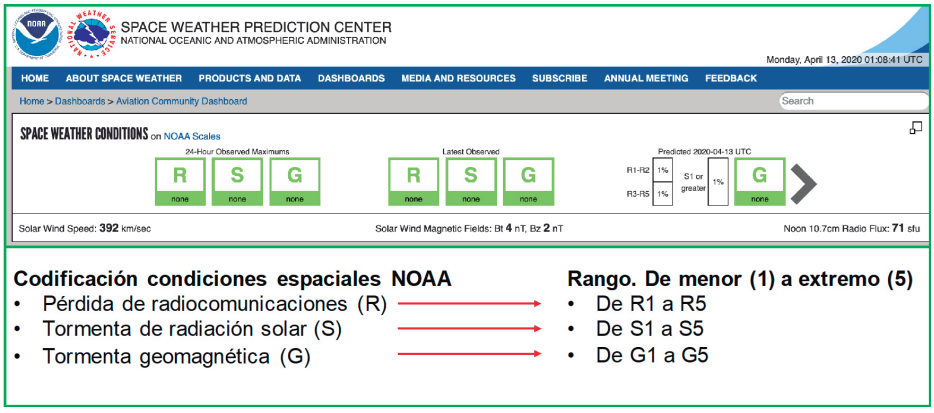
Estos sistemas son ampliamente utilizados en las operaciones aéreas, lo cual permite utilizar la posición de las aeronaves de forma muy precisa en tres dimensiones y facilitando la navegación aérea con cobertura mundial (OACI, 2018). Gracias a estos sistemas, los controladores aéreos pueden administrar mejor el espacio aéreo con un patrón eficiente de separación entre aeronaves y facilita las operaciones de aproximación en condiciones de visibilidad mínima.

4 Punto del globo terrestre que, debido al campo magnético de la Tierra, ejerce atracción sobre los elementos imantados. La ubicación de cada polo magnético no coincide con los polos geográficos, lo que confirma un desplazamiento frente al eje geográfico del planeta conocido como declinación.

Escalas del tiempo espacial según la NOAA

La NOAA, por intermedio del SWPC, clasificó la severidad de los apagones de radio (R), de las tormentas de radiación solar (S) y las tormentas geomagnéticas (G) en una escala de 1 a 5, determinada por la menor a mayor severidad respectivamente. Mencionada clasificación facilita que las instituciones que puedan verse afectadas tengan la posibilidad de ejercer algún tipo de acción que ayude a mitigar el impacto del tiempo espacial. La Figura 6 ejemplifica las condiciones del tiempo espacial actualizadas, las que se presentaron en las últimas 24 horas y las pronosticadas para las siguientes 72 horas a partir del día 12 de abril de 2020.

Figura 6. *Ejemplo de condiciones del tiempo espacial*



Nota: Condiciones del tiempo espacial para el día 12 de abril de 2020. Se indican las condiciones actuales, las de las últimas 24 horas y el pronóstico a 72 horas.

Fuente: Tomado de NOAA (2020a)

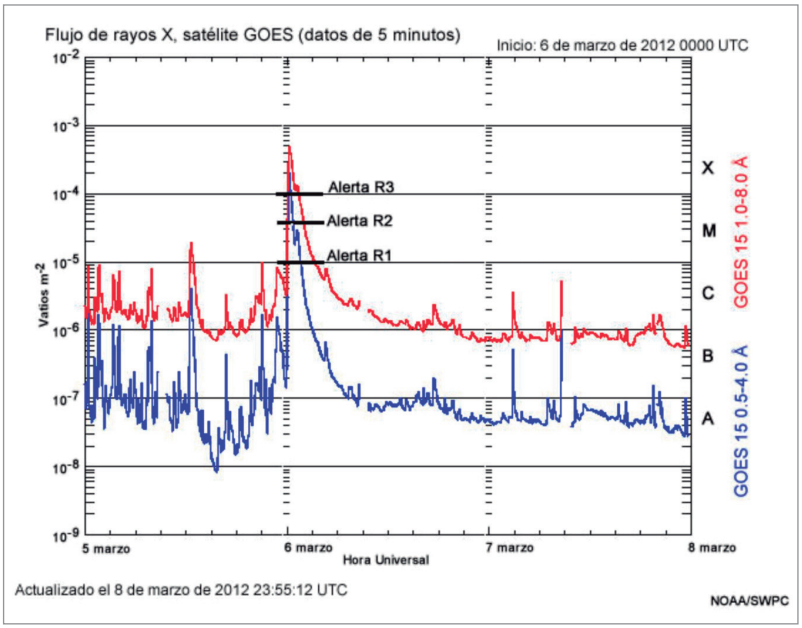
Apagones de radio

Para el caso de la pérdida de radiocomunicaciones por apagones de radio ®, el SWPC estableció una escala de clasificación del evento (Anexo A), donde se indica la categoría en términos de severidad, el efecto esperado, el grado de intensidad y la frecuencia de los eventos.

Muchos de los satélites pertenecientes al Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES) pueden captar evidencia de las erupciones solares midiendo las emisiones solares de rayos X en tiempo real, las cuales son las directas responsables de la radiación electromagnética que genera perturbaciones en la ionósfera.

En los productos del SWPC, la producción solar de rayos X se mide en las bandas de paso de 1,0 a 8,0 Å[5] (rojo) y de 0,5 a 4,0 Å (azul) y se emite una alerta de categoría R1 y R2 cuando dichos valores exceden el nivel M1 ($10^{-5}Wm^{-2}$) y M5 ($5x10^{-5}$ Wm^{-2}), respectivamente como lo muestra la Figura 7.

Figura 7. *Fluctuaciones de rayos X*



Nota: Alertas R1, R2 y R3 de apagón de radio o pérdida de comunicaciones causada por erupciones solares medidas en fluctuaciones de rayos X.

Fuente: Tomado de National Oceanic and Atmospheric Administration / Space weather prediction center (https://www.swpc.noaa.gov/)

Dichos flujos afectan a las radiocomunicaciones en HF y, en cierta medida, a los canales VHF en el lado iluminado de la Tierra. Durante un evento importante pueden causar problemas con los enlaces satelitales, lo que dificulta la navegación por satélite. Los efectos se perciben pocos minutos después de la erupción solar y pueden permanecer por varias horas. En las regiones más energizadas de la ionósfera, donde la actividad de las auroras se incrementa, existe mayor probabilidad de experimentar perturbaciones en las comunicaciones.

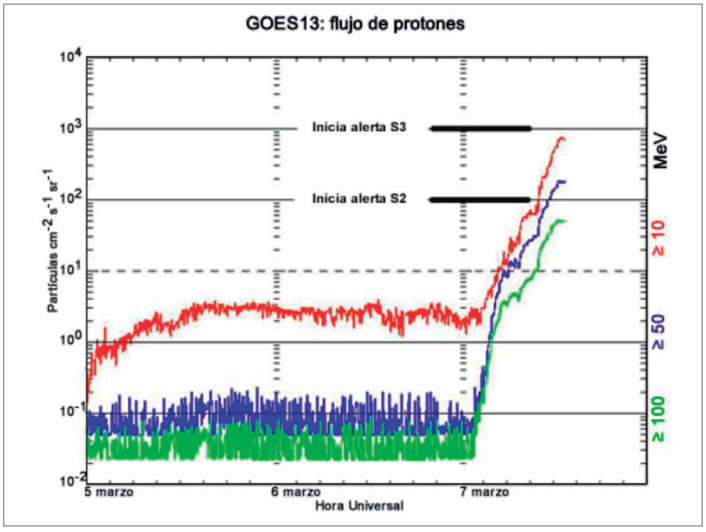
5 El ángstrom (Å) es una unidad longitudinal utilizada principalmente para medir longitudes de onda, equivalente a 0,0000000001 metros.

Tormentas de radiación solar

Las tormentas de radiación solar ocurren cuando las eyecciones de masa coronal energizan y aceleran los protones en el viento solar, elevando los niveles de radiación en la Tierra (OACI, 2018). Los satélites GOES pueden advertir de eyecciones de masa coronal gracias a la medición de la unidad de flujos de protones (pfu) que alcanzan la Tierra con niveles de energía ≥10, ≥50 y ≥100 MeV[6].

El SWPC estableció una escala de clasificación del evento (Anexo B), donde se emite una alerta de tormenta de radiación solar de categoría S1, S2, S3, S4 y S5, cuando el flujo de protones excede las $10^{1,}$ 10^{2}, 10^{3}, 10^{4} y 10^{5} MeV de partículas por centímetro cuadrado por segundo por estereorradián , respectivamente (Figura 8).

Figura 8. *Flujo de protones*



Nota: Flujo de protones 1. 10, 50 o 100 MeV representados por la línea roja, azul y verde, respectivamente.

Fuente: Tomado de National Oceanic and Atmospheric Administration / Space weather prediction center (https://www.swpc.noaa.gov/)

Las tormentas de radiación solar se intensifican cerca del máximo solar. Sin embargo, pueden aparecer en cualquier momento del ciclo, incluso las más severas, que aparecen con una frecuencia de una a dos veces y afectan las operaciones aéreas en los polos entre 10 y 15 veces por ciclo.

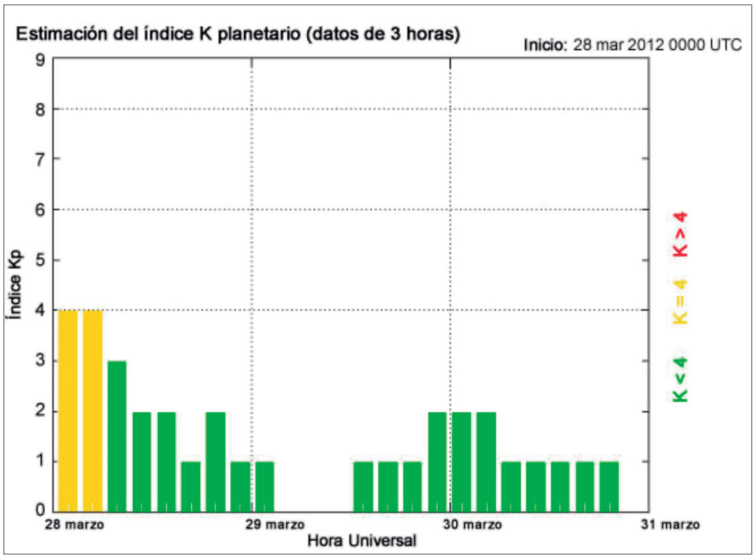
6 El megaelectronvoltio (MeV) es una unidad de energía equivalente a 1 000 000 de electronvoltios (eV). El eV es la energía adquirida por un electrón al trasladarse a través de un potencial eléctrico de 1 voltio. Su valor es $1{,}6 * 10^{-19}$ julios.

El flujo de protones causa peligros a los astronautas, las personas en vuelos de gran altitud y en latitudes altas, daños a los sistemas de aviónica, la operación de los satélites, las radiocomunicaciones en HF y exposición a la radiación en la superficie de la Tierra. Las tormentas de radiación solar, en especial aquellas que tienen una gran cantidad de protones de alta energía, exponen a la tripulación y los pasajeros a cantidades considerables de radiaciones (OACI, 2018).

Tormentas geomagnéticas

Las tormentas geomagnéticas son fuertes perturbaciones del campo geomagnético de la Tierra, ocurren cuando las CME producen un aumento en el plasma solar magnetizado que colisiona con la ionósfera y la magnetósfera terrestre. Para determinar si una CME afectará a la Tierra, se estudian las imágenes coronográficas y las mediciones del flujo de protones.

Figura 9. *Estimación de Índice K*



Nota: Promedio de flujo máximo de protones en tres horas. El índice Kp se ubica en el eje Y; los días analizados se colocan en el eje X.

Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration / Space weather prediction center (https://www.swpc.noaa.gov/)

En distintas partes del mundo existe una red de magnetómetros que censan las fluctuaciones máximas de protones observadas durante intervalos de tres horas. El promedio de esas observaciones planetarias genera el índice

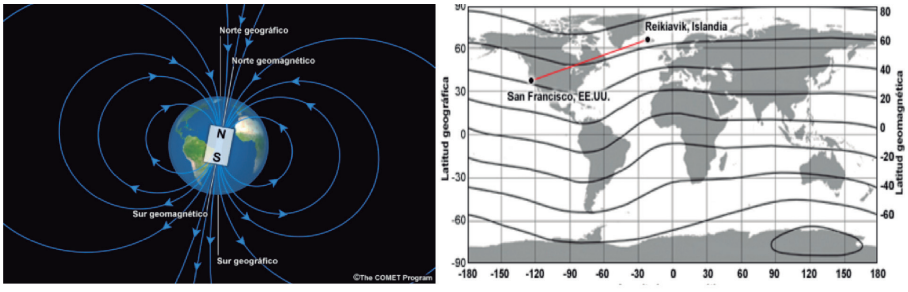
adimensional Kp (NOAA, 2020c), tal como puede observarse en la figura 9. Este índice puede alcanzar mediciones de 5, 6, 7, 8 y 9 (Anexo C), que indican tormentas electromagnéticas en curso o de intensidad leve (G1), moderada (G2) fuerte (G3), severa (G4) y extrema (G5), respectivamente.

Las tormentas geomagnéticas tienden a seguir el ciclo solar de 11 años con una tasa aproximada de 4 fuertes tormentas por cada ciclo (OACI, 2018). De esa manera, las tormentas más fuertes se manifiestan en dos ciclos: el primero, cerca al máximo solar, y el segundo, durante el mínimo solar, lo que evidencia un comportamiento bimodal. Esto no significa que las tormentas geomagnéticas no puedan aparecer en cualquier momento.

Debido al acoplamiento estrecho entre la magnetósfera y la ionósfera, se produce otro tipo especial de tormentas, las tormentas ionosféricas, las cuales son consecuencia de agregar energía al plasma ligeramente ionizado presente en la ionósfera. La ionósfera es otra capa de la atmósfera, la cual se encuentra normalmente a los 80 km de altura, y es una capa que contiene gran cantidad de iones, que permite la reflexión de las ondas largas de radio y el uso de sus características físicas para comunicaciones de voz en HF.

Las tormentas geomagnéticas se intensifican en las altas latitudes geomagnéticas, pueden afectar la navegación GPS, GNSS y las radiocomunicaciones en HF. También pueden causar fallos en las redes eléctricas. Las líneas de latitud geomagnética son curvas y están basadas en los polos geomagnéticos de la Tierra (Figura 10), los cuales dependen de la intensidad del campo magnético y, por lo tanto, no coinciden con los polos geográficos terrestres.

Figura 10. *Comparativo norte geográfico y latitud geográfica*



a. Norte geográfico y geomagnético

b. Latitud geográfica y geomagnética

Nota: Diferencias entre norte geográfico y geomagnético (a) y diferencias entre la latitud geográfica y geomagnética (b).

Fuente: Adaptado de MetEd (https://www.meted.ucar.edu/index.php) y National Oceanic and Atmospheric Administration / Space Weather Prediction Center (https://www.swpc.noaa.gov/)

En las latitudes más altas de los polos geomagnéticos de los hemisferios norte y sur, se observan los impactos más fuertes de los eventos de meteorología espacial y es allí donde las auroras se perciben con mayor frecuencia. La tabla 1 resume las características principales de los tres eventos solares reportados por el SWPC.

Tabla 1. *Eventos solares*

Evento	Niveles	Impactos	Escalas temporales
Apagones de radio causados por una erupción solar	R1 R2 R3 R4 R5	Fallas en los sistemas de comunicación vía HF y VHF	El evento tiene una duración de unas cuantas horas. Los primeros efectos se sienten 8 minutos después del evento
Tormentas de radiación solar causadas por la erupción solar o una eyección de masa coronal	S1 S2 S3 S4 S5	Fallas en los sistemas de comunicación vía HF. Problemas con los sistemas de aviónica Exposición a la radiación	El evento tiene una duración entre horas y días. Los primeros efectos se sienten entre 30 minutos y varias horas después del evento.
Tormentas geomagnéticas causadas por una eyección de masa coronal	G1 G2 G3 G4 G5	Fallas en los sistemas de comunicación vía HF. Fallas en la red eléctrica. Problemas en la navegación GPS y GNSS	El evento tiene una duración entre horas y días. Los primeros efectos se sienten entre 20 y 90 horas después del evento.

Fuente: Modificado de NOAA/SWPC

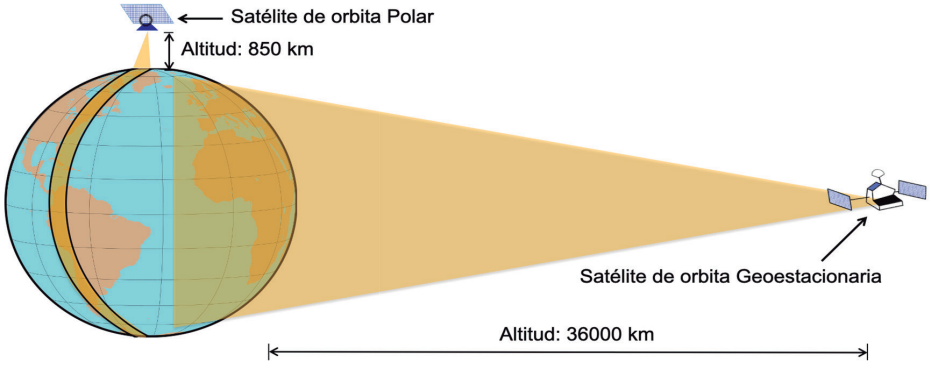
Efectos del clima espacial sobre los satélites

Las tormentas solares generan flujos de radiación y partículas que impactan sobre los satélites ocasionando daños en su estructura y componentes de operación. Comprender estos fenómenos meteorológicos conduce a entender las consecuencias sobre los satélites geoestacionarios y los satélites polares. En este sentido, Cáceres explica (Figura 11):

> Un satélite meteorológico es una plataforma de teledetección espacial que lleva a bordo espectroradiómetros, instrumentos ultrasensibles que captan radiaciones reflejadas (visual) y emitidas (infrarrojo) del espectro electromagnético en diferentes bandas, captando así datos e imágenes de la atmósfera y de la superficie terrestre para luego enviarlos a estaciones receptoras en Tierra.

> Los satélites se clasifican según su órbita en dos grandes grupos: *satélites geoestacionarios y satélites polares.* (2017, p. 172)

Figura 11. *Órbita de los satélites meteorológicos*



Fuente: Tomado de Cáceres (2017, p. 172)

De forma complementaria, Cáceres (2017, p. 172) expone las órbitas de los satélites, cómo se categorizan y qué organizaciones administran su operación:

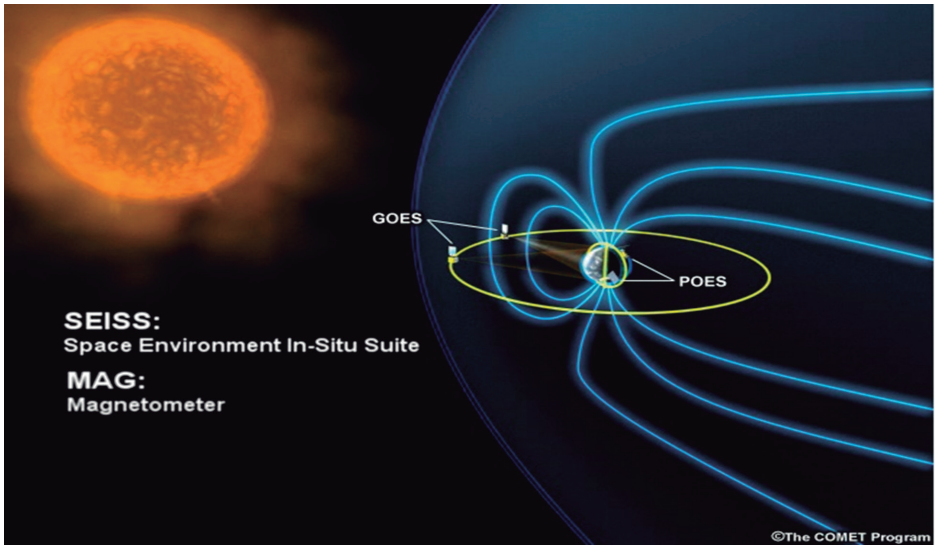
> Los satélites de órbita polar, como su nombre lo indica, orbitan la Tierra aproximadamente de polo a polo; también son llamados satélites heliosincrónicos[7]. Este grupo de satélites está compuesto principalmente por los satélites POES de la agencia NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), de origen norteamericano, y los METOP, FY y METEOR, de origen europeo, chino y ruso respectivamente.
>
> La constelación de satélites POES de la NOAA está compuesta por: NOAA-15, NOAA-18 y NOAA-19. Se prevé que la nueva generación de satélites, es decir, NOAA-20, haga parte de una nueva constelación llamada Joint Polar Satellite System (JPSS), la cual ya cuenta con su primer satélite, el Suomi NPP. Los satélites geoestacionarios o geosincrónicos[8] orbitan a una altura mucho más superior que los polares y se encuentran sobre la línea del ecuador. Están conformados principalmente por la serie GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) de la NOAA que cubren las Américas y parte del océano Atlántico y Pacífico. El resto del planeta está cubierto por diferentes agencias/satélites tales como METEOSAT (Unión Europea), INSAT (India), ELEKTRO (Rusia), HIMAWARI (Japón), principalmente Cáceres (2017, p. 173).

7 Satélites que están en una órbita que les permite pasar sobre cualquier punto de la superficie terrestre a la misma hora solar local.

8 Están sincronizados con el movimiento de rotación de la Tierra.

Con base en lo anterior, es evidente que los satélites orbitan en diferentes condiciones y distancias en una relación entre la Tierra y el Sol, tal y como se observa en la Figura 12. Estas afectaciones ocurren como resultado de la exposición de los satélites al Sol y a los diversos fenómenos meteorológicos que esta estrella genera en el clima espacial.

Figura 12. *Órbita interpolar y geoestacionaria*



Fuente: MetEd (https://www.meted.ucar.edu/index.php)

Los fenómenos meteorológicos en el espacio cobran especial interés en la comunidad científica, por los daños considerables que ocasionan sobre los satélites, lo cual limita la operación y su vida útil en el espacio. Es así como Moreno (2011) determinó que los principales problemas que la meteorología espacial puede causar a los satélites son: 1) degradación de los paneles solares; 2) reentrada prematura de satélites en baja órbita; 3) interferencia en las cámaras y detectores; 4) envejecimiento de los materiales y equipos electrónicos; 5) carga y descargas electrostáticas; 6) destrucción de equipos; 7) pérdida de la función y 8) indisponibilidad temporal.

En este sentido, el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) realizó en 2013 un estudio para analizar los efectos del clima espacial sobre los satélites, según el cual concluyó que la mayoría de las fallas se originan a consecuencia de las erupciones solares o las tormentas geomagnéticas. Estos fenómenos

solares se produjeron entre 1996 y 2012, lo que coincidió con una actividad solar de alta energía durante las fases de disminución del ciclo solar (Selding, 2013).

El estudio del MIT analizó las condiciones del clima espacial durante 26 fallas en ocho satélites geoestacionarios, los que proporcionan acceso a la televisión por cable, servicios de internet y comunicaciones globales, orbitando a la misma velocidad que la rotación de la Tierra, por lo que constantemente se encuentran sobre el mismo lugar durante toda su vida.

Estos satélites fueron diseñados para orbitar aproximadamente durante 15 años. Sin embargo, aunque la mayoría están preparados para soportar la radiación, esta igual puede penetrar y degradar los componentes y el rendimiento de un satélite. Por tal razón, los investigadores señalan que la acumulación de radiación causa una carga interna que daña los amplificadores de los satélites necesarios para transmitir la señal de regreso a la Tierra (Selding, 2013).

La investigación del MIT también contribuyó a mejorar el diseño de los satélites enviados al espacio, puesto que "lograr entender cómo el ambiente afecta a los satélites, permite hacer que los satélites sean más tolerantes a la radiación, algo que sería muy beneficioso no sólo en el costo, sino también en la eficiencia" (Selding, 2013).

Por otra parte, como resultado de la investigación realizada por la British Antarctic Survey (BAS), la Universidad de Cambridge y DH Consultancy y presentada ante la Royal Astronomical Society en julio de 2019, se pudo establecer que:

> El uso de propulsión eléctrica para elevar los satélites a la órbita geoestacionaria puede provocar una degradación significativa de las células solares. Toda vez que, el viaje prolongado resulta en una mayor exposición a los efectos dañinos del clima espacial. De tal forma, que comprender el tamaño de este riesgo, es esencial para que los operadores comerciales tomen precauciones a fin de proteger sus activos. (British Antartic Survey, 2019)

Dicha investigación también concluyó que:

> Después de una tormenta de radiación, la potencia máxima de salida de la célula solar podría reducirse hasta en un 8 % para el momento en que los satélites lleguen a su destino objetivo mediante la elevación de la órbita eléctrica. Esto es equivalente al nivel de daño que se esperaría después de pasar unos 15 años en órbita geoestacionaria.
>
> Así mismo que, durante una tormenta de radiación, las partículas cargadas liberadas por el Sol quedan atrapadas dentro del campo magnético de la Tierra, formando los cinturones de radiación de Van Allen que rodean la Tierra, y las

> colisiones con estas partículas cargadas causan daños a las células solares. Esta degradación es de hasta el 8 % de la potencia de salida en el peor de los casos, pero incluso en un entorno tranquilo, el estudio predice una reducción del 1-3 % en la producción. (British Antartic Survey, 2019)

Por su parte, el autor principal del estudio, Alexander Lozinski, científico del clima espacial de la BAS, señala que:

> Ahora entendemos el nivel de daño causado por un viaje más lento a la órbita geoestacionaria, los operadores de satélites comerciales pueden planificar rutas óptimas durante las fases de diseño y planificación de la misión para garantizar la mejor vida útil de sus productos. (British Antartic Survey, 2019)

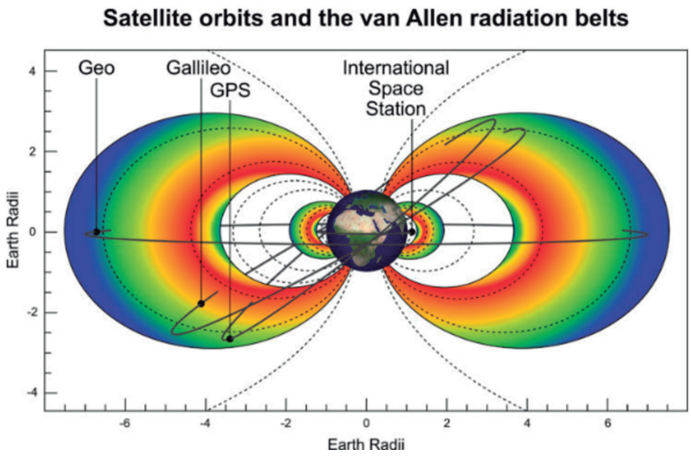
En consecuencia, las misiones comerciales por satélite han comenzado a emplear el uso de propulsión eléctrica para elevar la órbita, para no tener la necesidad de llevar propulsores químicos a bordo. Esto permite que el tamaño y la masa del satélite se reduzcan, lo cual implica ahorros de costos significativos. Reducir el tamaño de los satélites podría permitir el lanzamiento de dos naves espaciales en el mismo cohete —*casi la mitad del costo de lanzamiento*—. Alternativamente, los ahorros en masa podrían usarse para acomodar cargas útiles adicionales o más grandes, lo que permitiría incrementar los ingresos o la capacidad técnica.

En un lanzamiento convencional, el satélite se sitúa en una órbita de transferencia geoestacionaria por el vehículo de lanzamiento y utiliza propulsores químicos para alcanzar la órbita geosincrónica. Esta maniobra de transferencia orbital generalmente toma algunos días. Sin embargo, cuando se usa únicamente propulsión eléctrica, puede llevar hasta 200 días alcanzar la órbita objetivo debido a un empuje más bajo. Esto hace que los satélites pasen más tiempo en los cinturones de Van Allen, donde están expuestos a los efectos nocivos de la radiación espacial (Figura 13).

Por ejemplo, las órbitas de transferencia con un alto apogeo[9] inicial —*altitud máxima*— permiten que los satélites pasen a través de regiones donde los protones atrapados están presentes, a mayor velocidad, lo que reduce el nivel de daño por radiación.

9 Punto en una órbita elíptica en el que un cuerpo se encuentra más alejado del centro de la Tierra.

Figura 13. *Órbitas satelitales y los cinturones de Van Allen*



Fuente: British Antartic Survey (2019)

Richard Horne, jefe del equipo de Meteorología Espacial en BAS, manifiesta que:

> Los satélites comerciales con propulsión totalmente eléctrica se introdujeron por primera vez en 2015. Nunca esperábamos una reducción tan grande en el poder de una tormenta de radiación. Lo bueno es que este estudio ayudará a la industria satelital a planificar la mejor órbita que reduzca el daño por radiación. (British American Council, 2019)

Las anteriores evidencias dan cuenta de algunas situaciones en las que el clima espacial afecta a los satélites como la degradación de sus paneles solares, la puesta en órbita, la interferencia en sus componentes de observación y detección, la vida útil de los materiales y equipos electrónicos, la carga y descargas electrostáticas que ocasionan destrucción de equipos, pérdida de funcionabilidad y salida temporal de servicio.

Efectos del clima espacial sobre las personas

El Sol y el planeta Tierra se relacionan a través de la energía solar, la que incide en varios de los procesos terrestres. Uno de estos procesos es la cadena trófica[10],

10 Se conoce como cadena trófica, cadena alimenticia o cadena alimentaria al mecanismo de transferencia de materia orgánica (nutrientes) y energía a través de las distintas especies de seres vivos que componen una comunidad biológica o ecosistema.

en donde la energía solar se transfiere a través de diferentes eslabones como las plantas, las cuales mediante la fotosíntesis aprovechan la energía lumínica del Sol y la convierten en energía química para generar nutrientes, los que luego consumen otras especies de la cadena hasta que, finalmente, llega a especies más complejas como los seres humanos, lo que en últimas asegura la supervivencia.

Otro proceso importante ocurre en la atmósfera terrestre mediante la generación de gases, sin los cuales no se podría respirar. La atmósfera también es un escudo natural de la Tierra y es vital para detener gran parte de la radiación solar que llega en múltiples formas como luz visible, infrarroja o los rayos ultravioletas. Estos rayos conocidos como UV son nocivos para la salud de las personas. Sin embargo, otros componentes de la atmósfera terrestre, entre los que se destaca el ozono, actúan como filtros que detienen la mayor parte de esta radiación.

En este sentido, Cáceres argumenta:

> Cada componente del sistema Tierra–atmósfera emite radiación en todo momento y en todas direcciones. También la emite el Sol y constituye la principal fuente de energía utilizada en todos los procesos en los que interactúan Tierra y Atmósfera, y está compuesta principalmente por radiación visible, infrarroja y ultravioleta, las cuales se desplazan a la velocidad de la luz (300 000 000 m/s). (2017, p. 40)

No obstante, la protección natural de la Tierra no es completa, puesto que una pequeña fracción de radiación UV penetra la atmósfera e impacta a las personas. En lugares de mayor elevación, la intensidad de la radiación UV aumenta de forma proporcional con la altitud. Incluso en ambientes nublados la radiación UV puede traspasarla, además, la radiación solar reflejada por la superficie hacia arriba puede volver a ser reflejada por las nubes de regreso hacia la superficie terrestre, lo que incrementa su efecto.

Estos fenómenos solares ocasionan problemas en las personas, como quemaduras en la piel, envejecimiento prematuro, daños oculares y hasta cáncer de piel, que ocurre cuando los rayos UV dañan el ADN de los genes que controlan el crecimiento de las células de la piel. Los efectos del clima espacial sobre la Tierra y su impacto en la salud de las personas son objeto de investigación. El Servicio de Clima Espacial de México manifiesta que el clima terrestre depende de la cantidad de energía radiada por el Sol, por los componentes químicos presentes en la atmósfera y la biósfera terrestre, el efecto invernadero, así como la circulación de los océanos. El Sol calienta más en la región media de la Tierra (ecuador) que en los polos (Norte y Sur).

Ahora bien, el efecto invernadero natural permite el funcionamiento adecuado de los seres vivos; sin embargo, este puede ser afectado por los contaminantes derivados de la quema de los combustibles fósiles hecha por los seres humanos. Los contaminantes peligrosos son gases y partículas que se encuentran en el aire y que son altamente nocivos para la salud. De esta manera, el clima espacial en específico, el viento solar y las tormentas solares influyen en los aspectos de salud de la vida en la Tierra (Ruiz et al., 2017).

Estudios de carácter epidemiológico de morbilidad citadina realizados en México hallaron una relación entre el aumento en la tasa de infartos y los decrementos Forbush, y de mortalidad en el país, que muestra un incremento en la muerte por infartos al miocardio después de grandes tormentas magnéticas y después de un decremento Forbush. Se ha notado sobre todo una mayor incidencia de estos problemas de salud en personas vulnerables, como los ancianos, y en épocas en que la actividad solar es mayor (Mendoza et al., 2006).

En este mismo sentido Scherer et al. (2005) manifiestan que las partículas de gran nivel energético asociadas a las tormentas de radiación solar pueden ser dañinas y potencialmente mortales para los astronautas que durante la tormenta se encuentren fuera de las naves realizando actividades extravehiculares.

De igual forma, en el transcurso de una tormenta de radiación solar, los niveles de exposición pueden ser significativos para los pasajeros y los tripulantes de aviones que se encuentren en vuelo a elevadas latitudes, especialmente sobre el Polo Norte y si la componente Bz[11] del campo magnético interplanetario está apuntando hacia el sur, hecho que favorece la entrada en la atmósfera de las partículas de alto nivel energético procedentes del Sol.

Aunque las investigaciones sobre estos riesgos para las personas todavía no son del todo concluyentes, los diferentes sistemas de alerta existentes contemplan avisos al respecto. De hecho, en la actualidad, algunos de los mayores consumidores sobre información operativa relativa al clima espacial son las compañías aéreas que operan sobre el Polo Norte (Dirección General de Protección Civil y Emergencias de España, 2010).

De esta manera, el clima espacial específicamente, el viento solar, las tormentas solares y la radiación solar influyen en diferentes aspectos de la salud de las personas, bien sea de quienes exploran el espacio, vuelan a elevadas latitudes o de quienes habitan la Tierra.

11 Corresponden a ventanas temporales del viento solar para un grupo de nubes magnéticas y plasmoides.

Pronósticos y productos del SWPC

Los centros de meteorología espacial designados (Space Weather Centres, SWXC) utilizan información satelital y en tierra, que les permite detectar eventos solares con prontitud y suministrar información para ser analizada por los modelos de predicción del tiempo espacial. Estos modelos están en la capacidad de predecir la trayectoria de las CME y, por lo tanto, también pueden pronosticar tormentas ionosféricas y geomagnéticas con una antelación de hasta 8 horas.

Los pronosticadores suelen fijarse y hacer seguimiento a las regiones activas del Sol, que casi siempre presentan manchas solares, las cuales son numerosas y comunes durante el máximo solar y escasas durante el mínimo solar. Según la Organización de Aviación Civil Internacional (2018), cada región activa es importante porque es justo allí donde se determina su potencial de erupción, determinado por factores como: 1) el tamaño de la región; 2) su naturaleza dinámica o estática reciente; 3) la fuerza y orientación de sus campos magnéticos y 4) su historia de actividad eruptiva reciente.

La divulgación de información meteorológica espacial para la navegación aérea internacional fue reglamentada mediante la Enmienda 78 del Anexo 3: Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional. Allí quedó estipulado que los SWXC brindaran información sobre los fenómenos meteorológicos espaciales las 24 horas del día, prestando especial atención alos fenómenos que involucren un riesgo de radiación para la tripulación, afectar las comunicaciones satelitales, aeronáuticas y los sistemas de navegación aérea basados en el GNSS. También se estipuló que los SWXC deben suministrar información de la meteorología espacial a los centros de control de área, los centros de información de vuelo, oficinas NOTAM internacionales y las oficinas meteorológicas de aeródromo que puedan verse afectadas.

Según la OACI (2018), dentro de la información meteorológica espacial reportada por los SWXC se encuentra: 1) amplitud y fase de los centelleos ionosféricos y contenido total de electrones para garantizar el correcto funcionamiento del sistema mundial de navegación por satélite; 2) cantidad de radiación y 3) índice Kp, absorción en capa polar, flujo solar de rayos X y frecuencia máxima utilizable, con el fin de garantizar comunicación vía HF. La Tabla 2 presenta la lista de umbrales utilizada por los SWXC para describir los eventos meteorológicos espaciales que afectan las operaciones aéreas.

Tabla 2. *Reporte meteorológico de los SWXC por eventos meteorológicos espaciales*

Eventos meteorológicos espaciales		Unidad	Moderado	Severo
GNSS	Centelleo de amplitud	Adimensional	0,5	0,8
	Centelleo de fase	Radián	0,4	0,7
	TEC* vertical	Unidades TEC	125	175
Radiación	Dosis efectiva***	micro-Sieverts/hora	30	80
HF	Absorción auroral	Kp	8	9
	Absorción en capa polar	dB a 30	2	5
	Rayos X solares entre 0,1 y 0,8 nm	MUF**	30%	50%
	Depresión posterior a la tormenta			

*TEC: Contenido total de electrones

**MUF: Frecuencia máxima utilizable

***Los avisos MOD solo se emitirán cuando el umbral MOD se encuentre por debajo o igual al FL460. Los avisos SEV se emitirán cuando el umbral SEV alcance cualquier nivel de vuelo

Fuente: Modificado a partir de OACI (2018)

Los reportes meteorológicos espaciales también deben relacionar toda la información respecto a: 1) tipo de impacto esperado por el fenómeno reportado; 2) tiempo específico en el que se producirá el evento o si ya está ocurriendo; 3) tiempo estimado de duración; 4) estimación del lugar principal de la afectación y aumento de la extensión espacial prevista para las siguientes 24 horas y 5) estimación de la severidad del impacto en las categorías de moderado (MOD) o severo (SEV).

Los productos distribuidos por el Centro de Predicción del Clima Espacial abarcan una amplia gama de escalas temporales. Los pronósticos se realizan con 27 días (la duración de una rotación solar), 7 días y 3 días antes del evento. Los pronósticos a plazos cortos brindan información más detallada y se pueden obtener en las páginas del *Space Weather Now y Today's Space Weather* del sitio web del SWPC.

Conclusiones

El gobierno colombiano demuestra compromiso en el diseño de una política de Estado tendente a utilizar y potenciar el desarrollo espacial. Sin embargo, estas condiciones aún son incipientes frente a los avances y capacidades que poseen otros países a nivel regional y mundial.

La intención de la política espacial colombiana tiende a ampliar el concepto de soberanía nacional; toda vez que acceder al espacio exterior representa para la nación un valor geoespacial, que permite disponer de las ventajas y los recursos a los que el país tiene derecho, siempre y cuando logre consolidar una verdadera capacidad para alcanzar y proteger estos activos espaciales.

El propósito espacial colombiano facilita la participación de diferentes actores de los sectores público-privado, a través de proyectos e iniciativas estratégicas en diversos campos de estudio como la meteorología espacial, que analiza y predice las variaciones en el plasma solar, el campo magnético terrestre, la radiación y otras variables del espacio exterior.

Abordar el campo de la meteorología espacial conduce al estudio de temas relacionados con los fenómenos solares que afectan el tiempo y el clima espacial. De igual manera, implica estudiar la forma como el clima espacial afecta a los satélites, a las aeronaves y a las personas. Así mismo, exige explorar sobre los instrumentos utilizados para medir parámetros solares y su interpretación.

Los fenómenos solares que afectan el clima espacial están relacionados con la energía liberada por la actividad solar y la influencia sobre el campo magnético y la atmósfera terrestre, específicamente, sobre la magnetósfera. En la capa visible del Sol, la fotósfera, ocurren tres eventos solares que modifican la meteorología espacial: El viento solar, de naturaleza continua y proveniente de los agujeros coronales; las erupciones solares y las eyecciones de masa coronal, estas dos últimas de naturaleza eruptiva.

La actividad solar afecta el clima espacial al aumentar el flujo de partículas y la radiación. Por lo anterior, los sistemas naturales de protección de la Tierra se ven afectados y superados. En este sentido, es pertinente referir cómo el clima espacial afecta el funcionamiento de las comunicaciones y los sistemas de navegación, entre otros sistemas vitales en las operaciones aéreas.

Los apagones de radio (R), las tormentas de radiación solar (S) y las tormentas geomagnéticas (G) alcanzan su más alta frecuencia e intensidad durante el máximo solar de un periodo de 11 años, motivo por el cual es el periodo en el que se genera más afectación para el desarrollo seguro de las operaciones aéreas.

El clima espacial incide en componentes que orbitan en el espacio como los satélites geoestacionarios y los satélites polares. Los principales problemas que la meteorología espacial provoca en los satélites están relacionados con la degradación de sus paneles solares; efectos en la reentrada prematura de satélites en baja órbita; interferencia en las cámaras y detectores de abordo; envejecimiento de los materiales y equipos electrónicos; carga y descargas electrostáticas; destrucción de equipos con pérdida de la función e indisponibilidad temporal.

Los fenómenos solares inciden en el comportamiento del clima espacial, de modo que causan efectos negativos en la salud de las personas, como a los astronautas quienes incursionan en el espacio, a las tripulaciones que desarrollan operaciones aéreas y a todos los seres humanos que habitan la Tierra.

Las radiaciones de onda corta del Sol y las partículas energéticas ocasionan daños en los astronautas en los momentos de mayor exposición, cuando las radiaciones aumentan su flujo, lo que ocurre en épocas de alta actividad solar. Durante las tormentas de radiación solar, cuando los niveles de exposición pueden ser significativos para los pasajeros y los tripulantes de aviones que se encuentran en vuelo a elevadas latitudes, especialmente sobre el Polo Norte; si la componente Bz del campo magnético interplanetario está apuntando hacia el Sur, hecho que favorece la entrada en la atmósfera de las partículas de alto nivel energético procedentes del Sol.

Los rayos UV también causan efectos en la salud de las personas por la intensidad de la energía radiada por el Sol.

El margen de tiempo entre los eventos solares y su afectación en la Tierra permite a los centros de meteorología espacial (SWXC) hacer un pronóstico de afectación, lo cual permite anticiparse y planificar el deterioro de los sistemas de comunicación y navegación aérea, de tal manera que sea posible aumentar los márgenes de seguridad operacional.

Las tormentas de radiación solar constituyen el evento meteorológico espacial que requerir una respuesta más rápida debido a que su impacto sobre la Tierra puede ser de apenas unos pocos minutos. Es necesario tomar medidas decisivas para mitigar la amenaza ocasionada por el exceso de radiación emitida por el Sol.

Referencias

Álvarez, C. & Corredor, G. (2019). *El espacio exterior: una oportunidad infinita para Colombia. Mirando hacia las estrellas: una constante necesidad humana* (Vol. 1). Escuela Superior de Guerra y Fuerza Aérea Colombiana.

American Metereological Society. (2012, enero 26). *Space weather*. http://glossary.ametsoc.org/wiki/Space_weather

Bjerknes, V. (1904). *Das problem der wettervorhersage, betrachtet vom standpunkte der mechanik und der physik.* [The problem of weather forecasting from the standpoint of mechanics and physics]. *Meteorologische Zeitschrift,* 21, 1-7.

British Antartic suvey. (2019, july 1). *Space weather causes radiation damage to satellites.* Natural Environment Research Council. https://shortly.cc/F0dfx

Cáceres, L. R. (2017). *Meteorología aplicada a la seguridad de las operaciones aéreas.* Colección Ciencia y Poder Aéreo No. 12. Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.

Cranmer, S. R. (2005). Why is the fast solar wind fast and the slow solar wind slow? A survey of geometrical models. En *Solar wind 11 / SOHO 16: Connecting Sun and Heliosphere, ESA,* SP-592, 159. https://inspirehep.net/literature/685549

Dirección General de Protección Civil y Emergencias. (2010). *Riesgos derivados del clima espacial*. Ministerio del Interior de España. https://shortly.cc/n6pEZ

Drake, N. (2018, 27 de diciembre). ¿Dónde empieza exactamente el Espacio Exterior? *National Geographic.* https://shortly.cc/QUuPL

Fuerza Aérea Colombiana. (2020). *Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial Fuerza Aérea Colombiana 2042*. Fuerza Aérea Colombiana. https://www.fac.mil.co/edaesfac2042

Lal, B. & Nightingale, E. (2014). Where is space? And why does that matter? En *Space Traffic Management Conference,* 14. https://commons.erau.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1052&context=stm

Mendoza, B., Ramírez, J., y Díaz, S. R. (2006, enero-marzo). Efectos de la actividad solar en el clima y en los seres vivos. *Ciencia. Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 57(1), 32-38. https://shortly.cc/b5S71

MetEd. (s.f.). University Corporation for Atmospheric Research (UCAR) - National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). http://meted.ucar.edu/index_es.php

MinTIC. (2019, 19 de julio). *Gobierno impulsa componente tecnológico para potencializar el desarrollo espacial*. Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. https://shortly.cc/4jgVa

Moreno, J. (2011). *Efectos del clima espacial en los sistemas electrónicos: Problemas y medidas de prevención. Astrium.* https://shortly.cc/AMOF1

NOAA. (2017, enero 12). *What Is Space Weather?* National Centers for Environmental Information. https://www.ncei.noaa.gov/news/what-is-space-weather

NOAA. (2020a). Solar cicle progression. *Space Weather Prediction Center*. https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression

NOAA. (2020b). NOAA space weather scales. *Space Weather Prediction Center*. https://www.swpc.noaa.gov/noaa-scales-explanation

National Research Council. (1997). *Space weather: A research perspective*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/12272

Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). (2018). Manual on space weather information in support of international air navigation. https://shortly.cc/sxwK5

Ruiz, J. A., Ambrocio, P., y Díaz, O. (2017, octubre-diciembre). ¿Cómo nos afecta el clima solar? *Ciencia. Revista de la Academia Mexicana de Ciencias, 68*(4), 62-67 https://shortly.cc/cBIn6

Scherer, K., Fichtner, H., Heber, B., & Mall, U. (Eds.). (2005). *Space Weather. The physics behind a slogan*. Springer.

Selding, P. B. (2013, 23 de septiembre). Solar storms are bad for satellites, right? MIT researchers not so sure. *Space News*. https://shortly.cc/kwmLv

Servicio Nacional de Meteorología Espacial de España. (s.f.). ¿Qué es la Meteorología espacial? *SenMEs*. http://www.senmes.es/learn.html

Vásquez, A. M., van Ballegooijen, A. A., & Raymond, J. C. (2003, 1 de diciembre). The effect of proton temperature anisotropy on the solar minimum corona and wind. *The Astrophysical Journal, 598*(2), 1361-1374. https://iopscience.iop.org/article/10.1086/379008

Anexos

Anexo A. *Escala de severidad según los apagones de radio causados por las erupciones solares*

Escala	Efectos[1]	Parámetro físico[2]	Frecuencia promedio[3]
R 5 Extremo	Radio HF: bloqueo completo por varias horas de HF (altas frecuencias) en todo el lado diurno terrestre. Esto resulta en que no hay comunicación HF con marineros o aviadores en este sector. Navegación: se interrumpen por varias horas las señales de baja frecuencia utilizadas por los sistemas de navegación en el lado diurno del planeta, lo cual provoca pérdidas en los sistemas de posicionamiento. Durante un periodo similar, se incrementan los errores de los sistemas de navegación por satélites en el lado diurno, lo que puede extenderse al lado nocturno de la Tierra.	X20 (2×10^{-3})	Menos de 1 por ciclo
R 4 Severo	Radio HF: bloqueo de HF por una a dos horas en la mayor parte del lado diurno terrestre; durante este tiempo se pierde el contacto por radio HF. Navegación: las interrupciones por una a dos horas de las señales de navegación de baja frecuencia incrementan el error en los posicionamientos. Posibilidad de interrupciones menores en los sistemas de navegación por satélites en el lado diurno.	X10 (10^{-3})	8 por ciclo (8 días por ciclo)
R 3 Fuerte	Radio HF: bloqueo de las señales HF en amplias áreas, pérdida durante cerca de una hora del contacto por radio en el lado diurno de la Tierra. Navegación: disminución de la calidad de las señales de baja frecuencia durante aproximadamente una hora.	X1 (10^{-4})	175 por ciclo (140 días por ciclo)
R 2 Moderado	Radio HF: bloqueo limitado de las señales HF en el lado diurno, pérdida de radiocontacto por decenas de minutos. Navegación: alteración de las señales de navegación de baja frecuencia por decenas de minutos.	M5 (5×10^{-5})	350 por ciclo (300 días por ciclo)
R 1 Menor	Radio HF: afectaciones débiles o menores de las señales de HF en el lado diurno, pérdida ocasional de radiocomunicación. Navegación: alteraciones de corta duración de las señales de navegación de baja frecuencia.	M1 (10^{-5})	2000 por ciclo (950 días por ciclo)

[1] La duración del evento influye en la gravedad de los efectos.

[2] Brillo máximo de rayos X del GOES por clase y por flujo.

[3] Número de eventos o días de tormenta (1 ciclo = 11 años)

Fuente: Modificado a partir de NOAA (2020b)

Anexo B. *Escalas de severidad según los efectos biológicos y la operación de satélites para eventos causados por erupciones solares*

Escala	Efectos[1]	Parámetro físico[2]	Frecuencia promedio[3]
S 5 Extremo	Biológicos: peligro inevitable de alta radiación para astronautas en actividades extravehiculares (AEV); son posibles altos niveles de radiación para pasajeros y tripulación de naves aéreas comerciales a altas latitudes (equivalente a unas 100 radiografías del torso). Operaciones de satélites: pérdida de algunos satélites, daños en memoria provocan pérdida de control, intenso ruido en datos de imágenes, los seguidores de estrellas no pueden localizar las fuentes, daño permanente a paneles solares. Otros sistemas: no se pueden establecer comunicaciones HF en las regiones polares, los errores en los sistemas de posicionamiento hacen la navegación extremadamente difícil.	10^5	Menor que 1 por ciclo
S 4 Severo	Biológicos: peligro inevitable de alta radiación para astronautas en AEV; son posibles altos niveles de radiación para pasajeros y tripulación de naves aéreas comerciales en altas latitudes (equivalente a unas 10 radiografías del torso). Operaciones de satélites. Dificultades con los dispositivos de memoria, ruidos en sistemas de imágenes, malfuncionamiento en los localizadores de estrellas causan problemas de orientación, los paneles solares son afectados. Otros sistemas: bloqueo de las comunicaciones HF a través de las regiones polares, incremento en los errores de navegación durante varios días.	10^4	3 por ciclo
S 3 Fuerte	Biológicos: se recomienda que los astronautas en AEV eviten los peligros de radiación; son posibles bajos niveles de radiación para pasajeros y tripulación de naves aéreas comerciales a altas latitudes (equivalente a 1 radiografía del torso) Operaciones de satélites. Ocurrencia de eventos simples, ruido en las señales de imágenes, es posible ligera disminución de la eficiencia de los paneles solares. Otros sistemas: se deteriora la radio comunicación HF a través de las regiones polares, posibilidad de algunos errores en los sistemas de navegación.	10^3	10 por ciclo
S 2 Moderado	Biológicos: los pasajeros y la tripulación de las aeronaves que vuelan a gran altitud sobre latitudes altas pueden sufrir un riesgo elevado de radiación. Operaciones de satélites. Baja probabilidad de ocurrencia de eventos simples. Otros sistemas: Efectos no importantes en la propagación HF y en los sistemas de navegación a través de las regiones polares.	10^2	25 por ciclo
S 1 Menor	Biológicos: ningún efecto. Operaciones de satélites. Ningún efecto. Otros sistemas: afectaciones menores a las señales HF en las regiones polares.	10	50 por ciclo

[1] La duración del evento influye en la gravedad de los efectos.

[2] Nivel de flujo >=10 MeV partículas (iones)

[3] Número de eventos o días de tormenta (1 ciclo = 11 años)

Fuente: Modificado a partir de NOAA (2020b)

Anexo C. *Escala de severidad de las tormentas geomagnéticas*

Escala	Efectos[1]	Parámetro físico[2]	Frecuencia promedio[3]
G 5 Extremo	Sistemas eléctricos de trasmisión: extensos problemas de control del voltaje y de los sistemas de protección. Algunas redes de trasmisión pueden colapsar y los transformadores pueden llegar a sufrir daños. Operaciones de sistemas espaciales: inducción de carga eléctrica superficial extensiva, dificultades con la orientación, problemas con los enlaces y el seguimiento de satélites. Otros sistemas: la corriente inducida en las redes de combustibles es de cientos de amperes, en extensas áreas se bloquean las ondas de radio de alta frecuencia (HF) por varios días, se afecta la navegación por satélites durante un intervalo similar, se bloquea por horas la navegación por señales de baja frecuencia, y pueden verse auroras en zonas como Florida y el sur de Texas (típicamente 40° de latitud geomagnética).	Kp = 9	4 por ciclo (4 días por ciclo)
G 4 Severo	Sistemas eléctricos de trasmisión: posibilidad de extensos problemas de control del voltaje y de los sistemas de protección, irregular funcionamiento de la red de trasmisión. Operaciones de sistemas espaciales: posibilidad de inducción de carga eléctrica superficial y de dificultades con el seguimiento, se podrían requerir correcciones a los problemas de orientación. Otros sistemas: la inducción eléctrica en las redes de distribución de combustibles afecta las medidas preventivas, hay bloqueos esporádicos de señales de radio de HF, se afecta durante varias horas la navegación por satélites, se afecta la navegación por baja frecuencia, la aurora ha sido observada hasta en Alabama y el norte de California (típicamente 45° de latitud geomagnética).	Kp = 8	100 por ciclo (60 días por ciclo)
G 3 Fuerte	Sistemas eléctricos de trasmisión: se podrían requerir acciones de control del voltaje, se disparan en falso las alarmas de protección. Operaciones de sistemas espaciales: posibilidad de inducción de carga eléctrica en los componentes, puede ocurrir un incremento de la razón de decaimiento de satélites de órbitas bajas, podrían requerirse correcciones de la orientación. Otros sistemas: intermitencia en la navegación por satélites y por señales de baja frecuencia, señales de radio de HF intermitentes, la aurora ha sido observada hasta en Illinois y Oregon (típicamente 50° de latitud geomagnética).	Kp = 7	200 por ciclo (130 días por ciclo)
G 2 Moderado	Sistemas eléctricos de trasmisión: pueden producirse alarmas de voltaje en los sistemas de distribución de altas latitudes. Tormentas de larga duración pueden producir daño en transformadores. Operaciones de sistemas espaciales: se requieren acciones correctivas por el centro de control, los cambios en el decaimiento de los satélites afectan los cálculos de órbitas. Otros sistemas: la propagación de señales de HF se desvanece a altas latitudes, la aurora se ha visto hasta en Nueva York e Idaho (típicamente 55° de latitud geomagnética).	Kp = 6	600 por ciclo (360 días por ciclo)
G 1 Menor	Sistemas eléctricos de trasmisión: débiles fluctuaciones de potencia. Operaciones de sistemas espaciales: afectaciones menores a la operación de satélites. Otros sistemas: los animales migratorios se ven afectados a este y a niveles superiores. La aurora se ve comúnmente a altas latitudes (norte de Michigan y Maine).	Kp = 5	1700 por ciclo (900 días por ciclo)

1La duración del evento influye en la gravedad de los efectos.
2Valores de Kp
3Número de eventos o días de tormenta (1 ciclo = 11 años)

Fuente: Modificado a partir de NOAA (2020b)

Capítulo 4

El derecho aeroespacial y su desarrollo en el Estado colombiano*

DOI: https://doi.org/10.25062/9786287602229.04

Javier Hernando Conde Mesa
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

Resumen: Este capítulo aborda la evolución normativa y jurídica de la órbita geoestacionaria y del espacio ultraterrestre, con enfoque doctrinario, aplicable al uso y explotación pacífica del espacio aéreo, en el marco del concepto de poder aeroespacial. Se plasma la importancia que este reviste para el desarrollo de los Estados, siendo muy relevante la capacidad que representan sus Fuerzas Aéreas y, hoy por hoy, las Fuerzas Aeroespaciales. Se presenta de manera cronológica el desarrollo y aplicación del derecho público internacional en el seno de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y su trascendencia en las políticas públicas aplicables al dominio espacial en el Estado colombiano, en busca de los intereses nacionales a este respecto, en el marco de la seguridad y defensa nacional. El diseño metodológico es de tipo cualitativo, de corte analítico y descriptivo, bajo revisión documental de fuentes primarias ampliamente reconocidas, teniendo como referente primario la ONU.

Palabras clave: derecho público; dominio espacial; intereses nacionales; Organización de las Naciones Unidas; políticas públicas; uso pacífico del espacio.

* Este capítulo presenta los resultados del proyecto de investigación "Proyección del empleo de las capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia para la seguridad y defensa nacional", del grupo de investigación Masa Crítica, de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", categorizado como A1 por MinCiencias y con código de registro COL0123247. Los puntos de vista pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

Javier Hernando Conde Mesa
Magíster en educación de la Universidad Militar Nueva Granada y profesional en administración aeronáutica. Teniente Coronel de la Reserva Activa de la Fuerza Aérea Colombiana. Docente ocasional e investigador del grupo Masa Crítica en la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto". Orcid: **https://orcid.org/0000-0001-7152-9399** - Contacto: **javier.conde@esdeg.edu.co**

Citación APA: Conde Mesa, J. H. (2022). El derecho aeroespacial y su desarrollo en el Estado colombiano. En J. H. Conde Mesa (Ed.), *Visión aeroespacial colombiana* (pp. 107-123). Sello Editorial ESDEG. https://doi.org/10.25062/9786287602229.04

VISIÓN AEROESPACIAL COLOMBIANA

ISBN impreso: 978-628-7602-21-2
ISBN digital: 978-628-7602-22-9
DOI: https://doi.org/10.25062/9786287602229

Colección Estrategia, Geopolítica y Cultura
Sello Editorial ESDEG
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes prieto"
Bogotá D.C., Colombia
2022

Introducción

En el presente capítulo se realiza una descripción de la evolución normativa y jurídica, con enfoque doctrinario, aplicable al uso y explotación pacífica del espacio aéreo, de la órbita geoestacionaria y del espacio ultraterrestre, en el marco del concepto de poder aeroespacial. Esta caracterización abarca un ámbito global y, por consiguiente, su aplicación en el Estado colombiano.

Se considera la evolución del derecho público del orden nacional e internacional, alrededor de las políticas públicas con enfoque aeronáutico y su transición a las políticas públicas aplicables al ámbito espacial; se expone la forma como se afianzan sus conceptos y postulados normativos y jurídicos con miras al empleo de las capacidades de los Estados en cabeza de sus Fuerzas Aéreas y Fuerzas Espaciales, con el fin último de garantizar el alcance y goce de los intereses nacionales, en el amplio escenario del derecho aeroespacial.

En tal sentido se describe la participación de los diferentes actores tanto públicos como privados a nivel nacional y global, de cara al desarrollo de las actividades aeroespaciales, en contraste con las capacidades adquiridas para soportar las operaciones en este dominio y el alcance de los intereses nacionales, garantizando la seguridad y la defensa nacionales, lo que por su conducto trasciende al poder nacional.

La metodología utilizada es de tipo cualitativo, de corte analítico y descriptivo, fundamentado en la recolección de información documental de fuentes primarias reconocidas académica, jurídica y técnicamente; acompañadas por fuentes secundarias de alta trayectoria en el escenario estratégico y aeroespacial del orden mundial, lo cual permitirá dar a la vez realce al liderazgo que en este sentido debe asumir la institución militar aérea.

Inicialmente, se presentará la definición del concepto de territorio en el marco de la Constitución Política de Colombia del año 1991, plasmando su relación con los elementos de espacio aéreo, órbita geoestacionaria y espacio exterior; así como su relación e interacción con los conceptos de aire, espacio y ciberespacio, como elementos referentes de estudio del presente capítulo en concordancia con el concepto de Estado Social de Derecho aplicable a la República de Colombia.

Complementariamente, se expondrá el concepto de derecho espacial, así como la normatividad existente y el régimen jurídico aplicable a las actividades desarrolladas en el espacio exterior, contemplando a la vez la integración con los sujetos, objetos y actividades espaciales realizadas más allá de la línea de Kárman[1], según lo dispuesto en la Constitución Nacional, las directrices de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Oficina para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA).

Por último, y como resultado del proceso de investigación realizado, se presentará una descripción cronológica de tipo normativo y jurídico aplicable a la Nación colombiana, que servirá como referente de análisis para la toma de decisiones en el espectro de la Acción Unificada del Estado, en donde interviene la Estrategia para el desarrollo aéreo y espacial de la Fuerza Aérea Colombiana al año 2042 "Así se va a las Estrellas".

Espacio aéreo, órbita geoestacionaria y espacio exterior en la Constitución Nacional

La Constitución Política de Colombia del año 1991, en su título III "De los habitantes y del territorio", capítulo 4 "Del Territorio", define los elementos del Estado; allí se relacionan el espacio aéreo, órbita geoestacionaria y el espacio exterior.

> Los límites de Colombia son los establecidos en los tratados internacionales aprobados por el Congreso, debidamente ratificados por el Presidente de la República, y los definidos por los laudos arbitrales en que sea parte la Nación […] También son parte de Colombia, el subsuelo, el mar territorial, la zona contigua, la plataforma continental, la zona económica exclusiva, el espacio aéreo, el segmento de la órbita geoestacionaria, el espectro electromagnético y el

1 La línea de Kárman está situada en la frontera invisible entre la atmósfera terrestre y el espacio, a unos 100 kilómetros de altura sobre el nivel del mar. Esta línea se trazó a esa altura por un motivo. Y es que es el punto aproximado en el que una nave necesita cierta velocidad, similar a la de un satélite, para mantenerse en órbita y seguir volando (Alcolea Huertos, 2018).

> espacio donde actúa, de conformidad con el Derecho Internacional o con las leyes colombianas a falta de normas internacionales (Constitución Política de Colombia, 1991, art. 101)

La búsqueda de los intereses nacionales debe soportarse en políticas públicas y preferiblemente en políticas de Estado, las cuales, dando estricto cumplimiento a los lineamientos de la Carta Magna, redunden en la aplicación del poder nacional y por su conducto del poder militar en los dominios aéreo y espacial.

Cabe señalar que la Norma Superior antes citada, en su Título I "De los Principios Fundamentales", artículo 2 "Fines esenciales del Estado", responsabiliza al gobierno nacional como cabeza del Estado, en el sentido de garantizar la soberanía, la independencia y la integridad territorial:

> Son fines esenciales del Estado: servir a la comunidad, promover la prosperidad general y garantizar la efectividad de los principios, derechos y deberes consagrados en la Constitución; facilitar la participación de todos en las decisiones que los afectan y en la vida económica, política, administrativa y cultural de la Nación; defender la independencia nacional, mantener la integridad territorial y asegurar la convivencia pacífica y la vigencia de un orden justo (Constitución Política de Colombia, 1991, art. 2).

Es así como los intereses nacionales, y el cumplimiento de los fines esenciales del Estado han sido considerados taxativamente en el *Manual Fundamental de Doctrina Conjunta MFC 1.0 – Público* (2018), condición que genera una relación directa con la Seguridad de la Nación colombiana:

> La Nación debe estar vigilante y protegerse contra tales amenazas. La defensa nacional es la prioridad más alta del Ministerio de Defensa Nacional (MDN) cuya meta es identificar y derrotar amenazas tan lejos como sea posible. La disuasión y la cooperación en seguridad son relevantes para la defensa nacional (DN) y califican como distintos desafíos de la seguridad (FF. MM., 2018, pp. 1-25 de 1-26)

Basándose en el anterior planteamiento, es necesario considerar las eventuales amenazas que puedan afectar a la seguridad nacional, lo que deviene en vulnerabilidad a la soberanía nacional en los dominios aéreo y espacial. Por ello, y con respecto a la interacción en éstos, el *Manual de Doctrina Conjunta MFC 1.0 – Público* (2018), define al *espacio aéreo* como:

> Porción de la atmósfera sobre la superficie terrestre en el que se ejerce control o soberanía; lateralmente se define por los límites de la unidad o Estado que ejerce este control o soberanía y verticalmente este control se ejerce hasta la altura que permiten los medios disponibles. (FF. MM., 2018, p. 1-29)

De acuerdo a los conceptos previamente definidos, se ha podido visualizar la transición a los escenarios propios de la actividad aeroespacial, en donde la Fuerza Aérea Colombiana desempeña un papel protagónico, orientado el liderazgo que el Poder Nacional traslada a los dominios objeto de estudio. Es por ello que el *Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial (MABDA) FAC-0-E Público* (2013), define tanto al *poder aéreo,* como al *poder espacial* así:

> El poder aéreo es un 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 […] involucra la utilización y aplicación de los componentes de capacidad - DOMPI- para el logro de los objetivos impuestos por el nivel más alto de la política nacional. Dicho poder actúa de manera autónoma o en concierto, tanto con los poderes tradicionales como son el terrestre y el naval, como con los nuevos poderes, como son el espacial y el ciberespacial. (Fuerza Aérea Colombiana, 2020, p. 5-2)

El derecho espacial y su aplicación en las actividades desarrolladas en el espacio ultraterrestre

En palabras de Bravo, citado en el artículo "Un necesario marco jurídico para las actividades espaciales en Colombia" de Arenas Ceballos (2011), se presenta una interesante relación entre las variables de análisis que permiten definir de manera amplia y a la vez categórica el derecho espacial:

> Ese conjunto de principios elaborados por los estudiosos, y recogidos en las resoluciones de organismos internacionales o articulados en los acuerdos internacionales, se denomina derecho extraterrestre, interplanetario, intersideral, cósmico o espacial, bosqueja una definición que en principio nos acerca a la realidad de lo que ha sido el recorrido de esta materia jurídica que tiene su origen en los grandes avances tecnológicos que llevaron a la humanidad más allá del espacio aéreo, y que le abrió las puertas a un vertiginoso desarrollo técnico. (Arenas Ceballos, 2011, p. 38)

De igual modo, Velásquez (2013) plantea de una manera bastante integradora y clara la relación existente entre los campos de acción o campos del poder de un Estado. Como quiera que el derecho internacional en procura de la satisfacción de los intereses nacionales de los Estados y dada la necesidad de las Naciones de auscultar el espacio exterior, generando obligaciones y beneficios, considera:

> Si existe alguna rama del derecho y del derecho Internacional que constituye un reflejo claro y directo de las revoluciones industriales del siglo XX y XXI, lo es sin duda el derecho cósmico o del espacio ultraterrestre. El desarrollo científico y tecnológico que ha hecho posible que la humanidad explore y utilice ese ámbito único ha motivado el despliegue de intereses económicos, políticos, geopolíticos y estratégicos de los Estados soberanos. (Velásquez, 2013, p. 84)

Es así como al interior de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), existe la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA)[2]; dependencia que tiene la gran responsabilidad de fomentar las políticas para el uso y explotación del espacio exterior con fines pacíficos, siendo referente de análisis y estricto cumplimiento para las diferentes naciones y Estados signatarios de esta organización del orden global (temática que será ampliamente detallada en el quinto capítulo del presente libro como producto de investigación).

Importancia del uso y la aplicación del derecho espacial para el Estado colombiano

A partir del momento se va a presentar de manera secuencial, a través de una secuencia cronológica la normatividad existente, aplicable a la temática espacial tanto del orden global como del orden nacional, con el propósito de dar claridad y establecer la viabilidad y pertinencia de su aplicación desde el enfoque normativo, jurídico y legal en este interesante ámbito multidominio.

Siendo el Estado colombiano miembro de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), reconoce, acoge y da cumplimiento a los *Tratados y Principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre y resoluciones conexas de la Asamblea General*, siendo el documento compendio denominado *Texto de los tratados y principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, aprobados por la Asamblea General de las Naciones Unidas* (ONU, 2008).

En el año 2002 la ONU promulga el documento rector antes citado, que se convierte en un referente a nivel global para el uso del espacio ultraterrestre, dadas las capacidades existentes en algunas naciones y la intención de incursión en el ámbito del dominio espacial. El documento se divide en dos partes esenciales:

2 Oficina de Asuntos de Espacio Ultraterrestre de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Tomado de: https://www.unov.org/unov/es/unoosa.html

> La primera parte se titula *"Tratados de las Naciones Unidas",* y se divide en cinco componentes: *A*. Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes; *B*. Acuerdo sobre el salvamento y la devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre; *C*. Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales; *D*. Convenio sobre el registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre; y *E*. Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes.
>
> La segunda parte se denomina "*Principios aprobados por la Asamblea General*", y a su vez contempla cinco apartados: *A*. Declaración de los principios jurídicos que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre; *B*. Principios que han de regir la utilización por los Estados de satélites artificiales de la Tierra para las transmisiones internacionales directas por televisión; *C*. Principios relativos a la teleobservación de la Tierra desde el espacio; *D*. Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre; y *E*. Declaración sobre la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre en beneficio e interés de todos los Estados, teniendo especialmente en cuenta las necesidades de los países en desarrollo (Organización de las Naciones Unidas, 2002).

El documento de la ONU titulado *Tratados y Principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre y resoluciones conexas de la Asamblea General* (2002), establece claramente el alcance y propósito de esta organización internacional en lo que respecta al espacio ultraterrestre, en el marco de las reglas de conducta internacionales y con el fin de garantizar las armoniosas relaciones internacionales:

> Una de las principales responsabilidades de las Naciones Unidas en la esfera jurídica es impulsar el desarrollo progresivo del derecho internacional y su codificación […] El espacio ultraterrestre, un medio extraordinario en muchos respectos es, por añadidura, único en su género desde el punto de vista jurídico. Sólo recientemente las actividades humanas y la interacción internacional en el espacio ultraterrestre se han convertido en realidad y se ha comenzado a formular las reglas de conducta internacionales para facilitar las relaciones internacionales en el espacio ultraterrestre (Organización de las Naciones Unidas, 2002)

El gobierno nacional, mediante el Decreto número 2442 del 18 de julio de 2006 *Por el cual se crea la Comisión Colombiana del Espacio (CCE)*, define dicha entidad como:

> órgano intersectorial de consulta, coordinación, orientación y planificación, con el fin de orientar la ejecución de la política nacional para el desarrollo y aplicación de las tecnologías espaciales, y coordinar la elaboración de planes, programas y proyectos en este campo. (Decreto 2442, 2006, art. 2)

De esta manera se da inicio a las actividades de tipo interdisciplinario e intersectorial para el desarrollo de las actividades espaciales al interior del Estado colombiano y la proyección que representa en este importante dominio.

De esta suerte es como en el año 2008, la ONU publicó el documento *Tratados y Principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre y resoluciones conexas de la Asamblea General*, que en complemento al documento inicial del año 2002, adiciona una tercera parte denominada *Resoluciones conexas aprobadas por la Asamblea General*, conformada por cuatro apartados (relación establecida en el índice de la Norma):

> *A*. Resoluciones 1721 A y B (XVI), de 20 de diciembre de 1961. Cooperación internacional para la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos; *B*. Párrafo 4 de la Resolución 55/122, de 8 de diciembre de 2000. Cooperación internacional para la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos. Algunos aspectos relativos a la utilización de la órbita geoestacionaria; *C*. Resolución 59/115, de 10 de diciembre de 2004. Aplicación del concepto de "Estado de lanzamiento"; y *D*. Resolución 62/101, de 17 de diciembre de 2007. Recomendaciones para mejorar la práctica de los Estados y las organizaciones intergubernamentales internacionales en cuanto al registro de objetos espaciales. (Organización de las Naciones Unidas, 2008)

En esta segunda revisión de los *Tratados y Principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre y resoluciones conexas de la Asamblea General*" (2008), promulgada en el seno de la ONU, bajo la orientación de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA), se enfatiza que la finalidad de esa norma rectora es compendiar los cinco tratados sobre el espacio ultraterrestre y los cinco conjuntos de principios aprobados por las Naciones Unidas, así como resoluciones conexas de la Asamblea General, siendo un referente de obligatoria consulta en lo que jurídicamente respecta al estudio del Espacio Ultraterrestre. En el prefacio de la norma, inicialmente recalca la importancia de la aprobación de los "principios jurídicos que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre", por parte de la Asamblea General en el año de 1963. En complemento, se elaboraron en la ONU cinco tratados generales de orden multilateral que incorporan y desarrollan conceptos plasmados en la declaración de los principios jurídicos:

> *(i)* El Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes (Resolución 2222 (XXI) de la Asamblea General), aprobado el 19 de diciembre de 1966, abierto a la firma el 27 de enero de 1967, entró en vigor el 10 de octubre de 1967.
>
> *(ii)* El Acuerdo sobre el salvamento y la devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre (Resolución 2345 (XXII) de la Asamblea General), aprobado el 19 de diciembre de 1967, abierto a la firma el 22 de abril de 1968, entró en vigor el 3 de diciembre de 1968.
>
> (*iii)* El Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales (Resolución 2777 (XXVI) de la Asamblea General), aprobado el 29 de noviembre de 1971, abierto a la firma el 29 de marzo de 1972, entró en vigor el 11 de septiembre de 1972.
>
> *(iv)* El Convenio sobre el registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre (Resolución 3235 de la Asamblea General), aprobado el 12 de noviembre de 1974, abierto a la firma el 14 de enero de 1975, entró en vigor el 15 de septiembre de 1976.
>
> *(v)* El Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes (Resolución 3468 de la Asamblea General), aprobado el 5 de diciembre de 1979, abierto a la firma el 18 de diciembre de 1979, entró en vigor el 11 de julio de 1984 (Organización de las Naciones Unidas, 2008).

En el contexto global, es importante analizar que la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA) de la ONU, a través del *documento Proyecto de presupuesto por programas para 2021. Parte II. Asuntos políticos. Sección 6. Utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos. A. Proyecto de plan del programa para 2021 y ejecución del programa en 2019 Orientación general. Mandatos y antecedentes,* establece de manera esencial la normatividad aplicable al uso del espacio ultraterrestre por parte de sus Estados miembros.

De las circunstancias antes descritas nace el hecho de que las decisiones políticas impartidas por el Gobierno colombiano motivan la promulgación del Decreto 2516 del 15 de noviembre del año 2013, *Por el cual se crea un Programa Presidencial*, condición que genera la necesidad de orientar desde la oficina del conductor político del Estado colombiano la integración de las capacidades y potencial de la nación, lo que se resume en el concepto de *Poder Nacional:*

> Créase en el Departamento Administrativo de la Presidencia de la República, el Programa Presidencial para el Desarrollo Espacial Colombiano (PPDEC), con el fin de que lidere, coordine, fortalezca e impulse el desarrollo espacial

> colombiano y su integración al escenario internacional, a través de la implementación de planes, proyectos y programas que amplíen los beneficios que las tecnologías espaciales y permitan generar una nueva área de desarrollo industrial y de conocimiento para Colombia. (Decreto 2516, 2013, art. 1)

En cuanto al Programa Presidencial para el Desarrollo Espacial Colombiano (PPDEC), se le asignan diez funciones puntuales que serán ejercidas bajo la supervisión inmediata de la Vicepresidencia de la República, establecidas en el artículo 2 del Decreto 2516 del año 2013, así:

> 1. Proponer la Política Nacional Espacial y las acciones y estrategias que fomenten el desarrollo espacial del país; 2. Orientar y promover la formulación del Plan Estratégico de Desarrollo Espacial y la ejecución de planes derivados, programas y proyectos relacionados con el Desarrollo Espacial Colombiano; 3. Promover la coordinación interinstitucional e intersectorial que contribuya al Desarrollo Espacial Colombiano; 4. Promover y coordinar acciones con las autoridades correspondientes para el cumplimiento de la normativa espacial vigente en el país; 5. Promover, fomentar, coordinar e impulsar programas académicos, el desarrollo científico y tecnológico y la industria aeroespacial en el País; 6. Proponer, desarrollar y coordinar estrategias de comunicación y difusión, que permitan dar a conocer los beneficios de las tecnologías espaciales para el desarrollo del país y bienestar de los colombianos; 7. Fomentar la apropiación del conocimiento y la tecnología en temática espacial para el beneficio social; 8. Incentivar, promover y apoyar la investigación científica, tecnológica y la innovación en temas aeroespaciales; 9. Promover la formación de capital humano especializado en áreas relacionadas con el sector aeroespacial; 10. Las demás que le señalen las normas legales o reglamentarias. (Decreto 2516, 2013, art. 2)

Como se puede inferir, las disposiciones antes expuestas son concordantes con la Constitución Política de Colombia, Título VII "De la Rama Ejecutiva", capítulo primero *"Del Presidente de la República"*, artículo 189 "Corresponde al Presidente de la República como Jefe de Estado, Jefe de Gobierno y Suprema Autoridad Administrativa", numeral 2 "Dirigir las relaciones internacionales. Nombrar a los agentes diplomáticos y consulares, recibir a los agentes respectivos y celebrar con otros Estados y entidades de derecho internacional tratados o convenios que se someterán a la aprobación del Congreso" (Constitución Política de Colombia, 1991, art. 189). Aunado a la situación, se emite el Decreto 1065 del 10 de junio de 2014 por medio del cual se promulga el *Convenio sobre el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre*, suscrito en Nueva York, Estados Unidos de América, el 12 de noviembre de 1974, dando así cumplimiento a los *Tratados y*

Principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre y resoluciones conexas de la Asamblea General, documento promulgado en el año 2008.

De manera complementaria, la Presidencia de la República de Colombia con fecha del 2 de septiembre de 2014 emite el Decreto 1649, *Por el cual se modifica la estructura del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República (DAPRE)***.** En el artículo 35 de este acto administrativo se hace referencia a la *Dirección de Proyectos Especiales***,** y se establecen las funciones de la Dirección de Proyectos Especiales del Sector Administrativo de la Presidencia de la República, como se indica:

> *Numeral 2:* Orientar y promover la formulación del Plan Estratégico de Desarrollo Espacial y la ejecución de planes derivados, programas y proyectos relacionados con el Desarrollo Espacial Colombiano, la coordinación interinstitucional e intersectorial que contribuya al Desarrollo Espacial Colombiano […] *Numeral 4*: Ejercer la Secretaría Técnica de las Comisiones Intersectoriales del Océano y del Espacio. (Decreto 1649, 2014, art. 35)

Por disposición del Ejecutivo, con fecha del 17 de marzo del año 2015 se emite el Decreto 470, *Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1649 de 2014.* En su artículo 1, el Decreto 470 de 2015 establece "Adición de un numeral al artículo 8 del Decreto 1649 de 2014". Es decir, adiciona a las funciones del Despacho del director del Departamento Administrativo de la Presidencia (DAPRE): "25. Orientar y promover la formulación del Plan Estratégico de Desarrollo Espacial y la ejecución de planes derivados, programas y proyectos relacionados con el Desarrollo Espacial Colombiano, la coordinación interinstitucional e intersectorial que contribuya al Desarrollo Espacial Colombiano" (Decreto 470, 2015, art. 1). Adicionalmente en su artículo 2 "Se modifica el artículo 35 del Decreto 1649 del año 2014". Es decir, de las funciones asignadas a la Dirección de Proyectos Especiales del Sector Administrativo de la Presidencia de la República, se omite la correspondiente al numeral 4 que hace referencia a "Ejercer la Secretaría Técnica de las Comisiones Intersectoriales del Océano y del Espacio".

La intención del Ejecutivo, en cabeza del Sector Administrativo Seguridad y Defensa Nacional, se manifiesta en el Decreto 1070 del 26 de mayo del año 2015 *Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Defensa*", en su título IX se hace referencia al "*Registro de objetos lanzados al Espacio Ultraterrestre*. En el artículo 2.2.9.1 *"Definiciones"***,** se presentan conceptos esenciales tales como: apogeo; designación o número de registro; entidad de registro; Estado de lanzamiento; Estado de registro; hora UTC; inclinación; objeto espacial; órbita; perigeo; periodo nodal; periodo orbital; registro; y vehículo de lanzamiento.

De manera seguida en el artículo 2.2.9.2 "Objeto", plantea: Establecer las normas y procedimientos para efectuar el registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre en cumplimiento a lo dispuesto en la Ley 1569 de 2 de agosto de 2012. Se asignan funciones y responsabilidades al sector defensa, tal como se indica:

> PARÁGRAFO 1. La Fuerza Aérea Colombiana designará una dependencia y un procedimiento que permita que una entidad estatal y pública tenga acceso a un proceso de registro de los objetos lanzados al espacio. PARÁGRAFO 2. Cuando haya dos o más Estados de lanzamiento, el contenido de cada registro y las condiciones en las que este se llevará a cabo serán determinados por el Estado de registro interesado. En el caso que Colombia llegase a un acuerdo con otros estados para hacer un lanzamiento de objetos al espacio exterior, se deben tener en cuenta los tratados y disposiciones internacionales al respecto.
>
> PARÁGRAFO 3. Cuando se trate de lanzamiento de objetos en territorio colombiano, las entidades deberán abstenerse de efectuar el lanzamiento, sin haber efectuado previamente el registro correspondiente. (Decreto 1070, 2015, art. 2.2.9.2)

Con fecha del 2 de mayo de 2016, el Presidente de la República mediante el Decreto 724**,** *Por el cual se modifica la estructura del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República*", en su artículo 6 modifica el numeral 14 y adiciona los numerales 15 y 16 al artículo del Decreto 1649 de 2014, dando estas funciones al Despacho del Alto Consejero Presidencial para el Posconflicto, Derechos Humanos y Seguridad:

> Numeral 15. Orientar y promover la formulación del Plan Estratégico de Desarrollo Espacial y la ejecución de planes derivados, programas y proyectos relacionados con el Desarrollo Espacial Colombiano, la coordinación interinstitucional e intersectorial contribuya Desarrollo Espacial Colombiano. (Decreto 724, 2016, art. 6)

Todas estas razones permiten apreciar a través del presente recuento cronológico, la necesidad de precisar el contenido del Decreto Presidencial 0672 de fecha 26 de abril de 2017, *Por el cual se modifica la estructura del Departamento Administrativo de la Presidencia*, artículo 45 "Consejero Presidencial de Seguridad": "Son funciones del Consejero Presidencial de Seguridad, las siguientes: Numeral 7. Ejercer la Secretaría Ejecutiva en la Comisión Colombiana del Espacio – CCE" (Decreto 0672, 2017, art. 45).

Dada la importancia que en el marco de las políticas públicas ha significado la Comisión Colombiana del Espacio (CCE), la Presidencia de la República mediante el Decreto 1714 del 5 de septiembre de 2018**,** *Por el cual se confía a la Vicepresidencia de la República unas misiones*", en su artículo 8, establece: "Confiar a la Vicepresidenta de la República la misión ejercer la presidencia de la Comisión Colombiana del Espacio"; decisión que le imprime un mayor nivel y alcance a esta importante entidad de consulta, coordinación y planificación de la Política Espacial Colombiana (creada mediante el Decreto Ley 2442 del 18 de julio de 2006).

Sobre la validez de lo expuesto, con fecha del 6 de diciembre de 2018, la Presidencia de la República mediante el Decreto 2258, *Por medio del cual se establecen normas y procedimientos para el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre y se adiciona el Título 9 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1070 de 2015 (Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Defensa)***,** amplía de manera puntual el protocolo para la normatividad antes citada, dando una amplia responsabilidad a la Fuerza Aérea Colombiana respecto al control que debe realizar en el dominio espacial:

> Como la entidad que llevará a cabo el registro de los lanzamientos realizados al espacio exterior desde suelo colombiano y por entidades nacionales, con la salvedad de que el registro se realizará hasta que se cree la Agencia Espacial Colombiana", y para el efecto, manifiesta la necesidad de un decreto reglamentario para la ejecución del "Convenio sobre el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultra terrestre" y considera de gran importancia para el control y la seguridad del espacio aéreo nacional. (Decreto 2258, 2018)

Dados los considerandos anteriores, el Decreto 2258 de 2018 en complemento al Decreto 1070 de 2015, *Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Defensa***,** da funciones y responsabilidades puntuales a la Fuerza Aérea Colombiana, respecto al registro y creación del *Registro Único Colombiano de Objetos lanzados al Espacio ultraterrestre (RUCOE)*:

> Artículo 2.2.9.4. ENTIDAD DEL REGISTRO. Se designa como Entidad de Registro, a la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), a quien se le confía la guarda de la integridad de los datos; dicha responsabilidad implica la creación, actualización, mantenimiento y administración de los datos de registro, así como, la emisión de informes y reportes a que haya lugar, que utilicen como fuente dichos registros. (Decreto 2258, 2018, art. 2.2.9.4)

Los detalles normativos y protocolos a nivel global establecidos para el uso del espacio ultraterrestre, de acuerdo a los lineamientos establecidos por la

Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA), se presentan en el capítulo quinto de la presente publicación "Tecnologías espaciales para la guerra: Una mirada desde el uso pacífico del espacio", en donde se contrastará la trascendencia de su aplicación desde la perspectiva de países que se han destacado por su liderazgo en el ámbito aeroespacial y que a su vez cuentan con reconocidas Fuerzas Aeroespaciales: China, Rusia, Japón y Francia, siendo los más representativos; asimismo Estados Unidos, que actualmente es el único país del globo terrestre que cuenta con una Fuerza Espacial, aspecto que fortalece su poder militar y facilita su tránsito a la condición hegemónica que ostenta.

Conclusiones

Se abordó el concepto de territorio, tomando como referente a la Constitución Política de Colombia del año 1991, plasmando su relación con los elementos de espacio aéreo, órbita geoestacionaria y espacio exterior, así como su relación e interacción con los dominios aéreo y espacial, siendo elementos referentes de estudio; aspecto que permitió establecer la importancia que estos dominios representan vinculados al concepto de soberanía nacional y de Estado social de derecho, en conjunto con la normatividad y legislación vigente, aplicable al Estado colombiano.

El concepto de derecho espacial, así como los lineamientos y la normatividad propia de las actividades desarrolladas en el Espacio ultraterrestre, contempla la integración con los sujetos, objetos y actividades espaciales realizadas en este dominio; razones que apuntan a la consecución de los intereses nacionales planteados en la Carta Magna, en contraste con las directrices impartidas en el seno de la ONU, bajo la orientación de la Oficina para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA).

El proceso de revisión documental y la descripción cronológica propia de la normatividad aplicable a la doctrina aeroespacial permite establecer que desde la interpretación realizada por parte de la comunidad internacional, así como el enfoque abordado al interior del Estado colombiano, genera expectativa respecto a la importancia que reviste tanto la interpretación como la aplicación del derecho espacial para la Nación colombiana, siendo a la vez un referente para el desarrollo de la Acción Unificada del Estado y por su conducto del Poder Nacional.

La orientación dada a través de políticas públicas, respecto a la a proyección del uso de los activos espaciales y el empleo de las capacidades aeroespaciales, permite a la institución militar aérea orientar el empleo del *Poder Aeroespacial*

(elemento esencial del Poder Nacional en estos dominios), genera la necesidad de formular políticas públicas que perduren en el tiempo y que transiten a políticas de Estado, de modo que se conviertan en la guía esencial para el desarrollo de los renglones productivos del país y la supervivencia del Estado, acorde a la Estrategia para el desarrollo aéreo y espacial de la Fuerza Aérea Colombiana al año 2042 "Así se va a las Estrellas".

Referencias

Alcolea Huertos, A. (2018, 26 de julio). Qué es la línea de Kárman y por qué el espacio está más cerca de lo que pensamos. *Computer Hoy*. https://computerhoy.com/noticias/life/que-es-linea-karman-que-espacio-esta-mas-cerca-que-pensamos-281899

Arenas Ceballos, J. (2011). Un necesario marco jurídico para las actividades espaciales en Colombia. *Civilizar. Ciencias Sociales y Humanas, 11*(20), 37-43. https://www.redalyc.org/pdf/1002/100222636004.pdf

Constitución Política de Colombia. (1991). *Gaceta Constitucional n.º 116*. http://bit.ly/2NA2BRg

Decreto 0672 (2017, 26 de abril). *Por el cual se modifica la estructura del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República.* Presidencia de la República de Colombia. https://shortly.cc/7A0dU

Decreto 1065 (2014, 10 de junio). *Por medio del cual se promulga el Convenio sobre el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre*. Presidencia de la República de Colombia. https://shortly.cc/VXs5D

Decreto 1070 (2015, 26 de mayo). *Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Defensa*. Ministerio de Defensa Nacional. https://shortly.cc/MtBJ8

Decreto 1649 (2014, 2 de septiembre). *Por el cual se modifica la estructura del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República (DAPRE)*. https://shortly.cc/8K5qz

Decreto 1714 (5 de septiembre de 2018). *Por el cual se confía a la Vicepresidencia de la República unas misiones.* Presidencia de la República de Colombia. https://shortly.cc/oMugu

Decreto 2258 (2018, 6 de diciembre). *Por medio del cual se establecen normas y procedimientos para el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre y se adiciona el Título 9 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1070 de 2015 (Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Defensa)*. Presidencia de la República de Colombia. https://shortly.cc/Hvddm

Decreto 2442 (2006, 18 de julio). *Por el cual se crea la comisión Colombiana del Espacio (CCE)*. Presidencia de la República de Colombia. https://shortly.cc/mxzti

Decreto 2516 (2013, 15 de noviembre). *Por el cual se crea un Programa Presidencial*. https://shortly.cc/UAhHu

Decreto 470 (2015, 17 de marzo). *Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1649 del 02 de septiembre de 2014*. Presidencia de la República de Colombia. https://shortly.cc/CTtxY

Decreto 724 (2016, 2 de mayo). *Por el cual se modifica la estructura del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República*. Presidencia de la República de Colombia. https://shortly.cc/BvJPi

Fuerza Aérea Colombiana. (2020). *Manual de Doctrina Básica Aérea, Espacial y Ciberespacial*. Departamento Estratégico de Doctrina Aérea y Espacial.

Fuerzas Militares de Colombia (2018). *Manual de Doctrina Conjunta*. *Público (MFC 1.0)*. Páginas 1-25 a 1-29.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2002). *"Tratados y Principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre y resoluciones conexas de la Asamblea General"* ST/SPACE/11. (Prefacio). New York. https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2008). "*Tratados y Principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre y resoluciones conexas de la Asamblea General"* ST/SPACE/11/Rev.2. New York. https://shortly.cc/oOc1i

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2020). *"Proyecto de presupuesto por programas para 2021. Parte II. Asuntos políticos. Sección 6. Página 4. Utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos"*. https://digitallibrary.un.org/record/3856714

Velásquez, J (2013). El derecho del espacio ultraterrestre en tiempos decisivos: ¿estatalidad, monopolización o universalidad? *Anuario Mexicano de Derecho Internacional,* (XIII), pp. 583-638 http://www.scielo.org.mx/pdf/amdi/v13/v13a14.pdf

Capítulo 5

Tecnologías espaciales para la guerra. Una mirada desde el principio del uso pacífico del espacio*

DOI: https://doi.org/10.25062/9786287602229.05

Laura Camila Ruiz Pedroza
Universidad de Buenos Aires

Edgar Leonardo Gómez Gómez
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Resumen: En este capítulo se analiza la evolución y el estado actual de las capacidades institucionales y tecnológicas de los países considerados potencias mundiales en el campo espacial: Estados Unidos, China, Rusia, Francia, Japón, Corea del Norte e India, países que desarrollan cada vez más su infraestructura y capacidades en dicho ámbito. Además, han avanzado hacia la creación de Fuerzas Espaciales destinadas a proteger sus activos puestos en órbita y a ejercer dominio del espacio exterior como parte de sus estrategias de seguridad y defensa nacionales. Estas capacidades tecnológicas y la situación geopolítica global permiten prever la posibilidad latente de un conflicto internacional que implique el uso de tecnologías militares espaciales, que podría tener una afectación global, debido al alcance de las armas puestas en la órbita terrestre. Se estudia el desarrollo institucional, normativo y doctrinario de este fenómeno, para finalizar con un análisis jurídico sobre el principio del uso pacífico del espacio y el deber de no militarización, en pro de ratificar la necesidad urgente de actualización de la normativa internacional que regula el uso de este escenario.

Palabras clave: capacidades tecnológicas; espacio ultraterrestre; fuerzas espaciales; geopolítica global, órbita terrestre

* Este capítulo presenta los resultados del proyecto de investigación "Proyección del empleo de las capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia para la seguridad y defensa nacional", del grupo de investigación Masa Crítica, de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", categorizado como A1 por MinCiencias y con código de registro COL0123247. Los puntos de vista pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

Laura Camila Ruiz Pedroza
Oficial de la Reserva Activa de la Fuerza Aérea Colombiana. Estudiante del Doctorado en derecho constitucional de la Universidad de Buenos Aires. Especialista en derecho público de la Universidad Externado de Colombia. Abogada egresada de la Universidad Militar Nueva Granada. Orcid: **https://orcid.org/0000-0001-6327-5798**

Edgar Leonardo Gómez Gómez
Magíster en ingeniería de telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Colombia. Especialista en gerencia de proyectos en ingeniería, Miembro de la Academia Colombiana de Historia Aérea. Ingeniero electrónico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Docente de tiempo completo de la Universidad Distrital, en el programa de Ingeniería en Telecomunicaciones. Orcid: **https://orcid.org/0000-0002-9544-0265** - Contacto: **elgomezg@udistrital.edu.co**

Citación APA: Ruiz Pedroza, L. C., & Gómez Gómez, L. (2022). Tecnologías espaciales para la guerra. Una mirada desde el principio del uso pacífico del espacio. En J. H. Conde Mesa (Ed.), *Visión aeroespacial colombiana* (pp. 125-156). Sello Editorial ESDEG. https://doi.org/10.25062/9786287602229.05

VISIÓN AEROESPACIAL COLOMBIANA

ISBN impreso: 978-628-7602-21-2
ISBN digital: 978-628-7602-22-9
DOI: https://doi.org/10.25062/9786287602229

Colección Estrategia, Geopolítica y Cultura
Sello Editorial ESDEG
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes prieto"
Bogotá D.C., Colombia
2022

CC BY NC ND

Introducción

Para el desarrollo del presente capítulo, es oportuno mencionar que la evolución tecnológica en materia espacial ha contribuido con grandes aportes y logros a la humanidad en diferentes aspectos, por ejemplo, los sistemas de posicionamiento global o los enlaces satelitales de comunicaciones, entre otros, que en la actualidad se usan con fines diversos en todo el mundo por personas e instituciones tanto civiles como militares. En el mismo sentido, se puede manifestar que de la mano de la carrera espacial y de los principales actores de las guerras que han ocurrido en las últimas décadas se desarrolló la carrera armamentista a nivel mundial, como consecuencia de los comportamientos de los países considerados potencias. En búsqueda de prevenir el desplazamiento del teatro de guerra al espacio, la Organización de Naciones Unidas creó la normativa referente a la utilización del espacio ultraterrestre en beneficio de la humanidad y exclusivamente con fines pacíficos.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de este trabajo es presentar una mirada a las tecnologías espaciales existentes en la actualidad y que podrían ser usadas en un teatro de guerra que involucre las órbitas terrestres desde el punto de vista del principio del uso pacífico del espacio y las acciones que se llevan a cabo en el mundo tendentes a la militarización de tal escenario.

Con base en este análisis se podría decir, entonces, que este principio a la fecha no se está cumpliendo a cabalidad. Otro factor para considerar es que las Fuerzas Militares Espaciales son creadas con el propósito de defender los activos en el espacio de las naciones a las que pertenecen, se abre la posibilidad para que las potencias organicen sus activos tanto económicos como de personal humano para dominar el espacio y lo más peligroso es que podrían usarse para desarrollar armas de alcance global, como lo sugieren los ejercicios internacionales presentados en el título quinto de este capítulo.

Con el fin de desarrollar esta idea, es preciso abordar el panorama actual referente a tecnologías espaciales y a ejercicios militares que involucran capacidades espaciales, con énfasis en aquellas que tendrían relación con la posibilidad de una guerra internacional. En este sentido, el capítulo comienza presentando una visión general de las Fuerzas Espaciales que existen en el mundo, creadas por los países potencias en materia espacial mencionados anteriormente, sumado a un análisis de las capacidades espaciales y contraespaciales que estas Fuerzas han desarrollado o están en la capacidad de desarrollar para utilizarlas en una posible guerra internacional que involucre el espacio ultraterrestre como teatro de guerra.

Luego, se establece el contexto de la normatividad internacional que hace un llamado al principio del uso pacífico del espacio exterior con el fin de evitar las catastróficas consecuencias que tendría un conflicto como el mencionado. Para soportar esta idea y evidenciar la posibilidad latente de ocurrencia de acciones militares en el espacio exterior, se presentan algunos ejercicios internacionales que han sucedido en los últimos años y que podrían resultar en un posible conflicto internacional. Finalmente, se expone un análisis realizado por los autores el cual pretende abordar la pregunta: ¿es suficiente esta normativa en el evento de una guerra que involucre tecnologías espaciales?

Potencias mundiales en el campo espacial. Surgimiento de las Fuerzas Espaciales

La conquista del espacio ultraterrestre se gesta el 4 de octubre de 1957 con el lanzamiento exitoso del satélite Sputnik 1 por parte de la Unión Soviética. Desde entonces, el mundo lleva más de 60 años en una incesante carrera por desarrollar capacidades para poner objetos de diversa índole en las órbitas terrestres, lo que nos ha llevado en la actualidad a una nueva carrera, esta vez por obtener el dominio del espacio. Esta carrera se da entre un grupo reducido de países que denominaremos en este capítulo potencias mundiales en el campo espacial. En los últimos años estas potencias han demostrado un evidente aumento en sus activos espaciales, desarrollo de capacidades cada vez más avanzadas en la materia y capacidades contraespaciales, las cuales pueden usarse para contrarrestar ataques a cualquier elemento de un sistema satelital. El concepto de activos espaciales será objeto de un estudio más amplio en el siguiente capítulo de este libro.

Lo anterior ha llevado a los autores a analizar la inminente posibilidad de un conflicto internacional que involucre el uso de capacidades espaciales y cuyo escenario se desarrolle bien sea en las órbitas terrestres o desde la superficie terrestre con un alcance espacial.

En reconocimiento de esta situación de amenaza proveniente del espacio, países como Estados Unidos, China, Rusia, Francia, entre otros, han ajustado sus estrategias de seguridad y defensa nacionales otorgándole un papel protagónico a la defensa de sus activos espaciales y su territorio, mediante el dominio del espacio y el ciberespacio. A continuación, se presenta una descripción de las capacidades institucionales y técnicas que poseen algunos de los países considerados potencias mundiales en el campo espacial y que podrían verse involucrados en un posible conflicto internacional por el dominio del espacio ultraterrestre:

Estados Unidos

El mes de diciembre de 2019 se da la creación de la Fuerza Espacial de los Estados Unidos (USSF, United States Space Force) mediante la restructuración del Comando Espacial de la Fuerza Aérea Norteamericana, el cual funcionaba desde 1982 (Department of Defense, 2020).

Esta Fuerza Espacial se convierte en un brazo más de las fuerzas armadas norteamericanas. Se estableció dentro del Departamento Militar de la Fuerza Aérea, lo que significa que el secretario de la Fuerza Aérea tiene la responsabilidad general de la USSF bajo la guía y dirección del secretario de Defensa. Su misión se ha establecido como:

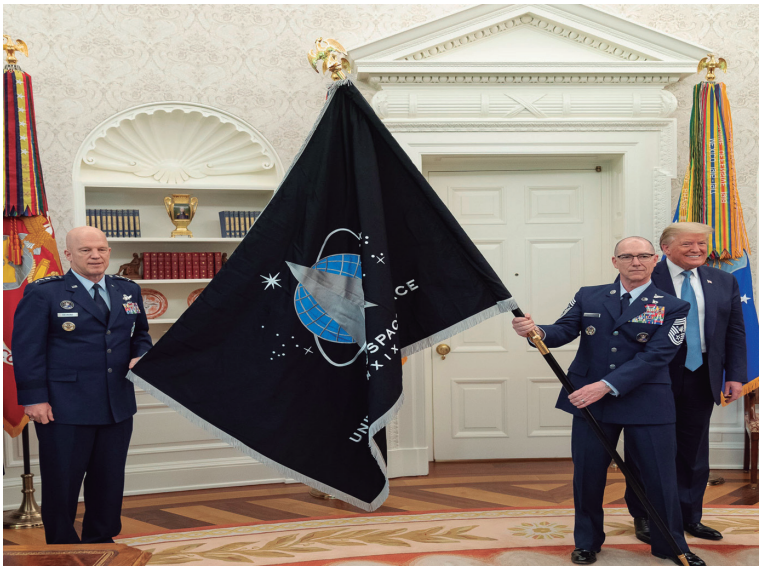
> La USSF La USSF es responsable de organizar, capacitar y equipar a los Guardianes para llevar a cabo operaciones espaciales globales que mejoran la forma en que luchan nuestras fuerzas conjuntas y de coalición, al mismo tiempo que ofrece a los tomadores de decisiones opciones militares para lograr objetivos nacionales. (USSF, 2022) (traducción propia)
> (USSF, 2020)

El objetivo de su creación inicialmente no es poner tropas en órbita, pero sí tener una organización militar que administre los recursos para que, mediante cohetes y satélites controlados desde la Tierra, puedan ejercer un dominio en el espacio ultraterrestre y defender sus activos espaciales (tanto en el segmento espacial como en los segmentos de control y de usuario), además de los intereses propios de la nación norteamericana. Las capacidades militares que Estados Unidos espera obtener con la USSF son: cobertura global continua, baja

vulnerabilidad y operaciones autónomas, comunicaciones seguras esenciales en el teatro operacional, datos meteorológicos y de navegación para operaciones terrestres, aéreas y de flota y advertencias de amenazas (USSF, 2020). (USSF, 2022)

En la Figura 1 se muestra el momento en el que es presentada la bandera de la Fuerza Espacial en la Casa Blanca.

Figura 1. *Presentación de la bandera de la Fuerza Espacial de Estados Unidos en la Casa Blanca*



Fuente: Craighead (2020)

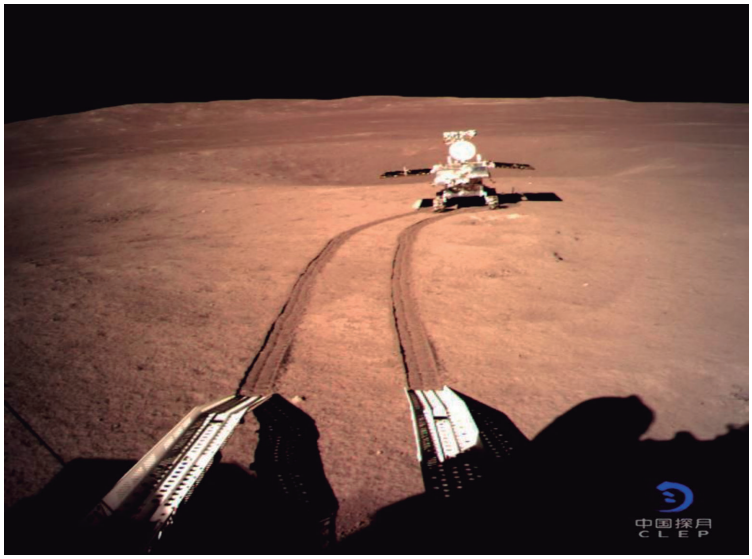
China

En la década de 2010 China realizó más de 200 lanzamientos orbitales exitosos (Aerospace Security Program, 2020). Sus capacidades civiles, militares y comerciales están creciendo rápidamente y entre sus planes para 2020 está el lanzamiento de más de 60 satélites (Xinhua, 2020).

El programa espacial civil de China se centra en el despliegue de su constelación de satélites para posicionamiento denominado BeiDou. Desde principios de 2019, Chang'e-4 la misión de exploración de la Luna que permitió a los chinos llevar exitosamente un orbitador, un rover y un módulo de aterrizador robótico a la superficie lunar; así mismo, ha estado llevando a cabo una misión de exploración en el lado oscuro del satélite natural, lo cual es una muestra de las altas

capacidades en materia espacial que posee este país. En la Figura 2 se puede ver una fotografía oficial del rover Yutu-2, mientras desciende del módulo lunar sobre la superficie de dicho satélite.

Figura 2. *Rover Yutu-2, descendiendo del módulo lunar, misión Chang'e-4*



Fuente: China's Lunar and Deep Space Exploration (2020)

El Gobierno chino opera organizaciones espaciales civiles y militares de manera separada. La Administración Espacial Nacional de China pertenece a la Administración Estatal de Ciencia, Tecnología e Industria para la Defensa Nacional del Consejo de Estado y es la organización principal para las actividades espaciales civiles. Así mismo, el principal desarrollador de tecnologías espaciales civiles de este país es la Corporación de Ciencia y Tecnología Aeroespacial, la cual es de propiedad estatal. Las actividades espaciales militares son ejecutadas a través del Ejército Popular de Liberación. Sin embargo, estas entidades colaboran entre sí para el desarrollo de tecnologías espaciales (Aliberti, 2015).

En 2019, China lanzó su primer libro blanco, en el cual se hace referencia al espacio exterior, el espacio electromagnético y el ciberespacio, todo como un solo objetivo nacional de defensa (Jiayao, 2019). En dicho libro existe un apartado que se centra únicamente en el dominio espacial y en el que se reconoce el espacio como de importancia estratégica para la nación. A su vez, afirma que "la seguridad espacial proporciona seguridad estratégica para el desarrollo nacional

y social" (Jiayao, 2019). Con este fin el Ejército Popular de Liberación de China fundó la Fuerza de Apoyo Estratégico, para centralizar y administrar las misiones militares, cibernéticas y de guerra electrónica de los militares.

Francia

Desde 1961 estableció su agencia espacial nacional, el Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES), convirtiéndose en el tercer programa espacial más antiguo del mundo. En 1965 lanzó su primer satélite y ha llegado a ser una de las principales potencias espaciales europeas a través de su fuerte relación con la Agencia Espacial Europea (ESA) (Matignon, 2019). (Varnoteaux, 2003)

En 2019, casi simultáneamente con los Estados Unidos, Francia realizó cambios significativos a su estrategia de defensa espacial. Dicha estrategia establece la creación un comando espacial dirigido por la Fuerza Aérea y el cambio de su nombre a *Fuerza Aérea y Espacial.* La Estrategia de Defensa Espacial declara, además, que Francia establecerá una capacidad de defensa espacial para permitir a las fuerzas armadas imponer un uso pacífico del espacio, disuadir actos hostiles contra sus activos espaciales, y estar en capacidad, según sea el caso, de defender sus intereses basados en el espacio (Ministerio de Defensa, 2022).

(French Ministry of Defense, 2019; Harrison, 2020).

Francia también se ha comprometido a aumentar su presupuesto espacial militar en 4000 millones de euros entre 2019 y 2025, para apoyar la creación del Comando Espacial y buscar tecnologías satelitales de "defensa activa" (Hitchens, 2019).

Rusia

Hasta antes del exitoso lanzamiento de la cápsula Crew Dragon impulsada por el cohete Falcon 9, de la compañía norteamericana SpaceX, por más de diez años Rusia tuvo la única agencia espacial socia de la Estación Espacial Internacional con un vehículo de lanzamiento equipado para transportar humanos. Fue el responsable por más de una década de transportar a todos los astronautas hacia y desde la estación espacial utilizando su cohete Soyuz (NASA, 2010). Desde el último vuelo del transbordador espacial estadounidense en 2011, Rusia envió 53 astronautas extranjeros a la Estación Espacial, incluidos 34 estadounidenses (Missile Defense Project, 2017; Roberts, 2022). En la Figura 3 se puede ver una fotografía del lanzamiento de este cohete.

Figura 3. *Cohete de lanzamiento Soyuz*

Fuente: Roscosmos (2020)

La mayoría de las actividades espaciales patrocinadas por el Estado en Rusia están vinculadas a una de dos organizaciones gubernamentales: Roscosmos, que es el organismo espacial civil del país y las Fuerzas Aeroespaciales Rusas, rama de los servicios armados rusos, encargada de operaciones militares en el dominio espacial. Con la disolución de la Unión Soviética en 1991, Rusia heredó la mayoría de la vasta infraestructura espacial del antiguo Estado y su lugar entre las potencias espaciales globales. Cuando se creó el Ministerio de Defensa Ruso en 1992, se estableció la primera fuerza espacial del mundo (Bodner, 2018). Esta fuerza es responsable de lanzar satélites militares, del mantenimiento de los activos espaciales, del monitoreo de objetos espaciales e identificación de posibles ataques contra la patria rusa desde el espacio (Ministry of Defence of the Russian Federation, 2019). Rusia manifiesta que la intención de colocar armas en el espacio ultraterrestre es un peligro militar externo principal y describe el establecimiento de un tratado internacional sobre la prevención de la colocación de cualquier tipo de armas en el espacio ultraterrestre como una tarea principal para el Estado ruso en su doctrina militar (Ministry of Defence of the Russian Federation, 2014).

Japón

En 2019, Japón avanzó hacia la creación de una nueva Unidad de Misión de Dominio Espacial, una organización militar destinada a proteger los activos espaciales japoneses, a medida que más países prueban y desarrollan armas cinéticas y no cinéticas para ser utilizadas en el espacio (Yamaguchi, 2020a). Citando la necesidad de Japón de *protegerse de posibles amenazas a medida que los rivales desarrollan misiles y otras tecnologías*, el primer ministro Shinzo Abe dijo

que esta nueva organización trabajará en estrecha colaboración con su homólogo estadounidense, la Fuerza Espacial de los Estados Unidos. La Unidad de Misión del Dominio Espacial también cooperará con el recientemente restablecido Comando Espacial de los EE. UU. y la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA) (Yamaguchi, 2020b). La Unidad de Misión de Dominio Espacial planea estar completamente operativa en 2022 para "reforzar la capacidad y los sistemas para asegurar la superioridad espacial" (Yamaguchi, 2020b). Después de su establecimiento será responsable de las estaciones terrestres necesarias para llevar a cabo operaciones de defensa (Shimbum, 2019).

En abril del mismo año, Japón implementó un sistema de sonda (Hayabusa-2) con la misión de recoger muestras de un asteroide llamado Ryugu, que contenía un pequeño proyectil explosivo capaz de ser lanzado al asteroide para formar un cráter artificial. Este explosivo creó escombros para que Hayabusa-2 recolectara y volviera a la Tierra con muestras; dicho sistema podría colocarse en un satélite y ser usado como un arma antisatélite co-orbital (McKirdy, 2019).

Corea del Norte

Existen otros países que tienen capacidades espaciales menores, pero con un importante desarrollo tecnológico en materia de armas contraespaciales. Por ejemplo, Corea del Norte logró poner un satélite en órbita exitosamente en diciembre de 2012 después de tres intentos fallidos. Del mismo modo, en febrero de 2016 colocó con éxito un segundo satélite en órbita. Esta práctica es realizada por muchas otras naciones con capacidades espaciales en todo el mundo.

En abril de 2013, la Asamblea Popular Suprema de Corea del Norte estableció la Administración Nacional de Desarrollo Aeroespacial como la agencia espacial oficial del país, la cual está encargada de las capacidades espaciales que a su vez se encuentran estrechamente vinculadas al desarrollo de misiles balísticos. A la fecha, no se tiene evidencia de que se esté desarrollando una industria espacial robusta pero su programa de misiles sí está avanzando de manera sustancial. Solo en 2019, este país realizó 11 pruebas que involucraron hasta 20 cohetes en total (Missile Defense Project, 2017).

India

India se unió al escenario mundial como una potencia espacial en ascenso al lanzar su primer satélite desde el Centro Espacial Satish Dhawan en 1980. Desde entonces ha desarrollado vehículos de lanzamiento altamente exitosos, satélites

de comunicaciones, de captura de imágenes y está comenzando un desarrollo serio de capacidades contraespaciales. Actualmente, tiene varias organizaciones dedicadas al dominio espacial tanto en el sector militar como en el civil, cada una con políticas y doctrinas de apoyo. Entre estas organizaciones se encuentra la principal organización espacial de este país, la Organización de Investigación Espacial India (ISRO) que es responsable de mantener los puertos espaciales. En la Figura 4 se puede ver la fotografía de un vehículo de lanzamiento para un satélite geosíncrono, en el Centro Espacial Satish Dhawan.

Figura 4. *Vehículo de lanzamiento de cohete Geosíncrono (GSLV), Centro espacial Satish Dhawan, India*

Fuente: ISRO (2020)

Actualmente India tiene dos vehículos operativos de lanzamiento orbital, un vehículo de lanzamiento de satélite polar (PSLV) y un vehículo de lanzamiento de satélite geosíncrono (GSLV) (ver Figura 3). Estos dos vehículos se lanzaron seis veces en 2019, lo que representa solo una pequeña porción del total de 67 lanzamientos indios desde 1980 desde el Centro Espacial Satish Dhawan (Roberts, 2019). Este país hizo historia en 2017, cuando lanzó el mayor número de satélites

en una sola misión para un total de 104, de los cuales 101 eran de propiedad extranjera. El récord anterior de 37 satélites lanzados en simultánea se encontraba en poder de Rusia desde 2014 (BBC News, 2017a).

Capacidades militares espaciales

Además de la cantidad de aplicaciones civiles que actualmente operan con satélites y que se han vuelto de uso cotidiano para la población mundial, también se han desarrollado aplicaciones militares las cuales no son de dominio público pero que presentan un estado de funcionalidad igualmente desarrollado. A continuación, se hará un análisis sobre el uso de este tipo de tecnologías.

Apoyo a tropas en tierra

En cualquier conflicto sobre la superficie terrestre se puede hacer uso de satélites militares y también de propósito civil para prestar apoyo a las tropas en tierra, ya sean de infantería, vehículos terrestres, fluviales, marítimos, aeronaves tripuladas y no tripuladas. Con los satélites de posicionamiento se les proporciona ubicación, navegación, mejores rutas para su desplazamiento, evasión de obstáculos, se dirigen vehículos autónomos como RPAS (Remotely Piloted Aircraft System), armamento teledirigido entregado desde una aeronave o desde cualquier tipo de emplazamiento móvil o fijo en tierra (GPS, 2022).

Con los satélites de telecomunicaciones se les brinda a las tropas en tierra una comunicación ininterrumpida sin importar las condiciones del terreno en que se encuentren. Cabe recordar que la comunicación en tierra se limita ampliamente por las condiciones del terreno, distancias, posición de la antena de transmisión o la frecuencia y potencia de los equipos transmisores. La ventaja de los sistemas de comunicación satelital es que se tiene una cobertura casi global para la comunicación entre las diferentes unidades en tierra, agua o aire.

Observación y vigilancia

Los satélites militares pueden ser usados para observar las instalaciones en tierra del enemigo. Existen satélites con grandes lentes que miran hacia la superficie terrestre y pueden tomar imágenes con detalle en centímetros. Con satélites de vigilancia es posible alertar a las tropas de superficie sobre la ubicación del enemigo e identificar cuando haya un desplazamiento o cualquier actividad estratégica que represente una amenaza para las mismas. Recordemos la ventaja

estratégica que dio el uso del radar a la Real Fuerza Aérea Británica en la Batalla de Inglaterra, en la que venció a la Luftwaffe sobre el canal de la Mancha en 1940, gracias a que por medio de su sistema de detección de aeronaves que usaba ondas de radio, llamado entonces RDF (Radio Direction Finding), podía anticiparse a los movimientos de su enemigo, pues lo veía en sus pantallas de vigilancia mucho antes que las aeronaves nazis estuvieran cerca de territorio británico (Hough & Richards, 2005). Ahora esto mismo es posible hacerlo de manera global con el uso de satélites.

Armas co-orbitales

Este tipo de tecnologías no se ha desarrollado públicamente debido a los tratados internacionales que llaman a hacer un uso pacífico del espacio ultraterrestre, pero hoy en día la humanidad tiene la capacidad de desarrollar y usar elementos en la órbita como las presentadas a continuación: (Harrison, 2020).

Satélites con brazos robóticos

Se tiene conocimiento sobre pruebas de este tipo de satélites realizadas por China, las cuales son tecnología de doble uso debido a que podría usarse para operaciones de atraque en la futura estación espacial de China, misiones activas de remoción de escombros o podría usarse como un ASAT (arma antisatélite) co-orbital.

En 2013, China afirmó que estaban "realizando experimentos científicos sobre tecnologías de mantenimiento del espacio" (Economic Times, 2013). Sin embargo, funcionarios estadounidenses informaron que uno de los satélites chinos estaba equipado con un brazo robótico, que probó su capacidad para agarrar y capturar otro satélite (U.S.-China Economic and Security Review Commission, 2015). Este tipo de equipos son lanzados con el propósito de probar las tecnologías necesarias para recolectar y poner fuera de órbita los desechos espaciales pero expertos en seguridad espacial debaten el verdadero propósito de estas pruebas.

Misiles teledirigidos

Un misil teledirigido puede usarse como un arma ASAT co-orbital. Esta difiere de un arma de ascenso directo porque primero se coloca en órbita y posteriormente se le ordena al satélite o misil teledirigido maniobrar para alcanzar su objetivo. Los ASAT co-orbitales pueden permanecer inactivos en órbita durante días o incluso años antes de activarse (Harrison, 2020).

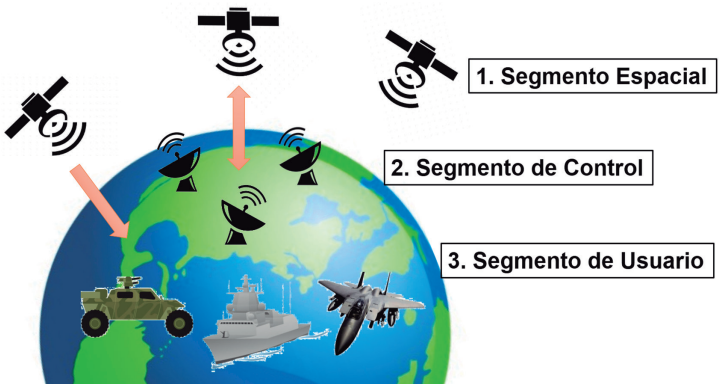
Explosión de artefactos nucleares puestos en órbita

El desarrollo tecnológico de las armas nucleares ha permitido la construcción de este tipo de artefactos, con un tamaño y un peso que fácilmente les permitiría ser emplazados en un cohete y ser llevados a la órbita (CICR, 2020). El uso de un arma nuclear en el espacio puede ser una forma indiscriminada de ataque físico co-orbital. Si bien una detonación nuclear tendría efectos inmediatos para los satélites dentro del rango de explosión y consecuente pulso electromagnético (PEM), también crea un entorno de alta radiación que acelera la degradación de los componentes de los satélites no protegidos en el régimen orbital afectado (Lambakis, 2001). Además, causaría miles de escombros y la afectación a otros satélites en un amplio espacio orbital.

Armas contraespaciales

El desarrollo de capacidades militares espaciales lleva a crear también armas contraespaciales. Este tipo de armas pueden tener como objetivo cualquiera de los segmentos de un sistema satelital. Recordemos que un sistema espacial tiene tres segmentos: 1) segmento espacial; 2) segmento de control; 3) segmento de usuario. Los segmentos 2 y 3 se encuentran sobre la superficie terrestre y los tres están interconectados por redes de telecomunicaciones; por lo tanto, un ataque a sus instalaciones en tierra, o a su red, también afecta las capacidades espaciales del enemigo. El teatro de guerra se configura entonces en el espacio, en la tierra y en el ciberespacio donde confluyen los tres segmentos. En la Figura 5 se presentan los segmentos espaciales mencionados anteriormente.

Figura 5. *Segmentos de un sistema satelital*



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se hace un análisis de las armas contraespaciales, organizadas en tres categorías (Harrison, 2020):

- Armas de ataque físico
- Armas de ataque electrónico
- Armas de ataque cibernético

Armas de ataque físico

Estas buscan atacar directamente o detonar una ojiva cerca de un satélite o estación terrestre. Las más desarrolladas son misiles balísticos y los interceptores de defensa antimisiles que pueden repotenciarse para ser lanzados desde tierra y alcanzar blancos en la órbita o en estaciones terrestres localizadas en territorio enemigo.

Los misiles balísticos y los interceptores de defensa antimisiles pueden modificarse para actuar como armas ASAT de ascenso directo siempre que tengan suficiente energía para alcanzar la órbita del satélite objetivo. Una tecnología clave necesaria para hacer efectivas las armas ASAT de ascenso directo y co-orbital es la capacidad de detectar, rastrear y guiar al interceptor en un satélite objetivo. Un sistema de guía a bordo requiere un nivel relativamente alto de sofisticación tecnológica y recursos significativos para la realización de pruebas y su implementación (Office of Technology Assessment, 1985).

Las estaciones terrestres como las que conforman el segmento de control son vulnerables a los ataques físicos de una variedad de armas militares convencionales, desde misiles guiados y cohetes a distancias más largas, hasta fuego de armas pequeñas a distancias más cortas. Debido a que son más accesibles que los objetos en el espacio, las estaciones terrestres pueden ser un blanco más fácil para los adversarios que buscan interrumpir o degradar los sistemas espaciales. Incluso si las estaciones terrestres son difíciles de atacar directamente, pueden ser interrumpidas indirectamente atacando la red eléctrica, el suministro de agua y las líneas de comunicación de alta capacidad que las soportan.

También se han desarrollado armas de tecnologías láser, microondas de alta potencia (HPM) o armas de pulso electromagnético (EMP). Los láseres dirigidos al sensor de un satélite de observación pueden cegarlo impidiendo que este pueda tomar imágenes del territorio enemigo. Las HPM y EMP pueden impactar un satélite y afectar sus sistemas eléctricos/electrónicos, y por lo tanto su normal funcionamiento.

En 2006, surgieron informes de que los satélites de imágenes estadounidenses estaban siendo iluminados por láser sobre territorio chino. El entonces

director de la Oficina Nacional de Reconocimiento (NRO) Donald Kerr, reconoció que los satélites de imágenes estadounidenses se deslumbraron al pasar sobre China, pero afirmó que esto no "dañó" la capacidad del satélite para recopilar información. Este incidente demuestra que China tenía gran parte de la tecnología necesaria para desplegar una capacidad operativa para deslumbrar o cegar un satélite en 2006 (Harrison, 2020).

Se puede usar un arma HPM para interrumpir la electrónica de un satélite, corromper los datos almacenados en la memoria, hacer que los procesadores se reinicien y a niveles de potencia más altos causar daños permanentes a los circuitos y procesadores eléctricos. Debido a que las ondas electromagnéticas se dispersan y debilitan con la distancia y la atmósfera, un ataque HPM contra un satélite se realiza mejor desde otro satélite en una órbita similar (Wright, Grego, & Gronlund, 2005). En la Figura 6, se muestra un misil ASAT que fue presentado por la Organización de Desarrollo de Investigación de Defensa (DRDO) del Gobierno indio en el desfile militar del 26 de enero de 2020 en Nueva Delhi, con el cual se conmemoró el día nacional de este país.

Figura 6. *Misil ASAT de fabricación india*

Fuente: Ranjan Bhui (2020)

Armas de ataque electrónico

Inevitablemente un satélite debe ser controlado mediante ondas electromagnéticas. Toda la información tanto de enlace ascendente como de enlace descendente viaja a través del espectro electromagnético. El objetivo de las armas de ataque electrónico son los medios a través de los cuales los sistemas espaciales

transmiten y reciben datos. La forma de atacarlos es con interferencia o falsificación de señales de radiofrecuencia. La interferencia es una forma de ataque electrónico que interfiere con las comunicaciones de RF al generar ruido en la misma banda de frecuencia. De esta forma, se pueden bloquear las comunicaciones o el sistema de comando y control satelital.

Los bloqueadores de enlace descendente interceptan la señal de un satélite a medida que se propaga a los usuarios de la Tierra. Los terminales de usuario con antenas omnidireccionales tienen un campo de visión más amplio y, por lo tanto, son susceptibles a la interferencia del enlace descendente desde un rango amplio de ángulos en el suelo. La tecnología necesaria para bloquear señales satelitales está disponible comercialmente y es relativamente barata. La interferencia es una forma reversible de ataque porque una vez que se desactiva una interferencia, las comunicaciones vuelven a la normalidad (Freedberg, 2015).

La suplantación de identidad es otra forma de ataque electrónico donde el atacante engaña a un receptor para que crea que una señal falsa producida por el atacante es la señal real que está tratando de recibir. La suplantación del enlace descendente desde un satélite se puede utilizar para inyectar datos falsos o corruptos en los sistemas de comunicaciones de un adversario. Si un atacante falsifica exitosamente la señal de comando y control de enlace ascendente a un satélite, podría tomar el control del satélite y usarlo para sus propios propósitos (Harrison, 2020).

Armas de ataque cibernético

A diferencia de los ataques electrónicos que interfieren con la transmisión de señales de RF, los ataques cibernéticos se dirigen a los datos en sí y a los sistemas que los utilizan. Las antenas en los satélites y las estaciones terrestres, los teléfonos fijos que conectan las estaciones terrestres a las redes terrestres y los terminales de usuario que se conectan a los satélites son todos puntos de intrusión potenciales para ataques cibernéticos. Los ataques cibernéticos se pueden usar para monitorear patrones de tráfico de datos, para monitorear los datos en sí mismos o para insertar datos falsos o corruptos en el sistema, es decir para hackear el sistema.

Si bien los ataques cibernéticos requieren un alto grado de comprensión de los sistemas a los que se dirigen, no necesariamente requieren recursos significativos para llevarse a cabo. Los ataques cibernéticos pueden ser desarrollados por un individuo con los conocimientos necesarios y el equipo de cómputo

adecuado, lo que significa que incluso un actor estatal o no estatal que carece de capacidades cibernéticas internas puede representar una amenaza cibernética.

Un ciberataque en sistemas espaciales puede provocar la pérdida de datos, interrupciones generalizadas e incluso la pérdida permanente de un satélite. Por ejemplo, si un adversario tomara el control de un satélite a través de un ataque cibernético en su sistema de comando y control, el ataque podría cerrar todas las comunicaciones y dañar permanentemente el satélite al gastar su propelente o dañar sus componentes electrónicos y sensores.

Los tipos de armas contraespaciales descritas anteriormente tienen características claramente diferenciadoras que las hacen adecuadas para su uso, dependiendo del teatro de guerra que se esté desarrollando. Como se analizó, algunas de estas armas tienen efectos totalmente reversibles, ya que no causan un daño permanente a su objetivo, mientras que otras producen efectos que dificultan que el atacante sepa si el ataque fue exitoso y algunas producen daños colaterales que pueden afectar a sistemas espaciales distintos del objetivo, inclusive los propios.

Contexto del principio del uso pacífico del espacio exterior

Luego de haber contextualizado y analizado técnicamente las capacidades militares espaciales de los países que los autores consideran como potencias, se procederá a analizar el principio del uso pacífico del espacio desde la perspectiva de la realidad actual en cuanto a sus usos y fines, lo cual determinará si es suficiente la normativa existente en materia espacial, tendente a evitar un conflicto internacional en donde intervenga el componente espacial o si, por el contrario, es necesario efectuar una actualización de la misma, bien sea de manera específica o una simple modernización de esta.

Para la realidad que enfrenta el mundo hoy en día, es necesario que la sociedad y la comunidad internacional adviertan y se ocupen de las amenazas que se encuentran presentes en el espacio (como lo son las armas probadas y tecnologías desarrolladas por los países que fueron mencionadas en los dos títulos anteriores de este capítulo), de manera anticipada al desarrollo de una guerra entre potencias mundiales, situación en la que sin lugar a dudas no habría exclusión de perjudicados.

Si bien es cierto existe una normativa de carácter internacional en la cual se establecen ciertas conductas de comportamiento tendentes a que la utilización del espacio ultraterrestre se efectúe de manera pacífica en beneficio de todos los pueblos, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico (ONU, 2002), no menos lo es que países como Estados Unidos, Rusia y China han creado fuerzas militares espaciales orientadas a ejercer supremacía en el espacio exterior. A esto hay que agregarle para resaltar de manera vehemente el desarrollo de diferentes tipos de armas satelitales tal y como se desarrolló el tema previamente.

Vale la pena recordar que el inicio de la carrera espacial entre Estados Unidos y la Unión Soviética tiene su punto de partida durante el periodo de la Guerra Fría, el cual se materializa con el lanzamiento del Sputnik en el año 1957 por parte de la Unión Soviética. Así mismo, es relevante mencionar que esta fue utilizada como propaganda política en aras de demostrar a su adversario su supremacía (BBC News, 2017b).

En este escenario geopolítico, en el cual se desenvolvía la carrera espacial, y que los avances tecnológicos en esta materia se desarrollaban en el marco de operaciones de inteligencia para obtener información del país rival en aras de la obtención de ventajas estratégicas, la Organización de Naciones Unidas decide ocuparse de esta realidad. Así, intenta evitar la repetición de los sucesos ocurridos en la Segunda Guerra Mundial, con la diferencia de que el teatro de guerra estaba siendo trasladado al espacio exterior. Aunado a ello, se tiene el innegable hecho de que la evolución armamentista en cuanto a creación de misiles balísticos intercontinentales estaba ligada de manera directa al desarrollo de la carrera espacial.

Como consecuencia de esto crecía la preocupación en la comunidad internacional respecto a que el espacio se estaba convirtiendo en otro escenario objeto de intensas rivalidades entre las superpotencias o que sería dejado para explotación por un número limitado de países (UNOOSA, 2020a).

Avizorado lo anterior, se tiene que en el año 1958 con el reconocimiento del interés común de los Estados en el espacio exterior y con el ánimo de responder al cuestionamiento referente al modo en el cual el espacio exterior podía ayudar al beneficio de las personas de la Tierra, la Asamblea General adopta su primera resolución relacionada al espacio exterior, denominada "Resolución 1348 (XIII) Cuestión del uso del espacio ultraterrestre con fines pacíficos" (UNOOSA, 2020b).

En ella se adujo de manera especial que el uso del espacio exterior debía hacerse solo y únicamente de manera pacífica. Al respecto se consideró lo siguiente por parte de este organismo colegiado:

> Reconociendo el interés común de la humanidad en el espacio ultraterrestre y que el objetivo común es que se use este espacio con fines pacíficos únicamente (…) Anhelando evitar que las actuales rivalidades nacionales se extiendan a este nuevo campo (…) Creyendo que todo progreso en esta materia contribuirá apreciablemente a alcanzar el objetivo de que el espacio ultraterrestre se utilice con fines pacíficos exclusivamente (UNOOSA, 2022). (traducción propia)

Para la misma fecha (1958) se crea un comité ad hoc para el uso pacífico del espacio exterior. Dicho comité estaba confrmado por 18 integrantes y allí se consideraron las actividades y recursos de las Naciones Unidas, las agencias especializadas y otros cuerpos internacionales relativos al uso del espacio exterior, preparativos organizacionales tendentes a facilitar la cooperación internacional en este campo en el marco de las Naciones Unidas y problemas legales que podrían surgir en programas de exploración del uso del espacio exterior. Este comité sería establecido como cuerpo permanente en el año 1959, con 24 miembros (UNOOSA, 2020a).

Posterior a ello, el 25 de septiembre de 1961, el presidente de Estados Unidos, John F. Kennedy, ofreció un discurso ante la Asamblea General en su decimosexta sesión, en la cual resaltó la necesidad de efectuar la creación de una normativa de manera específica en lo referente al uso del espacio exterior, atendiendo a la positivización en la cual se manejaban los Estados en la época. Al respecto, manifestó:

> […] el desarme general y completo bajo un control internacional efectivo, no traería un mundo libre de conflictos y avaricia, pero traería un mundo libre de los terrores de la destrucción masiva. No marcaría el comienzo de la era del súper Estado, pero marcaría el comienzo de una era en la que ningún estado podría aniquilar o ser aniquilado por otro. A medida que extendemos el estado de derecho en la tierra, también debemos extenderlo al nuevo dominio del hombre: el espacio exterior. Los fríos alcances del universo no deben convertirse en el nuevo escenario de una guerra aún más fría. (Kennedy, 1961) (traducción propia)

De lo anterior se puede afirmar con certeza que la Organización de Naciones Unidas continuó con su esfuerzo por el mantenimiento de la paz mundial y el uso pacífico del espacio de manera vehemente, aun con los acontecimientos de la época y la multiplicidad de avances tecnológicos en materia espacial. Dentro de esos avances cabe destacar los lanzamientos de Sputnik, Laika, Tiros 1 (primer satélite meteorológico), Yuri Gagarin a bordo de la nave Vostok-1 (primer hombre

en ser lanzado al espacio exterior a orbitar la Tierra), Telstar-1 (primer satélite de telecomunicaciones) y Valentina Tereshkova a bordo de la nave Vostok-6 (primera mujer en orbitar la Tierra en una misión de tres días).

Es por ello que en el año 1963, en aras de sentar las bases de un cuerpo normativo completamente nuevo, correspondiente al derecho espacial la Asamblea General de la ONU adopta la resolución 1962 (XVIII) titulada *Declaración de principios jurídicos que rigen las actividades de los Estados en la exploración y usos del espacio ultraterrestre,* las cuales han sido un motor constante para el desarrollo del derecho espacial y la cooperación internacional de los Estados Miembros en sus actividades espaciales. Vale la pena precisar que si bien muchas de estas resoluciones no son vinculantes, sí son orientadoras para los Estados acerca de la manera en la que deben desarrollar sus actividades espaciales (UNOOSA, 2020b).

En ella la Comisión sobre la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos y su Subcomisión de Asuntos Jurídicos establecieron lo siguiente:

> Reconociendo el interés general de toda la humanidad en el progreso de la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, Estimando que el espacio ultraterrestre debe explorarse y utilizarse en bien de la humanidad y en provecho de los Estados, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico,(…) recordando su resolución 110 (II) de 3 de noviembre de 1947, por la que condenó toda propaganda destinada a propagar o alentar, o susceptible de provocar o alentar, cualquier amenaza a la paz, quebrantamiento de la paz o acto de agresión, y considerando que la citada resolución es aplicable al espacio ultraterrestre,(…) Declara solemnemente que en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre de los Estados deben guiarse por los principios siguientes: 4. Las actividades de los Estados en materia de exploración y utilización del espacio ultraterrestre deberán realizarse de conformidad con el derecho internacional, incluida la Carta de las Naciones Unidas, en interés del mantenimiento de la paz y la seguridad internacionales y del fomento de cooperación y la comprensión internacionales. (UNOOSA, 2017)

Es decir que este es el primer instrumento normativo orientador en donde de manera taxativa se establece que el uso del espacio exterior deberá hacerse en pro del mantenimiento de la paz, la seguridad y la cooperación internacional, al tiempo que reconoce de manera específica la posibilidad de un conflicto internacional en el cual su teatro operacional se mudaría al espacio exterior y se generarían incalculables daños por parte de las potencias mundiales.

Siendo así que el 17 de octubre de 1963, por medio de la resolución 1884 (XVIII), se insta a los Estados a no poner en órbita alrededor de la Tierra ningún objeto portador de armas nucleares u otras armas de destrucción en masa, ni a emplazar tales armas en los cuerpos celestes y la cual fue aprobada unánimemente por la Asamblea General de Naciones Unidas. A saber, es el primer instrumento normativo internacional que habla de manera específica acerca del uso de las armas que incorporaban tecnología satelital.

Revisando la vinculatoriedad de este acuerdo se tiene que a la fecha la ONU reporta que el tratado fue firmado por 11 países y ratificado por 126. Del mismo modo, este tratado fue ratificado por todos los países considerados como potencias espaciales, excepto Francia (UNOOSA, 2020c).

Ahora bien, el 27 de enero de 1967 se abre para firma si se quiere la Carta Magna del Espacio correspondiente al primer tratado internacional en materia espacial, denominado *Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes*. A la fecha se tiene que 23 países lo han firmado y 110 lo han ratificado; todos los países que los autores denominan potencias a nivel espacial en el presente capítulo han ratificado el presente instrumento normativo (UNOOSA, 2020c).

Aquí merece la pena dilucidar que el principal instrumento normativo no ha sido ratificado por la totalidad de los países a nivel mundial, lo cual lleva a pensar de la lectura de los países que no hacen parte del tratado es porque posiblemente debido a su nivel socioeconómico no les es asequible el espacio exterior. Para enunciar algunos ejemplos de estos, tenemos a Angola, Costa Rica, Mozambique, Senegal, Surinam, entre otros (UNOOSA, 2020c).

Se ha dicho que este tratado marcó un hito en la historia, teniendo en cuenta que es el instrumento fundacional del derecho internacional del espacio, por ello, establecieron las directrices por medio de las cuales los Estados debían hacer uso y exploración del espacio exterior. Establece un punto muy importante y justamente el punto objeto de este estudio, que es el artículo IV correspondiente a la no militarización del espacio. Al respecto convino:

> Los Estados partes en el Tratado se comprometen a no colocar en órbita alrededor de la Tierra ningún objeto portador de armas nucleares ni de ningún otro tipo de armas de destrucción en masa, a no emplazar tales armas en los cuerpos celestes y a no colocar tales armas en el espacio ultraterrestre en ninguna otra forma. La luna y los otros cuerpos celestes se utilizarán exclusivamente con fines pacíficos por todos los Estados partes en el Tratado.

> Queda prohibido establecer en los cuerpos celestes bases, instalaciones y fortificaciones militares, efectuar ensayos con cualquier tipo de armas y realizar maniobras militares. No se prohíbe la utilización de personal militar para investigaciones científicas ni para cualquier otro objetivo pacífico. Tampoco se prohíbe la utilización de cualquier equipo o medios necesarios para la exploración de la Luna y de otros cuerpos celestes con fines pacíficos. (UNOOSA, 2017) (traducción propia)

Explicado lo anterior, es preciso destacar que estas normativas surgen a contracorriente (de la misma manera que los derechos humanos y el derecho internacional humanitario), debido a que el proceso normal de creación de la norma es que se haga al interior de cada país y luego se profiera el instrumento de carácter internacional el cual acerque las regulaciones de los países. Es decir que primero surgieron las recomendaciones enmarcadas dentro del derecho internacional (Soft law) y de manera posterior los Estados ajustaron sus leyes internas a estas (Pérez Vaquero, 2011).

Así las cosas, se tiene en la actualidad que todos los países que se consideran como potencias espaciales se encuentran ajustando sus normativas internas, para que sean compatibles con sus estrategias de seguridad y defensa nacional en coordinación con el avance tecnológico a nivel espacial actual, en ciertos casos proyectados algunos años más adelante tal y como se expuso en líneas precedentes.

Dicho esto, se procederá a exponer algunos casos de ejercicios internacionales, en los cuales se han utilizado armas antisatélite y en general por medio de los cuales se puede inferir que el espacio se encuentra en vía de militarización, si es que no ya militarizado. Y como consecuencia de esto, se genera una tensión importante, la cual amenaza e impacta directamente en el uso pacífico del espacio exterior.

Ejercicios internacionales realizados en el dominio espacial

India

El 27 de marzo de 2019, India con el fin de presentarse como potencia espacial ante el mundo, lanzó su primer misil ASAT, el cual en menos de 3 minutos destruyó un satélite de fabricación propia que se situaba en la órbita terrestre. En su cuenta de Twitter, Narendra Modi, primer ministro de ese país, manifestó:

> En el viaje de cada nación hay momentos que enorgullecen y tienen un impacto histórico en las generaciones venideras. Uno de esos momentos es hoy.

> India ha probado con éxito el misil antisatélite (ASAT). Felicidades a todos por el éxito de #missionshakti. (Sputnik News, 2019) (traducción propia)

Como reacción al anterior ejercicio Jim Brindenstine, administrador de la NASA, lo calificó como desastroso, ya que del resultado de este fueron rastreados por esta agencia aproximadamente 400 piezas de escombros orbitales, de las cuales más de 60 piezas contaban con un tamaño superior a 10 cm de diámetro. La basura generada puso en peligro inminente a la Estación Espacial Internacional (Redacción BBC News Mundo, 2019).

Como era de esperarse este ejercicio incrementó la tensión política ya existente entre India y China; ya que por parte de India se ha logrado demostrar en repetidas ocasiones su capacidad militar en lo que a lanzamiento de misiles se refiere y capacidad de impacto, esto no solo a satélites sino a cualquier punto de los territorios chino y pakistaní (Infobae, 2018).

Por tanto, el ministro de Relaciones Exteriores chino envió un mensaje de esperanza en cuanto a la conservación de la paz respecto de la utilización del espacio exterior y por su parte Pakistán recordó que "todos los países tienen la responsabilidad de evitar acciones que puedan desencadenar su militarización" (Marti, 2019).

Francia

Para el caso de Francia, se dijo anteriormente que actualizó su política en la cual priorizó la estrategia de defensa espacial e incluyó el desarrollo de armas láser anti satélite para defensa propia. En una declaración la ministra de Defensa Florence Parly, mencionó:

> Si nuestros satélites están amenazados, tenemos la intención de poder cegar a los de nuestros adversarios" también dijo que "nos reservamos el derecho y los medios para poder responder eso podría implicar el uso de potentes láseres desplegados desde nuestros satélites o desde nano-satélites de patrulla. (El Radar, 2019) (traducción propia)

También la ministra anunció que tienen 4100 millones de Euros para reforzar sus Fuerzas Armadas en el Espacio y que desarrollará una estrategia máximo al año 2030, la que tendrá las siguientes fases: 1. Lanzamiento de satélites Syracuse con cámaras para identificación de amenazas, como red de vigilancia. 2. Lanzamiento de satélites capaces de atacar y destruir satélites o naves enemigas, los cuales estarán equipados con ametralladoras y láseres y 3. Construir una red de nano satélites que respondan rápidamente a ataques. A esta estrategia

Parly no la considera una carrera armamentista sino *una arsenalización razonada* (Jimenez, 2019).

Rusia

El 15 de abril de 2020, desde el cosmódromo de Plestek, las Fuerzas estratégicas de misiles de Rusia dispararon un misil ASAT supersónico, codificado como A-235 Nudol, el cual alberga en su ojiva una carga explosiva o nuclear.

El misil no impactó ningún satélite, ya que se trataba de un disparo de prueba, pero teniendo en cuenta su comportamiento se ha dicho que debido a que el misil puede superar una altura de 1000 km, es capaz de destruir cualquier tipo de plataforma colocada en la órbita terrestre baja.

La Fuerza Espacial de los Estados Unidos monitoreó todo el tiempo dicho lanzamiento por los sistemas de radar de observación terrestre y espacial (Pons, 2020).

Adicionalmente, el General Raymond denunció que satélites rusos han exhibido actitudes inusuales e inquietantes debido a que estos han tenido comportamientos de satélites inspectores y que han exhibido características de un arma, ya que uno de estos a su vez lanzó un proyectil de alta velocidad al espacio. También dice que ese proceder tiene el potencial de crear una situación peligrosa en el espacio y que a su vez no refleja el comportamiento de una nación responsable (Kelly & Starr, 2020).

China

Para Xi Jinping, presidente chino, una de sus principales estrategias es el desarrollo de nuevas armas antisatélite que incrementen la capacidad armamentista de su país. En consecuencia, en febrero de 2018, hizo prueba exitosa de un misil Dong Neng-3 receptor de largo alcance, para derribar otro misil en el espacio (Galaxia Militar, 2018).

Del mismo modo que Rusia, Estados Unidos continúa trabajando en el desarrollo de armas ASAT tanto no destructivas como destructivas, para usarlas en un potencial conflicto. Estados Unidos realizó varios análisis de inteligencia, los cuales arrojaron como resultado que estas armas alcanzarían su capacidad inicial en los próximos años, debido al comienzo del entrenamiento operacional de capacidades contraespacio por parte de China (ABC Ciencia, 2018).

En una declaración, el expresidente Donald Trump adujo que China y Rusia con sus comportamientos desafían el poder, la influencia y los intereses de su país, e intentan erosionar la seguridad y la prosperidad de Estados Unidos, lo cual

lleva a que las economías sean menos libres y menos justas, con la finalidad de hacer crecer sus ejércitos, controlar la información y los datos, y con ello reprimir a sus sociedades y expandir su influencia. En el mismo sentido se pronunció Dan Coats, director de Inteligencia estadounidense, quien manifestó que tanto Rusia como China siguen buscando armas antisatélite como medio para reducir la eficacia militar de Estados Unidos y sus aliados (Galaxia Militar, 2018).

Estados Unidos

Como bien se mencionó anteriormente, Estados Unidos priorizó el reforzamiento de su programa espacial y como prueba de ello se tiene la creación de su Fuerza Espacial en el mes de diciembre del año 2019. Este país se encuentra priorizando el desarrollo de aeronaves espaciales y reforzando las defensas antimisiles espaciales. También se encuentran realizando actualizaciones de sensores e interceptores con el fin de poder tener capacidades de contraataque que permitan disuadir la agresión y defender a Estados Unidos.

Se tiene previsto para el año 2024 tener entre 13 y 16 X-37 C (modelos nuevos), más los 2 X-37 B (modelos modificados) y que 10 de estos se encuentren siempre en órbita. La finalidad de las aeronaves es complementar y apoyar las defensas de misiles basadas en el espacio a medida que se desplieguen y maduren, dentro del fortalecimiento de la estrategia de seguridad y defensa del país (Haller & Pry, 2020).

Suficiencia de la normativa en el evento de un conflicto que involucre tecnologías espaciales

Continuando con el análisis objeto del presente estudio, se puede aducir de manera acertada que la producción normativa disponible es adecuada para la época en la cual se dio su creación, es decir, el inicio de la carrera espacial, teniendo en cuenta que la exploración del espacio se encontraba en su fase inicial de investigación, aunado al hecho de que eran muy pocos los países que tenían acceso a dicho territorio, considerando la limitación en los recursos tanto económicos como científicos. Pero, no se puede afirmar que pasados 63 años, dicha normativa sea suficiente para regir o castigar las conductas desplegadas de manera inapropiada por los países o particulares en materia espacial, desconociendo todo el avance tecnológico y científico que ha surgido desde entonces a la fecha. Y como prueba de ello, se tiene la multiplicidad de ejercicios que las potencias

espaciales están adelantando, los cuales si bien es cierto no se han materializado en una agresión de manera directa contra algún país en específico, no menos lo es que dichos comportamientos y ejercicios de prueba generan una importante tensión, la cual permite inferir que se está vulnerando la normativa internacional referente al derecho del espacio.

Así las cosas, también se observa que de manera expresa hay incumplimientos del tratado respecto de la utilización de armas involucrando tecnologías satelitales, bien sea desde o hacia el espacio. Ya que si se efectúa una interpretación exegética de la norma, se podría aducir que dicha restricción únicamente operaría en los cuerpos celestes; pero si se realiza una interpretación sistemática de la ley teniendo en cuenta que el conjunto normativo propende por la utilización pacífica del espacio y el mantenimiento de la paz internacional, se logra comprender que en ningún escenario espacial se encuentra permitido el uso de armas y maniobras militares, como es el caso de los ejemplos mencionados en el aparte precedente.

Es así que se avizora de manera evidente cómo es necesaria la actualización de dicha normativa, puesto que, de no hacerse, podrían sobrevenir gran cantidad de conflictos o guerras internacionales y haciendo una analogía se podría decir que ocurriría lo mismo que sucedió con los Convenios de Ginebra, los cuales fueron actualizados en el año 1949, luego de haber sucedido los más atroces crímenes de lesa humanidad jamás ocurridos. De esto, surge un interrogante: ¿es más conveniente esperar a que ocurran hechos vulneratorios a dicho tratado y que sean ilegítimamente castigados (recordemos los cuestionados juicios de Nuremberg en los cuales se vulneró el derecho al debido proceso) o se actualiza la normativa de manera anticipada a una catástrofe de la cual no se pueda regresar?

Conclusiones

A partir del análisis de las capacidades institucionales que se están desarrollando desde hace varios años por las potencias mundiales en el campo espacial, se concluye que países como Estados Unidos, China, Rusia y Francia tienen Fuerzas Espaciales consolidadas, que buscan defender sus activos espaciales y sus intereses particulares haciendo uso de sus altas capacidades militares en el espacio. Otro reducido conjunto de países como India, Corea del Norte y Japón tiene capacidades espaciales y contraespaciales considerables, producto del desarrollo de sus industrias militares.

Se presentó una reseña sobre los tipos de capacidades espaciales que pueden ser usadas en un teatro de posible conflicto internacional que involucre las órbitas terrestres. Algunas de las capacidades presentadas se basan en sistemas que ya han sido desarrollados y en la actualidad son usados para diversos propósitos tanto civiles como militares, los cuales en el escenario de una guerra o conflicto internacional darían una ventaja estratégica al país que los use.

Este es el caso de sistemas de posicionamiento global o sistemas de comunicaciones satelitales, los cuales son ampliamente usados hoy en día para propósitos civiles; en un escenario de conflicto que involucre, por ejemplo, a Estados Unidos, lo más probable es que el uso de la constelación GPS y los satélites de comunicaciones estadounidenses sean priorizados para defender sus intereses, dejando en segundo plano los servicios civiles prestados a países tecnológicamente dependientes en todo el mundo. Adicional a lo mencionado, se conocen sistemas orbitales como satélites con brazos robóticos que han sido desarrollados para misiones de atraque o de recuperación de escombros, pero que a su vez podrían direccionarse para interferir de manera mecánica con otros satélites en un teatro de operaciones militares espaciales.

También se hizo una descripción sobre armas contraespaciales, las cuales de igual forma se basan en sistemas que ya han sido desarrollados. Países como India, Israel y Corea del Norte, entre otros, tienen una reconocida trayectoria en el desarrollo de misiles teledirigidos, los cuales pueden ser usados como armas antisatélite aumentando su rango de alcance. Otras tecnologías existentes como sistemas de interferencia electrónica o armas de ataque cibernético, que son ampliamente usadas para acciones militares en la superficie terrestre, fácilmente pueden ser modificadas para afectar un enlace satelital y así interferir con el normal funcionamiento de estos sistemas.

Se hizo una recopilación de eventos que han sido objeto de cobertura por medios de comunicación internacionales, los cuales claramente se pueden clasificar como incidentes internacionales y que en determinado momento podrían conducir al escalamiento de un conflicto de mayores proporciones. Mientras los mandatarios de las potencias mundiales en diferentes reuniones abogan por un uso pacífico del espacio ultraterrestre por parte de sus pares, como lo establece la ONU, siguen aumentando sus capacidades espaciales para tener la ventaja estratégica y operacional que los conduzca a ejercer su dominio en el espacio y defender sus propios intereses.

De lo expuesto anteriormente se puede colegir que, en aras del mantenimiento de la paz mundial, en concordancia con la tecnología que en materia espacial se encuentran utilizando y desarrollando los países denominados en este

capítulo como potencias espaciales es conducente, pertinente y útil efectuar una actualización normativa en materia espacial, la cual se caracterice por su vinculatoriedad y por ser anticipativa. Es decir que no pretenda castigar hechos sucedidos para prevenir conflictos luego de haber sucedido; sino que, por el contrario, sea capaz de prever y minimizar la posibilidad de que se desate cualquier tipo de conflicto que involucre tecnologías espaciales para la guerra y que posiblemente provoque el exterminio de la sociedad.

Referencias

ABC Ciencia. (2018, 17 de febrero). Confirmado: Rusia y China tendrán armas espaciales en unos años. *Diario ABC*. https://shortly.cc/edYOP

Aerospace Security Program. (2022). *Space Environment: Total Launches by Country*. https://aerospace.csis.org/data/space-environment-total-launches-by-country/

Aliberti, M. (2015, 15 de junio). When China Goes to the Moon... https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-19473-8

BBC News. (2017a, 15 de febrero). India launches record 104 satellites in single mission. *BBC News*. https://www.bbc.com/news/world-asia-india-38977803

BBC News. (2017b, 4 de octubre). Sputnik, el primer satélite que hizo despegar la carrera espacial entre la URSS y Estados Unidos hace 60 años. *BBC News*. https://www.bbc.com/mundo/media-41503825

Bodner, M. (2018). As Trump Pushes for Separate Space Force, Russia Moves Fast the Other Way. *Defense News*. https://shortly.cc/w8GIg

Comité Internacional de la Cruz Roja (CICR). (2013). Armas Nucleares. https://shortly.cc/w8GIg

Craighead, S. (2020, 7 de julio). USSF Photos. https://www.spaceforce.mil/Multimedia/Photos/igphoto/2002301176/

Department of Defense. (2020). *Defense Space Strategy Summary*. https://shortly.cc/tNLwL

Economic Times. (2013, 20 de julio). China Successfully Launches Three Satellites. *Economic Times*. https://shortly.cc/xMgDd

El Radar. (2019, 1.° de agosto). Francia desarrollará armas láser antisatélite. *El Radar*. https://shortly.cc/uSUHK

Freedberg, S. (2015, 2 de diciembre). US Jammed Own Satellites 261Times; What If Enemy Did? *Breaking Defense*. https://shortly.cc/6vAEy

Galaxia Militar. (2018 3 de abril). Rusia y China están probando misiles anti-satélite. *Galaxia Militar*. https://shortly.cc/CW6dt

Haller, N. & Pry, P. (2020, 14 de mayo). America Needs Spaceplanes Now, and Space-Based Missile Defenses As Soon as Possible. *Real Clear Defense*. https://shortly.cc/rSuAu

Harrison, T. (2020). Space Threat Assessment 2020. *Center for Strategic & International Studies*. https://onx.la/574b9

Hitchens, T. (2019). Space Lasers for Satellite Defense Top New French Space Strategy. *Breaking Defense*. https://breakingdefense.com/2019/07/france-envisions-on-orbit-lasers-for-satellite-defense/

Hough, R., & Richards, D. (2005). *The Battle of Britain: The Greatest Air Battle of World War*. W.W. Norton & Company.

Howell, E. (2018, 29 de enero). Roscosmos: Russia's Space Agency. *Space.com*. https://shortly.cc/CW6dt

Indian Space Research Organisation (ISRO). (2020, 27 de junio). GSLV-F10 / GISAT-1 Gallery. Obtenido de Department Of Space, Indian Space Research Organization: https://www.isro.gov.in/gslv-f10-gisat-1/gslv-f10-gisat-1-gallery

Infobae. (2018, 19 de enero). Así fue el lanzamiento del misil indio que pone en jaque a China. *Infobae*. https://shortly.cc/ebDuH

Jiayao, L. (2019). China's National Defense in the New Era. *Ministry of National Defense of the People's Republic of China, Xinhua News Agency*. https://shortly.cc/dP5re

Jiménez, J. (2019, 7 de agosto). Francia quiere equipar sus satélites espaciales con ametralladoras: así es su plan de 4.100 millones para militarizar el espacio Xataka. https://shortly.cc/KkXfB

Kelly, C. & Starr, B. (2020, 11 de febrero). La Fuerza Espacial dice que unos satélites rusos están siguiendo un satélite estadounidense. *CNN Español*. https://shortly.cc/pY1KO

Kennedy, J. F. (1961, 25 de septiembre). Address before the General Assembly of the United Nations, September 25, 1961. *John F. Kennedy Presidential Library and Museum*. https://shortly.cc/00jOk

Lambakis, S. J. (2001). *On the Edge of Earth: The Future of American Space Power*. University Press of Kentucky.

Martí, A. (2019, 3 de abril). India ha destruido uno de sus satélites con un misil interceptor: un peculiar paso de cara a ser otra potencia espacial. *Xataka*. https://shortly.cc/MjNEj

Ministerio de Defensa. (2022). Dirección Nacional de relaciones internacionales y de la estratégia – Estratégia de Defensa de Francia. https://www.defense.gouv.fr/dgris/politique-defense/strategie-defense

Missile Defense Project (2017, 20 de abril). North Korean Missile Launches & Nuclear Tests: 1984-Present. *Missile Threat. Center for Strategic and International Studies*. https://missilethreat.csis.org/north-korea-missile-launches-1984-present/

McKirdy, E. (2019, 5 de abril). Hayabusa mission: Japanese space probe attempts to 'bomb' asteroid. *CNN*. https://shortly.cc/KOvCr

Ministry of Defence of the Russian Federation. (2014). The Military Doctrine of the Russian Federation. Russian Federation. *Embassy of the Russian Federation to the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland*. https://shortly.cc/sxZri

Ministry of Defence of the Russian Federation. (2019). Aerospace Defence Forces. Russian Federation: Ministry of Defence of the Russian Federation. http://eng.mil.ru/en/structure/forces/cosmic.htm

Morales Uriostegui, E. N. (2015). *Justicia Penal Internacional: un análisis de legislación vigente y de política criminal en España y México.* [tesis doctoral, Universidad Carlos III de Madrid]. https://shortly.cc/2NKIS

National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2010, 23 de octubre). Partners Sign ISS Agreements. https://shortly.cc/kH4Gg

Office of Technology Assessment. (1985). *Anti-Satellite Weapons, Countermeasures, and Arms Control.* https://shortly.cc/3GkT5

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2002). *Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre.*

Pérez Vaquero, C. (2011). Diez claves para conocer el Derecho del Espacio. *Derecho y Cambio Social,* (21). https://shortly.cc/gLSn2

Pons, J. (2020, 20 de abril). Alarma en Washington por el disparo de un misil anti-satélite ruso. *Atalayar.* https://shortly.cc/aQutM

Ranjan Bhui, M. (26 de 01 de 2020). DRDO displays A-SAT weapon system at Republic Day Parade. *The Tribune.* https://shortly.cc/uENtw

Redacción BBC News Mundo. (2019, 2 de abril). NASA: la dura condena de la agencia a India por una "terrible" amenaza a la Estación Espacial Internacional. BBC News Mundo. https://shortly.cc/FCdIy

Roberts, T. G. (2019, 13 de marzo). Spaceports of the World. *Center for Strategic and International Studies.* https://onx.la/77ab8

Roberts, T. G. (2022, 5 de julio). International Astronaut Database. *Aerospace Security.* https://onx.la/9035c

Roscosmos. (2020, 27 de junio). Launches Soyuz MS-16 from the Baikonur Cosmodrome on April 9, 2020 at 08:05:06 UTC. http://en.roscosmos.ru/21361/

Shimbum, Y. (2019, 19 de agosto). Satellite interceptor sought by mid-2020s. https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RRA300/RRA314-1/RAND_RRA314-1.pdf https://the-japan-news.com/news/artiecle/0005948349

Sputnik News. (2019, 27 de marzo). La India ensaya con éxito un cohete antisatélite. *Sputnik News.* https://shortly.cc/Rtnte

The Global Positioning System (GPS). (2022). GPS: The Global Positioning System. https://www.gps.gov/

U.S.-China Economic and Security Review Commission. (2015). *2015 Report to Congress - Global Counterspace.* Weeden and Samson.

United Nations Office for Outer Space (UNOOSA). (2017). *Derecho Internacional del Espacio: Instrumentos de las Naciones Unidas.* Organización de las Naciones Unidas.

United Nations Office for Outer Space (UNOOSA). (2020a). COPUOS History. *United Nations Office for Outer Space Affairs.* https://shortly.cc/xy0e7

United Nations Office for Outer Space (UNOOSA). (2020b). Space Law: Resolutions. ***United** Nations Office for Outer Space Affairs.* https://shortly.cc/Nmdik

United Nations Office for Outer Space (UNOOSA). (2020c, enero). *Status of International Agreements Relating to Activities in Outer Space as at 1 January 2020.* https://shortly.cc/0b0Ov

United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA). (2022). A Timeline of the Exploration and Peaceful Use of Outer Space. *United Nations Office for Outer Space Affairs*. https://www.unoosa.org/oosa/en/timeline/index.html

United States Space Force (USSF). (2022). Mission of the Space Force. *United States Space Force*. https://www.spaceforce.mil/About-Us/About-Space-Force/Mission/ https://shortly.cc/yjQ53

United States Space Force (USSF). (2022). What's the Space Force. *United States Space Force*. https://www.spaceforce.mil/About-Us/FAQs/Whats-the-Space-Force https://shortly.cc/pldbB

Varnoteaux. (2003). The Birth of the French Space Policy. In Vingtième Siècle. Revue d'histoire Volume 77, Issue 1, 2003, pages 59 to 68.

Wright, D., Grego, L., & Gronlund, L. (2005). *The Physics of Space Security: A Reference Manual*. https://shortly.cc/9RBeh

Xinhua. (2020, 17 de enero). China reveals space plan for 2020. https://shortly.cc/EWGVr

Yamaguchi, M. (2020a). Abe says new unit will defend Japan from space tech threats. https://www.krqe.com/news/technology/abe-says-new-unit-will-defend-japan-from-space-tech-threats/

Yamaguchi, M. (2020b). Japan reveals plan for space defense unit. *Defense News*. https://shortly.cc/eNbgl

Capítulo 6

Activos aeroespaciales y su importancia para el Estado colombiano*

DOI: https://doi.org/10.25062/9786287602229.06

Javier Hernando Conde Mesa
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

David González Cuenca
Universidad Militar Nueva Granada

Resumen: En el presente capítulo se establecen las capacidades y avances del poder aeroespacial del orden global y nacional, así como la evolución observada en torno a la política aeronáutica y su transición a la política espacial en el Estado colombiano. Se considera el desarrollo estratégico aeroespacial, explorando a la vez la manera de cómo se viene consolidando el esfuerzo observado a nivel mundial por garantizar el uso de las capacidades de los Estados y especialmente el uso de sus sistemas de defensa como sectores medulares para la supervivencia de las naciones, lo que se traduce en Activos Aeroespaciales. La metodología utilizada es de tipo cualitativo, de corte analítico fundamentado en revisión documental que permite dar claridad respecto a la importancia de alcanzar las capacidades estratégicas en el dominio aéreo y espacial, con el propósito de facilitar el logro de los intereses nacionales.

Palabras clave: activos aeroespaciales; desarrollo estratégico; poder aeroespacial; política aeronáutica; política espacial

* Este capítulo presenta los resultados del proyecto de investigación "Proyección del empleo de las capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia para la seguridad y defensa nacional", del grupo de investigación Masa Crítica, de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", categorizado como A1 por MinCiencias y con código de registro COL0123247. Los puntos de vista pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

Javier Hernando Conde Mesa
Magíster en educación de la Universidad Militar Nueva Granada y profesional en administración aeronáutica. Teniente Coronel de la Reserva Activa de la Fuerza Aérea Colombiana. Docente ocasional e investigador del grupo Masa Crítica en la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto". Orcid: **https://orcid.org/0000-0001-7152-9399** - Contacto: **javier.conde@esdeg.edu.co**

David González Cuenca
Doctorando en Ciencia Política de la Universidad Nacional de Estudios a Distancia de España. Magíster en relaciones y negocios internacionales. Profesional en relaciones internacionales y estudios políticos de la Universidad Militar Nueva Granada. Docente investigador de la Universidad Militar Nueva Granada. Líder del grupo de investigación Procesos de Integración, Regionalización y Estructuras Organizacionales (PIREO). Orcid: **https://orcid.org/0000-0002-6563-9193** - Contacto: **david.gonzalez@unimilitar.edu.co**

Citación APA: Conde Mesa, J. H., & González Cuenca, D. (2022). Activos aeroespaciales y su importancia para el Estado colombiano. En J. H. Conde Mesa (Ed.), *Visión aeroespacial colombiana* (pp. 157-180). Sello Editorial ESDEG. https://doi.org/10.25062/9786287602229.06

VISIÓN AEROESPACIAL COLOMBIANA

ISBN impreso: 978-628-7602-21-2
ISBN digital: 978-628-7602-22-9
DOI: https://doi.org/10.25062/9786287602229

Colección Estrategia, Geopolítica y Cultura
Sello Editorial ESDEG
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes prieto"
Bogotá D.C., Colombia
2022

CC BY NC ND

Introducción

En el presente capítulo se analizan las capacidades, bondades y avances evidenciados en el marco del poder espacial a nivel global, regional y nacional, así como la evolución observada en el Estado colombiano alrededor de la política aeronáutica y su transición al ámbito espacial. Se expone la forma como se afianza el concepto de desarrollo estratégico aeroespacial, explorando a la vez la manera como se viene consolidando el esfuerzo observado a nivel mundial por garantizar el uso eficiente de las capacidades de los Estados y especialmente la optimización de sus sistemas de defensa como sectores medulares para la supervivencia de las naciones, lo que se traduce en activos aeroespaciales.

En tal sentido, se evalúa la participación de los diferentes actores en el amplio espectro aeroespacial, tales como la industria aeroespacial (encargada del diseño, fabricación, ensamble y comercialización de aeronaves, partes y componentes de aeronaves, naves espaciales, cohetes, sistemas de navegación y propulsión). Se abordan los procesos adelantados al interior del sector aeroespacial, las capacidades adquiridas para el desarrollo de las operaciones aeroespaciales, la infraestructura aeroespacial, la doctrina aplicable en el sector aeroespacial especialmente para el soporte de las operaciones, el recurso humano que interactúa en este importante campo y su optimización, al igual que los estándares requeridos para garantizar la cultura organizacional apropiada, todo ello en concordancia con el eficiente uso y empleo del poder aeroespacial. Lo anterior se puede resumir en las capacidades, fortalezas y bondades propias de los Estados, en beneficio de los intereses nacionales.

La metodología utilizada es de tipo cualitativo, de corte analítico y propositivo, fundamentado en la recolección de información documental de fuentes primarias reconocidas académicamente, acompañada por fuentes secundarias

con amplia trayectoria en el escenario estratégico y aeroespacial del orden mundial reconocidas por su profundidad y rigurosidad académica e investigativa, que permitan a decisores políticos, académicos, miembros de las Fuerzas Militares y ciudadanos en general, reconocer en primera instancia la importancia de lograr estas capacidades estratégicas en un escenario de vital importancia para el cumplimiento de los intereses y objetivos nacionales, dando a la vez realce al liderazgo que en este sentido la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) representa en el desarrollo espacial del país y el incalculable valor que representa para la seguridad y defensa de la Nación.

Tomando como referente los casos más representativos de éxito, se soportará el estudio en las variables y elementos constitutivos de la figura del clúster aeroespacial, en consonancia con la multiplicidad de los elementos antes citados que conforman de manera general los activos aeroespaciales.

De manera seguida, se realizará una descripción de la importancia del uso eficiente de los activos espaciales y sus elementos constitutivos, así como su relación con los procesos desarrollados al interior de la logística aeroespacial, siendo ésta el soporte para consolidar el planeamiento y desarrollo de las operaciones aeroespaciales y ciberespaciales en el campo de la seguridad y la defensa nacionales. Dichas operaciones, en complemento de la triada de éxito —compuesta por la universidad – centros de investigación (I+d+i), las empresas e instituciones productivas y el aparato estatal—, facilitarán el goce de los objetivos estatales.

De forma secuencial, se darán a conocer las capacidades con que cuenta el Estado colombiano en el ámbito espacial, el marco normativo que regula su desarrollo, su relación con el sector administrativo de la seguridad y la defensa nacionales y su interacción con la FAC, dado el liderazgo que la institución militar aérea representa para el uso del poder aeroespacial y su alineamiento con la política estratégica para el desarrollo de los sectores productivos del país y el Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación orientado por el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, incluyendo la importancia que representa la Comisión Colombiana del Espacio (CCE), así como ese cúmulo de aspectos y condiciones que sin duda facilitarán el alcance de los intereses y objetivos nacionales.

Por último y como resultado del proceso de investigación realizado, a partir del análisis de la estructura organizacional de la industria aeroespacial a nivel regional y global, se aborda la importancia del uso eficiente de los activos aeroespaciales y sus elementos constitutivos; el conocimiento de las capacidades con que cuenta el Estado colombiano en el ámbito espacial; así como el liderazgo de

la FAC en el uso del poder aeroespacial bajo el alineamiento de la política estratégica para el desarrollo de los sectores productivos del país. Se presentan unas conclusiones puntuales con miras a garantizar el uso efectivo de los activos aeroespaciales, el poder aeroespacial nacional y el poder militar del Estado; que sin duda hoy por hoy se convierten en el soporte para el desarrollo de los sectores productivos del país, el goce de los intereses y objetivos nacionales y por su conducto para la supervivencia del Estado.

Análisis de la estructura organizacional de la industria aeroespacial a nivel regional y global

Las dinámicas observadas a nivel regional y global en los escenarios aeronáutico, espacial y ciberespacial, sumado a los avances tecnológicos soportados en procesos de innovación y desarrollo, las estrategias de seguridad y defensa multidimensionales implementadas por las diferentes naciones generan cambios potenciales al interior de la industria aeronáutica y espacial, condición que invita a realizar un análisis de tipo crítico sobre las capacidades aeroespaciales reales y su consecuente transición a la generación de activos espaciales al interior de un Estado. Esto activos, en gran medida, sustentan el desarrollo productivo y constituyen un elemento de análisis en la formulación de políticas públicas y, por qué no políticas de Estado que permitan la participación de dos grandes bloques de trabajo (entidades públicas y el sector productivo privado), con el fin de que, conjuntamente, se involucren en la promoción de la industria aeroespacial. Así, es posible atender los desafíos que se plantean desde una visión industrial, generar conocimiento, fomentar el desarrollo económico y garantizar el desarrollo social, en pro de alcanzar el desarrollo aeronáutico, espacial y ciberespacial de los Estados, con un eficiente gasto público.

Para tratar el contexto de la industria aeronáutica y su transición a la industria aeroespacial, se traerán a colación interesantes conceptos de clúster, emitidos por reconocidas autoridades académicas, así como de organizaciones del orden global, las cuales desde un enfoque académico, económico, geopolítico e industrial permitirán tener mayor claridad al respecto y ampliar la visión en lo referente a esta importante temática de gran impacto para el desarrollo y por su conducto para la seguridad y la defensa nacionales.

En su obra *La ventaja competitiva de la naciones* (Porter, 1990) presenta conceptualmente la figura de clúster como un grupo geográficamente próximo de

empresas interconectadas e instituciones asociadas en un campo particular, unidas por puntos en común y complementariedades. Este agrupamiento de orden empresarial con enfoque disciplinar muy marcado genera necesariamente procesos de innovación y desarrollo tecnológico, con impacto en los ámbitos social, económico y político.

De manera interesante Michael Porter (1990) correlaciona además la competitividad de una nación con la capacidad de su industria y los procesos de innovación y desarrollo: "Lo que debemos comprender, en cambio, son los determinantes de la productividad y la tasa de crecimiento de esta. Para dar respuestas, debemos poner nuestra atención no solo en la economía en conjunto, sino en sectores y subsectores específicos" (1990, p. 169). Es allí en donde reside la atención e importancia que se debe dar inicialmente a la dimensión aeronáutica y posteriormente a la dimensión espacial, como pilares del campo de acción militar de un Estado, siendo un campo esencial esencial para la consecución de los intereses y objetivos nacionales y, consecuentemente para garantizar la seguridad y la defensa nacionales.

Adicionalmente, el concepto de clúster también lo vincula Alfred Marshall, mediante la observación de la creación de distritos industriales (Pyke, 1992). La importancia del clúster está enfocada en promover y generar condiciones de desarrollo en el contexto empresarial, por tal razón la Organización para la Cooperación y en Desarrollo Económico (OCDE) plantea las ventajas en el sector empresarial en el que operan en el mismo mercado los productos finales pertenecientes al mismo grupo Industrial (OCDE, 1999).

En el contexto global, es necesario analizar que la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), a través del documento *Proyecto de presupuesto por programas para 2021. Parte II. Asuntos políticos. Sección 6. Utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos. A. Proyecto de plan del programa para 2021 y ejecución del programa en 2019 Orientación general. Mandatos y antecedentes*, establece de manera esencial su relación con el uso de activos espaciales:

> 6.6. Para contribuir a fomentar la utilización de la ciencia y la tecnología espaciales y sus aplicaciones, la Oficina: a) aprovechará su función capacitadora para ayudar a los Estados a desarrollar o mejorar su capacidad en materia de derecho del espacio y políticas espaciales, gobernanza mundial del espacio, cambio climático, vigilancia ambiental, gestión de los recursos naturales, salud mundial, comunicaciones por satélite y reducción del riesgo de desastres, y sistemas mundiales de navegación por satélite; b) promoverá el intercambio

> de conocimientos y la utilización de soluciones basadas en la tecnología espacial para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible; c) apoyará la labor de construcción institucional de los países; d) establecerá plataformas de colaboración; y e) creará conciencia de los beneficios del espacio mediante la conmemoración de hitos históricos, días internacionales y otras celebraciones. Se espera que con esta labor aumente el número de países, en particular países en desarrollo, que, gracias a la facilitación de la Oficina, reciben capacitación y adquieren conocimientos sobre la ciencia y la tecnología espaciales y sus aplicaciones para acelerar el desarrollo sostenible. (ONU, 2020, p. 5)

En su obra *Superioridad Aérea: Una comprensión amplia del enfoque nacional* la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto" (2020), plantea de una forma clara y secuencial la relación existente entre el poder aéreo, la superioridad aérea, la supremacía aérea y el desarrollo espacial, en el marco del concepto de la triple hélice:

> Se contemplan diferentes modelos de clústeres, tanto aeronáuticos como aeroespaciales, y se analizan los enfoques y características de los más representativos a nivel global: Francia, Alemania, India, Italia, Canadá, China, Rusia, Reino Unido, Estados Unidos y Australia, países que poseen sólidas Fuerzas Aéreas y Fuerzas Aeroespaciales. Se analizan los clústeres emergentes a nivel global con énfasis en América Latina (Costa Rica, México y Brasil), destacando sus fortalezas y capacidades más relevantes de cara al desarrollo tecnológico, aeronáutico y aeroespacial de la región, dedicando un aparte al renglón aeronáutico y aeroespacial colombiano, resaltando los avances más representativos a lo largo de la última década; aspectos, capacidades y potencial que vislumbra la fusión de la triple hélice (renglón económico privado, [I + D] y el sector público/Estado), con miras a la consolidación del Poder Aéreo, Superioridad Aérea y, por qué no, de la tan anhelada Supremacía Aérea. (ESDEG, 2020, p. 164)

Los clústeres aeroespaciales más representativos a nivel global tienen una relación directa con las agencias espaciales de sus Estados, ya que éstas son las encargadas de orientar en gran medida las políticas espaciales aplicables a sus naciones y a la interacción con otras, en el marco del uso pacífico del espacio exterior, acorde con los lineamientos impartidos por la ONU, en el seno de la UNOOSA, con el propósito de alcanzar y mantener sus objetivos e intereses nacionales.

En el tercer capítulo de la presente publicación "Meteorología espacial. Un campo de proyección del espacio exterior colombiano", se presenta una

información amplia de los tipos de satélites, sus órbitas, aplicación y uso; a partir de los que se constituyen en activos espaciales que redundarán para el cumplimiento de los fines esenciales de los Estados.

Adicionalmente, en el quinto capítulo "Tecnologías espaciales para la guerra: una mirada desde el principio del uso pacífico del espacio", se ilustran de manera más detallada estas capacidades y tecnologías (activos espaciales) empleadas por los países que se encuentran actualmente a la vanguardia de las operaciones espaciales.

En su publicación "La militarización del espacio: el desarrollo de satélites inspectores por EE. UU y Rusia", Pérez (2020) permite analizar cómo algunas de las grandes potencias, puntualmente China y Rusia, han proyectado sus Fuerzas Aeroespaciales, desarrollando además sistemas antisatélite dirigidos contra los intereses de los Estados Unidos, con el propósito de eliminar sus sistemas satelitales en órbita, amenaza que culminó con la necesidad de esta potencia americana de crear su Fuerza Espacial (materializada el 20 de diciembre de 2019), como rama del servicio de operaciones espaciales de sus Fuerzas Armadas, buscando el uso y control eficiente del espacio ultraterrestre:

> En consecuencia, se plantea la cuestión de qué hacen los Estados Unidos para contrarrestar esta situación, ya que son el país que más satélites tiene en el espacio, su economía es la más dependiente de las tecnologías de la sociedad de la información y, por tanto, tienen más que perder que el resto de contendientes. El Plan de Desarrollo Estratégico para 2020 del Mando Espacial de los Estados Unidos declaró la necesidad de dominar el espectro completo del conflicto mediante "el control sobre el espacio", lo que incluía la capacidad de privar a otros países del "uso del espacio" en caso necesario. (2020, p. 24)

Los activos aeroespaciales y la logística aeroespacial

Es necesario hilar conceptualmente y dar claridad en cuanto a la relación existente entre logística, logística militar, logística aeronáutica y por consiguiente su transición a la logística aeroespacial, como soporte para el planeamiento, desarrollo y ejecución de las operaciones aeroespaciales. Para ello, se requiere considerar de manera puntual sus procesos, funciones, capacidades y bondades, de cara a la conformación del concepto de activos aeroespaciales de un Estado, soportados en gran medida en las capacidades tecnológicas.

Teniendo claridad en los conceptos de *atmósfera y espacio ultraterrestre,* ampliamente tratados en los diferentes capítulos de esta publicación, se hace necesario considerar los planteamientos del Documento CONPES 3701 del 14 de julio de 2011, Lineamientos de política para ciberseguridad y ciberdefensa; específicamente en la definición que hace de *ciberespacio*: "Es el ambiente tanto físico como virtual compuesto por computadores, sistemas computacionales, programas computacionales (software), redes de telecomunicaciones, datos e información que es utilizado para la interacción entre usuarios" (Resolución 2258, 2009, p. 38). Este documento CONPES invita a tomar contacto con los conceptos de ciberseguridad[1] y ciberdefensa[2]; por lo cual se hace necesario conocer el objetivo central del documento rector antes citado:

> Fortalecer las capacidades del Estado para enfrentar las amenazas que atentan contra su seguridad y defensa en el ámbito cibernético (ciberseguridad y ciberdefensa), creando el ambiente y las condiciones necesarias para brindar protección en el ciberespacio. Para este fin es necesario involucrar a todos los sectores e instituciones del Estado con responsabilidad en el campo de ciberseguridad y ciberdefensa, creando un ambiente participativo donde todos los actores de la sociedad actúen con propósitos comunes, estrategias concertadas y esfuerzos coordinados. (2011, p. 20)

Para el Estado colombiano, la Política Nacional Logística se soporta inicialmente en el documento CONPES 3547 de 2008, en éste se define a la logística como "la manipulación de bienes y servicios que requieren o producen las empresas o los consumidores finales, mediante las funciones de transporte, almacenaje y aprovisionamiento y/o distribución de mercancías" (CONPES 3547, 2008, p. 12). Se consideran los aspectos esenciales de cara a los procesos realizados como soporte a la satisfacción de necesidades a través de la generación y producción tanto de bienes como de servicios, en el marco del concepto de cadena de suministros[3], siendo la base de los procesos productivos en los campos de

1 Ciberseguridad: capacidad del Estado para minimizar el nivel de riesgo al que están expuestos sus ciudadanos, ante amenazas o incidentes de naturaleza cibernética (CONPES 3701, 2011, p. 39).

2 Ciberdefensa: Capacidad del Estado para prevenir y contrarrestar toda amenaza o incidente de naturaleza cibernética que afecte la soberanía nacional (CONPES 3701, 2011, p. 38).

3 Está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una solicitud de un cliente. La cadena de suministro incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle e incluso a los mismos clientes (Chopra & Meindl, 2008, p. 1). https://www.academia.edu/32054312/Administracion_de_la_cadena_de_suministro_5ed_Sunil_Chopra_y_Peter_Meindl

acción económico, social, ambiental y militar, con impacto en los activos aeroespaciales de una Nación.

De manera complementaria, el Comando General de las Fuerzas Militares de Colombia en el *Reglamento de Logística Conjunta FF.MM. 4-2 RESTRINGIDO,* presenta una definición de la logística militar, como soporte de las operaciones militares en donde se combinan las capacidades militares conjuntas, incluido el poder aéreo:

> Ciencia y el arte de planear (previsión) bienes y servicios destinados a apoyar y sostener las Fuerzas en un Teatro de Operaciones. Lo que conlleva a la sincronización y ejecución de actividades de las funciones logísticas (personal, sanidad, abastecimientos, transporte, mantenimiento, construcciones, comunicaciones) destinadas a brindar los recursos necesarios, en el momento indicado de calidad y la cantidad requeridas, en el lugar y tiempo oportunos. (Fuerzas Militares de Colombia, 2016, p. 81)

Sin duda esta importante disciplina fortalece el desempeño y la aplicación de las capacidades en el marco de las operaciones conjuntas y coordinadas en los diferentes escenarios en donde éstas se adelantan. Así, promueve la eficiencia en la toma de decisiones desde los centros de comando y control que se trasladan a las operaciones aeroespaciales como instrumento para el goce de los intereses nacionales.

En complemento a los conceptos doctrinarios propios de las disciplinas logísticas antes propuestas, la FAC a través del *Manual de Doctrina Logística (MALOG) MANUAL–FAC-4-0 Público,* ha planteado la importancia que reviste la logística militar para el desarrollo de las operaciones militares aéreas y por su conducto para el desarrollo de las operaciones aeroespaciales en el teatro de la guerra (TG).

La logística militar es parte de la ciencia y arte de la guerra, y como ella, ha sido parte de la historia de la humanidad, con la cual ha evolucionado y se ha refinado hasta convertirse en una ciencia de aplicación a diferentes procesos de apoyo a las Fuerzas Operativas. La logística militar se define como "la parte del arte de la guerra que tiene por objeto proporcionar a las Fuerzas Armadas los medios necesarios para satisfacer adecuadamente las exigencias de la guerra" (FAC, 2016, p. 2).

En adición a los conceptos antes descritos y articulando con los lineamientos doctrinarios impartidos por la institución militar aérea, se realiza un acercamiento al concepto de poder aéreo, espacial y ciberespacial (PAEC). El *Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial (MADBA)* del año 2020 lo define como:

> El producto de la suma de múltiples capacidades, por lo tanto, la unidad de mando es esencial para garantizar su fusión y efectividad, particularmente cuando el conjunto de medios pertenece a diferentes Fuerzas. El Comandante Aéreo, como autoridad central del esfuerzo en su ambiente de operación, formula las estrategias y los planes, determina las prioridades, distribuye los recursos y controla los componentes aéreos asignados para alcanzar el objetivo principal. El éxito en la ejecución de estas acciones se logra mediante un eficaz mando, control, comunicaciones, red informática e inteligencia - C3I2 - (FAC, 2020b, p. 2-12).

De manera general los tres grandes componentes del poder aéreo y espacial son: el componente conceptual (fundamentado en la doctrina); el componente moral (soportado en la voluntad de lucha de su talento humano); y un componente físico (conformado por las personas como potencial humano que integra la institución, la infraestructura aeronáutica, los recursos espaciales con que cuenta la Nación y en gran medida la industria aeronáutica y espacial con sus capacidades, bondades y fortalezas).

Desagregando los componentes mencionados y enfatizando el conceptual, hacemos el tránsito al ámbito doctrinario, tomando como elemento de análisis la necesidad de la aplicación eficiente del poder aéreo y espacial como medio para el alcance, goce y conservación de los intereses y objetivos nacionales. *El Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial (MADBA)* del año 2020, presenta una interesante definición:

> La Doctrina Aérea, Espacial y Ciberespacial es el conjunto de principios, normas, reglas o criterios y la enunciación autorizada de los valores y creencias adoptados oficialmente, con el objeto de ajustar las conductas o comportamientos individuales o colectivos hacia un fin determinado; permitiendo dirigir y orientar el empleo de los recursos humanos y físicos del Poder Aéreo Espacial y Ciberespacial -PAEC-. (FAC, 2020b, pp. 3-4)

La conjunción de los componentes moral y físico genera un efecto directo en los escenarios y ambientes operacionales, eventualmente de combate en donde interactúan a través del uso y empleo del poder aéreo y espacial (aire, espacio y ciberespacio) en cumplimiento a los lineamientos del Conductor político del Estado. Aspectos esenciales como el desarrollo tecnológico, la evolución de los procesos operacionales, doctrinarios, normativos, así como el desarrollo de las funciones y capacidades logísticas al interior de los procesos desarrollados en la industria aeronáutica y espacial, generan la necesidad de establecer realmente cuáles son los activos aeroespaciales para el Estado colombiano, de cara al

cumplimiento de las cinco funciones de la FAC: controlar el aire, el espacio y el ciberespacio; aplicar la fuerza; multiplicar a las Fuerzas; apoyar la Fuerza; contribuir al cumplimiento de los fines esenciales del Estado, así como participar en programas de cooperación (CFEPPC)[4].

Anteriores conceptos aplicables a la logística, ciencia en la que se fundamenta el desarrollo de las operaciones en las tres dimensiones ampliamente tratadas: aérea, espacial y ciberespacial; y que, de manera esencial en complemento a la estrategia y a la táctica, garantiza el cumplimiento exitoso de los objetivos propuestos en los escenarios antes citados, fortalece al recorrido histórico realizado por Pérez (2020, p. 22), con hechos de suma importancia y trascendentales en cuanto al uso pacífico del espacio y al empleo de los activos espaciales se refiere: "programas militares espaciales de los Estados Unidos, aviones espaciales no tripulados, industria espacial rusa, satélites inspectores y avances de China en la competencia espacial". Y concluye puntualmente el autor: "La militarización del espacio tiene dos objetivos: por un lado, disponer de las capacidades necesarias para atacar y destruir sistemas espaciales ajenos en caso de conflicto y, por otro, mantener y asegurar la supervivencia de los sistemas propios" (Pérez, 2020, p. 29).

Los activos aeroespaciales en relación a las capacidades del Estado colombiano en el dominio espacial

Al interior del Estado colombiano han sido emitidas políticas públicas aplicables a la promoción de la competitividad y productividad; es así como el Documento CONPES 3527 del año 2008 contempla quince planes de acción para el desarrollo de la mencionada política, articulando el Sistema Nacional de Competitividad. De manera relevante se encuentran los planes que aplican a los sectores de: ciencia, tecnología e innovación; infraestructura de logística y transporte; sostenibilidad ambiental como factor de la productividad, entre otros (p. 2).

El mencionado documento establece una visión de transformación productiva, proyectada al año 2032 para la Nación colombiana. En su marco conceptual determina la articulación de los diferentes actores, la integración de los campos

4 Funciones de la Fuerza Aérea Colombiana, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial FAC (MADBA) (2020b, p. 81).

de acción del Estado, la acción unificada de sus sectores administrativos, todo esto con el fin último de incrementar sus capacidades productivas, en donde sin duda desempeñan un papel importante la participación industrial, la innovación y el desarrollo tecnológico:

> El objetivo de la política de competitividad es lograr la transformación productiva del país. Un país puede aumentar el valor de su producción por tres vías: produciendo más (aumentando la productividad), produciendo mejor (aumentando la calidad) o produciendo nuevos productos (transformación productiva). Aunque, en general, ninguno de esos tres frentes puede ser despreciado, Colombia debe hacer un esfuerzo relativo mayor en el tercero, ya que prácticamente ha agotado las fuentes de crecimiento en los dos primeros. Por último, los pilares generales aprobados son: (1) desarrollo de sectores o *clústeres* de clase mundial, (2) promoción de la productividad y el empleo, (3) formalización laboral y empresarial, (4) promoción de la ciencia, la tecnología y la innovación, y (5) estrategias transversales. (CONPES 3527, 2008, pp. 6-7)

Adicionalmente, respecto a las políticas públicas aplicables a la promoción de la productividad y competitividad, se hace necesario mencionar las intenciones del actual Gobierno nacional, en cabeza de la Vicepresidencia de la República, con miras al desarrollo de proyectos especiales, entre los que se encuentra la promoción y potencialización de la Comisión Colombiana del Espacio (CCE). Considerado el planteamiento de la importancia geoespacial de Colombia de Arévalo Yépez (2007), en su artículo titulado "El contexto espacial internacional y la Comisión Colombiana del Espacio", se puede tener una amplia visión de la necesidad del uso eficiente del aire, del espacio, de la órbita geoestacionaria y del mismo ciberespacio de parte de la Nación colombiana, en concordancia con su alta potencialidad, y de cara la temática que nos ocupa:

> Por su posición geoestratégica y su recurso humano, Colombia posee ventajas comparativas en el desarrollo de actividades geoespaciales necesarias para el incremento de la productividad, la eficiencia y la competitividad en la agricultura, la industria, el comercio, el sector de los servicios y otros sectores incluyendo las entidades del gobierno. La CCE le va a permitir al país integrarse con las redes globales de cooperación espacial, dentro de ella COLCIENCIAS juega un papel estratégico en la formación e investigación, por su capacidad para articular esfuerzos nacionales e internacionales. (Arévalo Yépez, 2007, p. 20)

Sin duda el desarrollo de las actividades espaciales ofrece un potencial significativo para el alcance y goce de los objetivos e intereses nacionales en el marco

del desarrollo económico y social. Es el campo de acción propio de la geopolítica con alcance global y en el ámbito aeroespacial el que determina el alcance de estas decisiones de cara a las intenciones nacionales y a la integración tanto regional como global, en donde se conjugan aspectos de tipo público, privado, civil, comercial y el apalancamiento dado por el campo del poder militar y esencialmente la orientación ofrecida por el poder aéreo y espacial.

De manera complementaria y con el propósito de alcanzar los objetivos e intereses antes descritos, el Estado colombiano ha defendido una serie de lineamientos alrededor de tres factores interdependientes y complementarios: marco jurídico multilateral, cooperación internacional y reforzamiento de capacidad nacional con la creación de la Comisión Colombiana del Espacio (Arévalo Yépez, 2007). Estos aspectos de suma trascendencia, bajo la orientación política adecuada y soportada en políticas públicas y políticas de Estado, garantizarán un acertado y eficiente uso de las bondades y condiciones favorables que posee Colombia, con miras a la explotación y uso del espacio en beneficio de la Nación.

El Gobierno nacional, mediante el Decreto 2442 del año 2006 crea la Comisión Colombiana del Espacio (CCE), cuya misión es la de servir de órgano de consulta, planificación, coordinación y orientación para el desarrollo de la Política Espacial Colombiana, contando con el apoyo y vinculación de varios ministerios y sectores administrativos entre los que se cuentan: Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio de Defensa, Ministerio de Educación, Ministerio de Comunicaciones, Ministerio del Interior y de Justicia (fusionado para la época), Ministerio de Agricultura y Ministerio de Transporte; algunas dependencias del Estado que por su condición y objeto misional tienen relación directa con el uso de tecnologías espaciales: el Departamento Nacional de Planeación (DNP), la FAC, la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil (UAEAC), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Instituto de Estudios Ambientales (IDEAM), el Departamento Administrativo de las Ciencias y la Tecnología (Colciencias) y el Departamento Administrativo para la Acción Social (DANSOCIAL). La responsabilidad de orientación, direccionamiento y presidencia de esta importante comisión quedó en cabeza de la Vicepresidencia de la República.

En el marco de la ONU existe desde el año de 1959 el Comité sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS, por sus siglas en inglés), del cual ha formado parte la CCE. En el periodo de sesiones número 50 del COPUOS realizada en Viena en al año 2007, la CCE presentó su estructura organizacional, sus objetivos misionales y sus líneas de acción estratégicas (Gómez Guzmán, 2007). Sus objetivos misionales se traducen en: la *gestión del*

conocimiento y la investigación (afianzada en el incremento del nivel de investigación, el desarrollo tecnológico, la innovación, la gestión del conocimiento, así como la información y capacitación, lo cual redundará en la creación de una gran comunidad de ciencias geoespaciales); los asuntos políticos y legales (soportado en la necesidad de adoptar una política nacional en ciencia y tecnología espacial, que busca elevar el nivel de desarrollo del país, establecer normas claras en lo referente a la actividad y temática espacial, así como garantizar la defensa de los intereses del país en el contexto internacional); y la infraestructura colombiana de datos espaciales (que enfatiza el propósito de aunar esfuerzos institucionales que permitan la organización de los procesos productivos, el acceso a productos y servicios, así como el uso masivo de la información geoespacial, todo ello con el fin último de consolidar a Colombia como una sociedad informada).

Esencialmente las líneas de acción estratégicas de la CCE se fundamentan en: las telecomunicaciones; la observación de la Tierra; la astronomía, la astronáutica y la medicina aeroespacial; así como la navegación satelital.

La línea estratégica de las telecomunicaciones vincula "todos los cambios conectados", dentro de los que se encuentran la transmisión de datos, la radiodifusión sonora, los servicios de socorro y las aplicaciones propias de la televisión, el periodismo y la seguridad; aportando a la vez para la creación de un marco regulatorio coherente con el mercado.

Respecto a la línea estratégica de la observación de la Tierra, ésta se enfoca en el *conocimiento y gestión del territorio*, con aplicación a las imágenes satelitales, la gestión ambiental, la prevención y atención de desastres, la cartografía básica y temática, así como los sistemas de alerta temprana; lo que apoya de manera propositiva a los beneficios y oportunidades generados por los sensores remotos.

En lo referente a la línea de acción estratégica de la astronomía, la astronáutica y la medicina aeroespacial, ésta se orienta puntualmente a la *investigación y desarrollo, acompañados de difusión y transferencia de conocimiento*, con aplicación en el desarrollo de picosatélites, la tecnología espacial, la telemedicina, los campamentos espaciales, la formación y capacitación en temática espacial, así como el desarrollo de diplomados y seminarios propios de esta temática para la nación colombiana.

Por último, la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil – AEROCIVIL (2020) presenta la línea estratégica que aplica a la navegación satelital se orienta hacia un gran Plan Nacional de Navegación Satelital, cuyo propósito es dar las facilidades a los diferentes procesos y protocolos de navegación, apoyar la

agricultura de precisión, acompañar a las diferentes modalidades y sistemas de transporte, garantizar a la atención de desastres y el fortalecimiento a los procesos propios de la seguridad privada, así como a la seguridad y la defensa nacionales.

Pleno reconocimiento merece este importante y loable esfuerzo realizado por el Estado colombiano, cuyo propósito fue en su momento proyectar con visión futurista el acceso a las bondades ofrecidas en el espacio exterior, así como las capacidades que en éste se generan con la aplicación eficiente y oportuna de los recursos del Estado colombiano, a través de la formulación de políticas públicas y políticas de Estado, para que a la postre redunden en beneficios tecnológicos, económicos, productivos y sin duda aplicables a la seguridad y la defensa nacionales. Actualmente Colombia, a diferencia de países de la región tales como Brasil, Argentina, México, Chile y Perú, no cuenta con una Agencia Espacial, aparentemente por falta de decisión política de los gobiernos que desde el momento de la creación de la CCE en el año 2006, no han consolidado esta importante iniciativa de suma importancia para el desarrollo del Estado colombiano.

Mediante Decreto 2516 del año 2013 el gobierno nacional crea el Programa Presidencial para el Desarrollo Espacial Colombiano (PPDEC) bajo la figura del Departamento Administrativo de la Presidencia (DAPRE), asignándole además funciones muy similares a las de la CCE, lo que a la postre les restó importancia a los programas, líneas de acción estratégicas y proyectos en desarrollo liderados por la CCE, tales como la compra de los satélites 1 y 2, prevista para el periodo 2010-2014.

Actualmente la Vicepresidencia de la República tiene la responsabilidad de ejercer la presidencia de la CCE, de acuerdo a lo establecido en el artículo 8 del Decreto 1714 del 5 de septiembre de 2018 *Por el cual se confía a la Vicepresidencia de la República unas misiones*. Tal designación reviste de suma importancia para el Ejecutivo la formulación de políticas públicas con miras al desarrollo espacial colombiano. Es necesario aclarar que en el capítulo cuarto de la presente publicación "El derecho aeroespacial y su desarrollo en el Estado colombiano" se realiza un recorrido con enfoque cronológico de tipo descriptivo a la totalidad de aspectos en el ámbito normativo y doctrinario, aplicables al uso del espacio ultraterrestre por parte del Estado colombiano, de cara a los postulados emitidos al respecto en el seno de la ONU.

De manera complementaria a lo antes propuesto y contrastando la interesante temática planteada con relación al escenario espacial colombiano, se hace

necesario referenciar inicialmente el Documento CONPES 3983 de 2020 *Política de desarrollo espacial: condiciones habilitantes para el impulso de la competitividad nacional*. En este documento se plantean las estrategias y lineamientos desde el Estado colombiano para el desarrollo de la Política Espacial Nacional:

> En primer lugar, identificar y sentar las bases para construir una visión de largo plazo del sector espacial en Colombia, mediante la caracterización de las capacidades científicas y tecnológicas del país, la comprensión del mercado de bienes y servicios satelitales, y la implementación de una estrategia de promoción de la educación, conocimiento y curiosidad científica en temas espaciales. En segundo lugar, construir las condiciones para dimensionar y resolver las barreras de entrada a la iniciativa privada mediante la identificación de las potencialidades para la innovación, emprendimiento y conocimiento tecnológico, la construcción de una estrategia de cierre de brechas de capacidades en innovación, emprendimiento y transferencia de conocimiento y tecnología, así como potenciar la demanda de bienes y servicios espaciales por parte del sector público y privado. Por último, establecer un marco de gobernanza que promueva la articulación entre actores e instancias, primordialmente a través de la Comisión Colombia del Espacio (CCE),[5] definiendo líneas estratégicas para el desarrollo del sector y estableciendo una agenda de cooperación internacional, así como la adaptación del marco normativo del país. (CONPES 3983, 2020, pp. 3-4)

En el primer semestre del año 2020, la FAC ha presentado el documento *Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial de la Fuerza Aérea Colombiana al año 2042*, a través del cual se contextualiza su lema institucional "Así se va a las Estrellas". Este importante documento se divide en cuatro apartados esenciales, que de manera general dan cobertura a la estrategia antes citada:

> La Estrategia para el desarrollo aéreo y espacial de la Fuerza Aérea Colombiana 2042 se soporta en el espíritu de evolución, innovación y transformación permanente, teniendo como propósito la consolidación de una Fuerza polivalente e interoperable que cumpla los más altos estándares internacionales y se consolide como preferente y líder regional. Tal proyecto se constituye en la hoja de ruta de la institución para los próximos años y será la base en la toma de decisiones y el direccionamiento del alto mando en el corto, mediano y largo plazo. (FAC, 2020a, p. 0-8)

5 Es la instancia intersectorial de consulta, coordinación, orientación y planificación, que tiene como fin orientar la ejecución de la política nacional para el desarrollo y aplicación de las tecnologías espaciales; se articulan campos estratégicos de trabajo en áreas como: Telecomunicaciones, Navegación Satelital, Astronáutica, Astronomía y Medicina Aeroespacial, Gestión del conocimiento, Asuntos políticos y legales; así como la observación de la Tierra (IDEAM, s.f.).

La importante estrategia propuesta para el desarrollo aéreo y espacial de la FAC, con respecto al "desarrollo multidominio y a la capacidad adquirida propia de los activos espaciales" refiere al escenario institucional para el año 2030:

> En el año 2030, la Fuerza Aérea Colombiana se encuentra desarrollada; es una institución innovadora, polivalente, interoperable, preferente regional, con alcance continental, con capacidades para disuadir y enfrentar las amenazas multidominio de la Nación. Lo anterior, gracias a la actualización permanente de una doctrina aérea, espacial y ciberespacial, interiorizada e interoperable, desarrollada con capacidad de enfrentar las amenazas del entorno […] Se destaca en este periodo la adquisición de activos espaciales propios que garantizan la autonomía de observación de la tierra para defensa y seguridad de la Nación, con capacidad de atender las necesidades internas y de socios regionales, obteniendo con ello disuasión creíble que permite enfrentar las amenazas del entorno bajo el marco de un ambiente multidominio. (FAC, 2020a, p. 3-5)

De manera secuencial y con proyección al año 2042, la estrategia propuesta para el desarrollo aéreo y espacial de la FAC, en lo que respecta a "su posición prospectiva y a las capacidades adquiridas", de una manera muy interesante plantea:

> En el año 2042, la Fuerza Aérea Colombiana ejerce el dominio en el aire, espacio y ciberespacio, consolidándose como innovadora, polivalente, interoperable, líder y preferente regional, con alcance global y con capacidades disuasivas reales, visibles, creíbles, permanentes y sostenibles. Se resalta su exitoso modelo de doctrina multidominio, consolidado con herramientas tecnológicas logrando obtener una doctrina ajustada, actualizada, ejercitada y con alta difusión, adaptada a los contextos emergentes en los que opera la Fuerza, toda vez que es capaz de influir en el entorno. (FAC, 2020a, p. 3-8)

Con el ánimo de dar cumplimiento a lo planteado en la *Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial de la Fuerza Aérea Colombiana 2042*, se tiene previsto utilizar la metodología DOMPIP (doctrina, organización, material y equipo, personal, infraestructura, y presupuesto). El objeto del uso y aplicación de la metodología citada es realizar la formulación estratégica con el propósito de alcanzar el escenario ideal en el marco del contexto estratégico bajo las dimensiones temáticas de este contexto: geopolítica, demografía y sociedad, medioambiente; ciencia y tecnología; y por supuesto la defensa y la seguridad. Adicionalmente, se plantean dos tipos de riesgo: 1) ataque a los segmentos que componen el contrapoder espacial en los dominios tierra, red y espacial; y 2) afectación del acceso al espacio y explotación de activos espaciales. Los riesgos antes mencionados

contemplan respectivamente algunas modalidades de materialización de la amenaza:

Para el primer tipo de riesgo se consideran cinco modalidades de materialización de la amenaza: 1) ataque con satélite interceptor; 2) ataque con misiles; 3) Ataque con satélite suicida; 4) Ataque a antenas y estaciones terrenas; y 5) interferencia y violación a los sistemas y subsistemas de enlace del satélite.

Para el segundo tipo de riesgo se consideran cuatro modalidades de materialización de la amenaza: 1) afectación al desarrollo y prueba de sistemas de lanzamientos espaciales; 2) colisiones entre objetos espaciales que se encuentren en órbita; 3) pérdida del comando y control de satélites; y 4) afectación al desarrollo de lanzamiento de objetos espaciales.

Por estas razones, se considera una taxonomía de capacidades espaciales estructurada en cinco áreas definidas, las cuales tienen una relación directa con los principios doctrinarios del orden espacial: 1) contrapoder espacial; 2) contrapoder espacial ofensivo; 3) contrapoder espacial defensivo; 4) explotación de activos espaciales; y 5) acceso al espacio.

La cuarta capacidad espacial, la explotación de activos espaciales, se subdivide en: 1) monitoreo de amenazas espaciales (cuya operación tipo es el *monitoreo de amenazas espaciales*), y 2) operación de satélites (cuya operación tipo es la *operación de satélites*). Por ello se hace necesario acceder a estos conceptos y analizarlos en profundidad dada su condición, importancia e impacto en el desarrollo de las operaciones espaciales y uso del espacio ultraterrestre por parte del Estado colombiano.

La misión proyectada para la estructura organizacional de la FAC, encargada del desarrollo de las operaciones espaciales (Jefatura de Operaciones Espaciales, JOES) al año 2042, será:

> Ejercer el contrapoder espacial mediante la explotación de activos espaciales y el lanzamiento de vehículos, para garantizar la libertad de acción en el espacio con el fin de proteger los intereses nacionales, ante dos escenarios de amenaza externa y uno de amenaza interna simultáneos. (FAC, 2020a)

Todas estas razones permiten evidenciar que, al interior de la FAC, existe una relación armónica con los lineamientos impartidos por la ONU, en cabeza de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA) a través del documento *Proyecto de presupuesto por programas para 2021. Parte II. Asuntos políticos. Sección 6. Utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos. A. Proyecto de plan del programa para 2021 y ejecución del programa en 2019 Orientación*

general. Mandatos y antecedentes, tal como se encuentra plasmado en el primer apartado del presente capítulo.

Dentro de los avances y logros más significativos del Estado colombiano y específicamente en el sector administrativo de la seguridad y defensa nacional, bajo el liderazgo de la Fuerza Aérea Colombiana se marcó un punto de inflexión en la carrera espacial en el año 2018, con el lanzamiento del satélite FACSAT- 1, como logro de la Acción Unificada del Estado (AUE):

> Desde el Satish Dhawan Space Centre (SDSC) en la India, el 28 de noviembre de 2018, a bordo del cohete PSLV C-29, la Fuerza Aérea Colombiana lanzó su primer satélite FACSAT-1 al espacio, con el que le apuesta a la innovación tecnológica e investigativa […] Para llevar a cabo el desarrollo de este proyecto, se ha contado con un plan de transferencia de conocimientos, a través de la participación activa de entidades académicas, privadas y públicas, como el Tecno Parque SENA, Universidad Autónoma de Occidente, Universidad del Valle, Instituto Colombiano Agustín Codazzi y demás, trabajo enmarcado en las directrices de COLCIENCIAS, que permiten la vinculación entre Estado y educación, con el objetivo de alcanzar resultados en pro de la evolución del FACSAT-1 (Comunicaciones Estratégicas EMAVI, 2019).

A nivel nacional, se cuenta con la participación activa de la Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana (CIAC), dada su condición de sociedad de economía mixta en la modalidad de empresa industrial y comercial del Estado, siendo el referente colombiano en el ámbito aeroespacial y órgano articulador de las políticas públicas en los dominios aéreo y espacial, tal como lo presenta el portal web Connect Americas (2015):

> La Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana SA (CIAC SA) es la empresa líder en la industria aeroespacial nacional con base en su condición de fabricante de productos aeronáuticos y de estación reparadora certificada para la prestación de servicios MRO de aviación. Es una Sociedad de Economía Mixta bajo el régimen de Empresa Industrial y Comercial del Estado vinculado al Ministerio de Defensa Nacional de gestión económica conforme a las reglas del Derecho Privado y autonomía administrativa y financiera. Hace parte del Grupo Social y Empresarial de la Defensa (GSED) en la categoría de Entidades Industriales (Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana, 2015, párr.1).

De manera complementaria a lo antes expuesto, Pulido, en su condición de Gerente (E) de la CIAC, en una conferencia dictada el día 30 de julio de 2020 a los oficiales de la FAC, estudiantes del Curso de Estado Mayor (CEM – FAC

2020) de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", nos permite visualizar la transición del ámbito aeronáutico al espacial, secuencia lógica y coherente en la evolución observada en la industria aeroespacial colombiana, contribuyendo con los *servicios aeroespaciales* a la ejecución de proyectos de desarrollo nacional:

> La oferta de valor de CIAC, corresponde a "Soluciones integrales aeroespaciales con estándares globales de calidad, seguridad y oportunidad", condición que permite establecer de manera puntual las capacidades distintivas actuales de la CIAC en el ámbito aeronáutico y espacial. A nivel de DISEÑO Y DESARROLLO: Aeronaves remotamente tripuladas (ART) tales como el Coelum, Quimbaya, Atlante y el Urubú S-17. A nivel de FABRICACIÓN: Aeronaves T-90 Calima, conjuntos aeronáuticos, partes y componentes, así como blindajes aeronáuticos. A nivel de MRO: Servicio a la familia del A-320, ATR-42 / 72, Boeing 737, C-40, C-130, CN-235, C-295, UH-60 y Helicópteros Bell. En cuanto a REPARACIÓN: Componentes de aviónica, componentes menores y accesorios; en lo que respecta a SERVICIOS AEROESPACIALES: Pequeños satélites, estructuras satelitales, así como imágenes satelitales, y en lo referente a SERVICIOS ASOCIADOS: Simulador UH-60, entrenamiento técnico, pruebas no destructivas (NDT) y servicios de Zona Franca (CIAC, 2020).

Conclusiones

Al interior de la industria Aeroespacial colombiana se evidencia la aplicación de teorías referentes, así como los casos más representativos de éxito, considerando además las variables y características propias del *clúster aeroespacial*, en consonancia con la multiplicidad de elementos y actores de activos aeroespaciales. Se puede concluir que Colombia ha venido incursionado de manera activa y creciente en actividades propias de los dominios aéreo, espacial y ciberespacial, en consonancia con las políticas públicas existentes al respecto que redundan en beneficio del poder militar, poder nacional y por su conducto en el cumplimiento de los intereses nacionales.

Suma importancia para el Estado colombiano representa el uso eficiente de los activos aeroespaciales y sus elementos constitutivos, así como su relación con los procesos desarrollados al interior de la logística aeroespacial, siendo esta el soporte para consolidar el planeamiento y desarrollo de las operaciones aeroespaciales en el campo de la seguridad y la defensa nacionales, que

en complemento de la triada de éxito —compuesta por la universidad y centros de investigación (I+d+i), las empresas e instituciones productivas y el aparato estatal—, permitirán el cumplimiento de los intereses nacionales de Colombia.

El Estado colombiano cuenta con amplias capacidades en el ámbito espacial, posee un marco normativo que regula su desarrollo, la estructura y alcance de los clústeres existentes, su relación con el sector administrativo de la seguridad y la defensa nacionales y su interacción con la FAC, dado el liderazgo de esta institución militar aérea en el uso del poder aeroespacial y su alineamiento con la Política Estratégica para el desarrollo de los sectores productivos del país, en el marco del Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación orientado por el las Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Se plasma la importancia que representa la CCE en la ambiciosa pero necesaria intención de alcanzar los intereses nacionales colombianos en el ámbito aeroespacial.

Como resultado del estudio realizado, soportado en la estructura organizacional de la industria aeroespacial, se reconoce la importancia que representa la fusión armónica de las capacidades del poder aeroespacial nacional, gracias a la Acción Unificada del Estado colombiano, en donde se destacan: los activos aeroespaciales; políticas públicas aplicables al uso y explotación de los dominios aéreo y espacial; el liderazgo de la FAC y su participación en la política estratégica para el desarrollo de los sectores productivos del país, el goce de los intereses nacionales y en gran medida para la supervivencia del Estado.

Referencias

Arévalo Yépez, C. (2007). El contexto espacial internacional y la Comisión Colombiana del Espacio. *Colombia: Ciencia y Tecnología, 25*(1-2), 20-23.

Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana (CIAC). (2020, 30 de julio). Presentación corporativa CIAC [conferencia]. Cátedra de Logística Aeronáutica LOA. Curso de Estado Mayor CEM – FAC 2020 (Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"), Bogotá, Colombia.

Comunicaciones Estratégicas EMAVI. (2019, 28 de noviembre). FACSAT-1, un año en el espacio. *Fuerza Aérea Colombiana.* https://shortly.cc/xzxZr

CONNECT AMERICAS. (2015). Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana. https://connectamericas.com/es/company/corporaci%C3%B3n-de-la-industria-aeron%C3%A1utica-colombiana-sa#:~:text=La%20Corporaci%C3%B3n%20de%20la%20Industria,de%20servicios%20MRO%20de%20aviaci%C3%B3n.

CONPES 3527. (2008, 23 de junio). Política Nacional de Productividad y Competitividad. Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia. https://shortly.cc/qTqn4

CONPES 3547. (2008, 27 de octubre). Política Nacional Logística. Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia. https://shortly.cc/VpxLF

CONPES 3701. (2011, 14 de julio). Lineamientos de Política para Ciberseguridad y Ciberdefensa. Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia. https://shortly.cc/Oybc8

CONPES 3983. (2020, 13 de enero). Política de desarrollo espacial: condiciones habilitantes para el impulso de la competitividad nacional. Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia. https://shortly.cc/0Is6l

Decreto 1714 (2018, 5 de septiembre). *Por el cual se confía a la Vicepresidencia de la República unas misiones*. Presidencia de la República de Colombia. https://shortly.cc/Yh2io

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto" (2020). *Superioridad Aérea. Una comprensión amplia del enfoque nacional.* Planeta.

Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (2016). *Manual de Doctrina Logística (MALOG). Manual FAC-4-0- Público* (1.ª ed.).

Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (2020a). *Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial al Año 2042. Así se va a las Estrellas.*

Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (2020b). *Manual de Doctrina Básica Aérea, Espacial y Ciberespacial -DBAEC* (5.a ed.). Departamento Estratégico de Doctrina Aérea y Espacial.

Fuerzas Militares de Colombia. (2016). *Reglamento de Logística Conjunta de las Fuerzas Militares. REGLAMENTO FF.MM. 4-2 Restringido.*

Gómez Guzmán, I. D. (2007). *Comisión Colombiana del Espacio.* https://shortly.cc/QYQgR

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (s.f.). Comisión Colombiana del Espacio. *IDEAM.* https://shortly.cc/dSZX7

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (1999). *Managing National Innovation Systems.* OCDE. https://digitallibrary.un.org/record/3856714

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2020). *Proyecto de presupuesto por programas para 2021. Parte II. Asuntos políticos. Sección 6. Utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos.* https://digitallibrary.un.org/record/3856714

Pérez, L. (2020). La militarización del espacio: el desarrollo de satélites inspectores por EE. UU. y Rusia. *Global Affairs Journal,* (2), 22-31. https://shortly.cc/QjmnN

Porter, M. (1990). *La ventaja competitiva de las naciones.* https://shortly.cc/eEFyO

Pyke, F., Becattini, G, & Sengenberger, W (eds.). (1992). *Industrial districts and inter-firm co-operation in Italy.* International Institute for Labour Studies. https://shortly.cc/7LAVD

Resolución 2258 (2009, 23 de diciembre). *Por la cual se modifican los artículos 22 y 23 de la Resolución Comisión de Regulación de Telecomunicaciones 1732 de 2007 y los artículos 1.8 y 2.4 de la Resolución Comisión de Regulación de Telecomunicaciones 1740 de 2007.* Comisión de Regulación de Comunicaciones. https://shortly.cc/RpYMB

Capítulo 7

Comando espacial*

DOI: https://doi.org/10.25062/9786287602229.07

Flavio Enrique Ulloa Echeverry
Fuerza Aérea Colombiana

David Barrero Barrero
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

Resumen: El propósito del presente capítulo es poner a consideración algunos aspectos importantes y necesarios para la conformación de un comando espacial en la Fuerza Aérea Colombiana. Este comando ya se encuentra estructurado en algunas naciones poderosas, y a pesar de que el desarrollo espacial debe tener fines pacíficos, como se ha establecido en la Organización de las Naciones Unidas, algunos de estos Estados han considerado el escenario espacial como un nuevo campo de batalla. En Colombia, la FAC ha desarrollado capacidades espaciales de nivel institucional, conjunto y estatal, en beneficio nacional. Es esta autoridad la que, dentro de la Comisión Colombiana del Espacio, está llamada a catapultar al país hacia el espacio, para lo cual debe estructurar una organización de orden mundial como un comando espacial, que proporcione las herramientas que Colombia requiere para alcanzar el espacio.

Palabras clave: capacidades; comando espacial; desarrollo; poder espacial

* Capítulo de libro resultado del proyecto de investigación "Migración y seguridad fronteriza en las américas: caracterización de nuevas amenazas" del grupo de investigación Masa Crítica de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", categorizado en A1 por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias) y registrado con el código COL0123247. Los puntos de vista y los resultados de este capítulo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

Flavio Enrique Ulloa Echeverry
Magíster en seguridad y defensa nacionales en la Escuela Superior de Guerra "Rafael Reyes Prieto", Formación en alta dirección empresarial en la Escuela de Dirección y Negocios de la Universidad de la Sabana (INALDE). Jefe de Estado Mayor Conjunto de las Fuerzas Militares (2013). General de la Reserva de la Fuerza Aérea Colombiana y Piloto Militar de la Fuerza Aérea Colombiana. Orcid: **https://orcid.org/0000-0002-1289-0974**

David Barrero-Barrero
Candidato a doctor en bioética de la Universidad Militar Nueva Granada. M.Sc. en Inter-American Defense and Security del Colegio Interamericano de Defensa. Coronel de la Reserva Activa y piloto militar de la Fuerza Aérea Colombiana. Docente ocasional e investigador junior de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto". Orcid: **https://orcid.org/0000-0003-0412-1371** - Contacto: **david.barrero@esdeg.edu.co**

Citación APA: Ulloa Echeverry, F. E., & Barrero-Barrero, D. (2022). Comando espacial. En J. H. Conde Mesa (Ed.), *Visión aeroespacial colombiana* (pp. 181-204). Sello Editorial ESDEG. https://doi.org/10.25062/9786287602229.07

VISIÓN AEROESPACIAL COLOMBIANA

ISBN impreso: 978-628-7602-21-2
ISBN digital: 978-628-7602-22-9
DOI: https://doi.org/10.25062/9786287602229

Colección Estrategia, Geopolítica y Cultura
Sello Editorial ESDEG
Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes prieto"
Bogotá D.C., Colombia
2022

CC BY NC ND

Introducción

El presente capítulo consta de cinco apartados. El primero trata de la inspiración misional de la Fuerza Aérea hacia el espacio, a partir del demostrado ingenio de los seres humanos durante el siglo XX, que permitió durante un mismo periodo alcanzar la tercera dimensión del aire y, a partir de ella, el espacio ultraterrestre.

Aquí, la primera meta fue la de lograr lanzar al aire aeronaves que poco a poco permitieran el dominio del aire y con ello inventar la aviación para una multiplicidad de funciones que aun en el presente siglo se siguen inventando. Dentro de ellas se encuentran desde empresas comerciales para conectar al planeta entero, hasta dos guerras mundiales en las que la aviación tuvo una participación estratégica en el desarrollo y culminación de estas. Fue entonces cuando se constituyó el siguiente objetivo: el espacio ultraterrestre, lo cual se logró y a partir de allí un nuevo escenario para conquistar, pero en beneficio común y uso pacífico de acuerdo con lo que se ha acordado.

En el segundo apartado serán analizadas las amenazas y oportunidades que se puedan presentar durante el lanzamiento de Colombia hacia el espacio extraterrestre, siendo necesario considerar que la meta por alcanzar deberá atravesar un camino complejo, el cual la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) ha venido definiendo.

Y para lo anterior, el tercer apartado tratará algunos puntos de interés del modelo de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (USAF, por sus siglas en inglés); en cuanto a modernización, tecnificación, organización y doctrina, que sirve de referente para hacer de la FAC la plataforma del Estado para alcanzar también el espacio para el país.

En el cuarto apartado y en el marco de esta nueva organización espacial, se hará necesario planificar y poner en ejecución el tamaño de Fuerza necesario

para alcanzar el espacio y, para esto, la FAC se ha venido reestructurando internamente para hacerse mayormente efectiva a la hora de afrontar los retos dentro de la Comisión Colombiana del Espacio (CCE), que catapulten al país al espacio. No obstante, seguirá habiendo muchas amenazas que afrontar, así como oportunidades durante el avance hacia este objetivo, que deberán suceder para llegar fuertes a su consecución.

Finalmente, en el quinto apartado será abordado el concepto del comando espacial, el cual ya comienza a ser una realidad en el presente con la implementación de una Jefatura dentro de la FAC, que podrá contribuir como una herramienta sobre la que se apoyen las operaciones espaciales de Colombia, tratadas en capítulos anteriores.

La inspiración misional de la Fuerza Aérea hacia el espacio

Desde la mitología, el dominio[1] de la tercera dimensión no ha tenido límites y si bien la atmósfera es un medio útil para que las aeronaves vuelen, eso no significa que el límite de la tercera dimensión sea el medio atmosférico, por lo tanto, la tercera dimensión está limitada por el alcance del universo como tal.

Los pioneros de la Fuerza Aérea resaltaban la necesidad de tener un dominio del aire para poder tener una ventaja considerable en la guerra. La experiencia nos ha demostrado que tenían toda la razón cuando se argumentaba que "tener el dominio del aire significa estar en posición de prevenir que el enemigo pueda hacer uso del espacio aéreo, mientras que se retiene la habilidad para volar en el por uno mismo"[2] (Douhet, 1983, p. 24).

Todas estas ideas sobre el dominio del espacio aéreo tenían que ver con controlar la tercera dimensión; el no estar atado a la fricción de la superficie terrestre o marítima. Por lo tanto, el poder alzarse sobre la superficie de la tierra trajo ventajas indiscutibles para el que podía elevarse y observar qué pasaba a unos kilómetros de distancia. En la medida que las tecnologías aeronáuticas fueron desarrollándose, la mayor altura y la mayor velocidad fueron cambiando la forma de ver la guerra y la forma como el aire empezó a convertirse en un

1 En el sentido simple, dominio hace referencia, entre otros, al acceso a la información y a un bien público mundial (Tesauro de la UNESCO, 2020).

2 Traducido del original: "To have command of the air means to be in a position to prevent the enemy from flying retaining the ability to fly one-self".

dominio decisivo para poder desplegar el poder con ventajas sobre el enemigo. No obstante que el foco de la discusión es acerca del Poder Militar.

Por otra parte, el dominio de la tercera dimensión no solamente trajo ventajas para las Fuerzas nacionales capaces de dominar el espacio aéreo, sino que también los países que desarrollaron capacidades de transporte aéreo y otros servicios aeronáuticos pudieron mejorar notablemente su economía y su desarrollo.

Para tener más claridad acerca de qué estamos hablando, tenemos que remontarnos a cómo en Colombia en los años veinte nació la empresa SCADTA, pionera en América en el uso comercial de la aviación y que permitió conectar la costa Caribe colombiana con el centro del país por medio del avión de transporte de pasajeros y de correo, lo cual disminuyó el tiempo de viaje de manera considerable.

Adicionalmente, permitió generar conciencia de la propia geografía. Es así como SCADTA en esos años creó la Sección Científica, con el propósito de cumplir un contrato con el Gobierno colombiano para determinar los límites fronterizos del país. Entonces, el país fue conociendo su territorio que para la gran mayoría era un misterio. Un ejemplo fueron los sobrevuelos en la frontera con Venezuela para definir los límites, cuando en uno de esos vuelos, "fueron localizadas y fotografiadas por primera vez las llamadas malocas o viviendas de los indios motilones que habitan en la selva, dentro de chozas circulares, a mucha distancia de los ríos" (Boy, 2009).

Es cierto que esta sencilla descripción hoy parece elemental y sin mayor valor, sin embargo, para esos días era una hazaña sorprendente y que solo se podía lograr en la medida que se pudiera dominar la tercera dimensión. Se puede afirmar sin ningún temor que para esos tiempos de la génesis de la aviación en Colombia, nuestro país estaba a la vanguardia, lo que se demostraría unos años más tarde en el conflicto con el Perú, en el que el dominio del aire nos iba a dar la ventaja y así recuperamos la soberanía sobre el trapecio amazónico.

Las dos guerras mundiales iban a comprobar las teorías de los precursores que aseveraban, que quien ejerce el control del espacio aéreo tiene muchas ventajas sobre el enemigo, al lograr un mayor alcance. Volar a una mayor altura y a una mayor velocidad va a permitir tener una superioridad definitiva sobre el enemigo, siempre y cuando se maniobre adecuadamente. Estas teorías se demostraron una y otra vez cuando los comandantes aéreos utilizaron estas ventajas de manera apropiada a lo largo e inclusive después de la Segunda Guerra Mundial.

Durante esta última confrontación, los alemanes desarrollaron el cohete V2 como arma de guerra contra Inglaterra. Este cohete era balístico, además, fue el primer artefacto suborbital en el mundo (su vuelo superaba una altura de 100 km) y tenía un alcance de 320 km. A la postre, el cohete sería el modelo utilizado para el desarrollo de algunos de los siguientes artefactos que se convertirían en los precursores de los cohetes o lanzadores utilizados en los primeros vuelos tripulados, suborbitales y orbitales. Estas primeras experiencias sellarían la carrera por el espacio entre la Unión Soviética y Estados Unidos, que prácticamente terminaría con varios viajes a la Luna, a través de varios vuelos de exploración del espacio y la ambientación de los tripulantes a las condiciones especiales encontradas allí.

Con estas conquistas, el alcance, la altitud y la velocidad logradas en la tercera dimensión rompieron todas las barreras hasta ahora conocidas, lo cual permitió no solamente llevar al hombre al espacio, sino también utilizarlo para superar la limitación de estar atados a la atmósfera, con el envío de diferentes artefactos y satélites que facilitaron la expansión de las comunicaciones más allá del espectro hasta ahora conocido y realizar observaciones de la Tierra y otros cuerpos celestes.

Esta tecnología, que amplió la envolvente de la tercera dimensión, se convirtió para las Fuerzas Aéreas un elemento esencial de su quehacer y de su preocupación por el control. Si bien no existe soberanía reconocida en el espacio exterior, los países que tienen ese alcance tienen ventajas inmensamente superiores sobre los que no los tienen. La posibilidad de establecer capacidades defensivas y ofensivas en el espacio permite tener control de la tercera dimensión. Además, los sistemas de observación de la Tierra y la red de satélites de posicionamiento han permitido incrementar la precisión de las aeronaves y armamentos a distancias menores a un par de metros.

Como corolario, hay que entender que los límites entre la atmósfera y el espacio se quedaron pequeños. Esos 100 kilómetros para llegar al espacio con múltiples artefactos, armas y aeronaves cada vez serán más fáciles de sobrepasar. Adicionalmente, el poder controlar su uso y su explotación se está convirtiendo en un reto para las Fuerzas Aéreas. La posibilidad de que cohetes intercontinentales con cabezas nucleares pudieran atacar a diferentes países fue una amenaza latente que comenzó durante la Guerra Fría (1947-1991).

Por otra parte, hoy en día es una realidad la posibilidad de instalar bases en el espacio de manera permanente con capacidades ofensivas y defensivas, que se comprueba con el uso pacífico de la Estación Espacial Internacional. Los

programas para el desarrollo de armas antisatélite (ASAT) son otra realidad, como también el programa de los Estados Unidos para la defensa contra misiles balísticos, denominado SBL (Space-Based Laser). Por lo tanto, cada vez va a ser más importante para las potencias y el resto de los países tener acceso al espacio y tener algún grado de control.

En consecuencia y a manera de reflexión, después de casi sesenta años del inicio de la carrera espacial y del uso pacífico del espacio, hay una preocupación por la cantidad de artefactos que circundan la Tierra y que, de alguna manera, hay que controlarlos para evitar accidentes, también hay que tener en cuenta la forma en que día a día se van ocupando diferentes órbitas lo cual va a afectar la libertad de uso del espacio por parte de los países, lo que muy seguramente va a generar fricciones por el dominio del espacio. Todos estos aspectos forman parte de las muchas preocupaciones que empiezan a tener las Fuerzas Aéreas.

Esto debe llevar a pensar y reflexionar que en un futuro aparezcan cambios de denominación, de Fuerza Aérea por Fuerza Aeroespacial, y en los próximos cien años se podría estar hablando de las flotas interplanetarias.

Finalmente, hay que decir que la FAC no es ajena al sueño de dominar la tercera dimensión y sobrepasar los límites de la atmósfera hacia el espacio extraterrestre, por consiguiente, de ese sueño se desprenden desafíos que son parte intrínseca de su existir. Por lo anterior, la Fuerza se debe proponer por lo menos tres objetivos para los próximos años: el primero es desarrollar vehículos y artefactos que permitan alcanzar el espacio; el segundo, instalar satélites de observación de la Tierra, que permitan ejercer la soberanía y mejorar el control territorial; y el tercero, tener un satélite de comunicaciones que permita incrementar la cobertura de comunicaciones en el territorio y, por ende, mejorar la gobernabilidad.

Amenazas y oportunidades

Después de la caída del muro de Berlín la humanidad se ha visto afectada por nuevas y variadas amenazas. El fin de la Guerra Fría trajo como resultado conflictos étnicos, religiosos, el crecimiento del crimen organizado, el terrorismo como manifestación de creencias ideológicas o religiosas; fuertemente encadenado al tráfico de narcóticos, metales y piedras preciosas, armas, trata de personas y migraciones ilegales, entre otras. Pasamos de las tradicionales amenazas estatales a las amenazas transnacionales de agentes no estatales; aunque en algunos

casos, financiados o tolerados por Estados con una alineación ideológica o religiosa tal que ponen en peligro la seguridad interior y exterior de los Estados.

Colombia entró al siglo XXI con una creciente amenaza terrorista alimentada por grupos de ideología comunista, rezagos de la Guerra Fría, financiados por toda clase de crímenes como el narcotráfico, la minería ilegal, la extorsión y el lavado de activos, entre otros. Estos grupos autodenominados Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC), Ejército de Liberación Nacional (ELN) y los mal llamados paramilitares amenazaban las bases de la democracia colombiana y colocaban al país al borde del abismo. Gracias a la Política de Defensa y Seguridad Democrática (PDSD), del gobierno del expresidente Álvaro Uribe Vélez (Presidencia de la República, 2003), se logró revertir la tendencia de los últimos 20 años del siglo XX, como fue el caso de la reducción de los ataques terroristas a las poblaciones, restablecimiento de la tranquilidad en las vías nacionales para comercio y turismo, disminución considerable de secuestros y la reducción considerable de hombres en armas de estos grupos.

Esta política, dentro de sus objetivos estableció, en primer lugar, la consolidación del control estatal del territorio; segundo, la protección de la población; tercero, la eliminación del comercio de drogas ilícitas en Colombia (incluida toda la cadena del narcotráfico); cuarto, el mantenimiento de una capacidad disuasiva y, por último, eficiencia, transparencia y rendición de cuentas (Presidencia de la República de Colombia, 2003, p. 32).

La PDSD se cumplió dentro de los principios de:

> la protección de los derechos de todos los ciudadanos, independientemente de su sexo, raza, origen, lengua, religión o ideología política, la protección de los valores, la pluralidad y las instituciones democráticas, y la solidaridad y la cooperación de toda la ciudadanía en defensa de los valores democráticos. (p. 13)

Los resultados no podrían ser más contundentes: entre el 2002 y el 2008 los secuestros se redujeron de 2882 a 486, los actos terroristas de 1645 a 387 y los cultivos de coca se redujeron de 163,289 hectáreas en el 2000 a 77,870 en el 2006 (Mindefensa, 2008). Pero el esfuerzo de erradicación de los cultivos ilícitos continuó y al 31 de diciembre de 2013 Colombia tenía 48 000 hectáreas (UNODC, 2014, p. 13); una reducción superior al 300 %. Así mismo, hay una disminución significativa de los grupos terroristas y narcotraficantes, de modo que, por ejemplo, las FARC llegaron a sufrir una reducción de su tamaño en hombres en cerca de un 50 % (Ríos Sierra, 2015, p. 76).

Como resultado de estos avances el gobierno de Juan Manuel Santos inició un proceso de diálogos con las FARC, que terminó en un acuerdo de paz con ese grupo terrorista. Una parte del grupo se declaró en disidencia y continuaron su accionar delictivo y terrorista, mientras que el vacío dejado por ese grupo en algunas partes del país fue aprovechado por el ELN, que empezó a fortalecer su capacidad terrorista. Además, crecieron los grupos de bandas criminales, reducto de los antiguos paramilitares.

Como si fuera poco los cultivos ilícitos de coca volvieron a subir y para el 2018 estaban en 169 000 hectáreas (UNODC, 2019, p. 11), como una consecuencia de la exigencia hecha por las FARC de suspender la aspersión aérea de los cultivos de coca, durante las conversaciones de paz. Desafortunadamente para el país, en solo cuatro años se perdió lo ganado en once años de lucha eficaz.

Hoy día Colombia enfrenta desafíos y amenazas mucho más complejas que hace veinte años, grupos terroristas como las FARC-EP (grupo residual de las FARC), un ELN fortalecido y bandas narcotraficantes, con nexos importantes de los carteles mexicanos y, además, con una retaguardia estratégica inexpugnable en Venezuela, desde donde dirigen los atentados terroristas y el tráfico de drogas, la minería ilegal, la extorsión, el reclutamiento de menores, entre otros.

Por lo tanto, los retos sobre el control estatal del territorio, la neutralización de los grupos terroristas y la eliminación de los cultivos ilícitos continúan siendo de primer orden y no solamente van a requerir fortalecer la Política de Defensa y Seguridad PDS (Mindefensa, 2019), sino que también buscar el uso de tecnologías que permitan aumentar la eficacia y reducir los riesgos a la integridad de la Fuerza Pública.

Desde el punto de vista espacial, países como Venezuela han avanzado en su capacidad de observación satelital, y que Colombia hasta ahora ha empezado a desarrollar, además, el país podría estar perdiendo la capacidad de ubicar un satélite sobre la órbita geoestacionaria. Por lo tanto, las anteriores y esta situación, son de afectación del control del territorio, la soberanía nacional y las reservas medioambientales del país.

En medio de todo este escenario amenazante, y para poder avanzar en la protección y control del territorio, incrementar la conectividad, la gobernabilidad y proveer el acceso a tecnologías de punta a la población, se abre la oportunidad de usar tecnologías espaciales para contrarrestar las amenazas que se ciernen sobre el país. Tener un satélite de comunicaciones permite conectar al territorio de manera autónoma y soberana, pero además generar una cadena de valor alrededor de las comunicaciones satelitales, va a permitir acelerar la economía

y, adicionalmente, podrá disminuir la brecha de conocimiento que tiene nuestro país en comparación con países más desarrollados. También es importante pensar en la constelación de satélites de observación de la Tierra que permita vigilar y controlar efectivamente el territorio, para atender cualquier agresión a su integridad, afectación en el medioambiente y para mejorar el desarrollo humano de la población.

Hoy es posible que el Gobierno; con diferentes partes interesadas en los distintos ministerios —por ejemplo, el Ministerio de Defensa, el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, el Ministerio del Interior, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, el Ministerio de Agricultura, el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo—, asociados con empresas industriales y comerciales de capital mixto o privado, más las universidades; pueda financiar estos programas y hacerlos económicamente rentables y eficaces en su propósito.

Según la Asociación de Industrias de Satélites de Estados Unidos (SIA), la explotación espacial en 2018 facturó 366 000 millones de dólares, de los cuales el 77 % guardan relación con la fabricación de satélites, los servicios de lanzamiento, los equipamientos en tierra y las comunicaciones comerciales y además cerca de 125 200 millones correspondieron al segmento terrestre (Flynews, 2019).

En el año 2018 más de 2000 satélites estaban funcionando en la órbita terrestre en misiones de observación, comunicaciones, científica, tecnológicas y de navegación. Dentro de estos satélites ya se encontraba orbitando el FACSAT-1, desarrollado por el Centro de Investigación de Tecnologías Aeroespaciales (CITAE) de la FAC, en misión de observación y tecnológica.

En la actualidad la industria espacial no recae de manera absoluta en los Estados, sino todo lo contrario, cada vez más empresas están formando parte de ella. Por lo tanto, lo que vamos a ver en el futuro son asociaciones público-privadas para desarrollar artefactos espaciales. En el caso colombiano se podrían crear asociaciones para el desarrollo, fabricación, lanzamiento, operación y explotación de satélites, diversificando los riesgos y el capital de inversión, y de esta forma se facilitaría el desarrollo de este segmento de alto valor agregado para la economía nacional, en términos de desarrollo económico, social, del conocimiento, de las tecnologías, la seguridad y la defensa.

Encontramos que hoy la Fuerza Aérea tiene el compromiso del Alto Mando con el desarrollo espacial, con personas cada vez más involucradas en lo anterior y la operación de tecnologías espaciales. Además, hoy tiene la responsabilidad de

la secretaria técnica de la Comisión Colombiana del Espacio, lo cual le brinda una excelente oportunidad para liderar el desarrollo de la industria espacial y llevar a cabo los proyectos que se establecieron en el Plan Estratégico. Sin embargo, hay desafíos muy importantes en el futuro; como incrementar la capacitación de su recurso humano en las tecnologías espaciales, incrementar la conciencia nacional acerca de la importancia de desarrollar esta industria en nuestro país y, por último, generar una organización tipo ***comando*** que aglutine las capacidades existentes, pero sobre todo que concentre y ejecute eficazmente las iniciativas en curso y las que se deben desprender de un plan de desarrollo espacial.

Por todo lo anterior, le corresponde a la Fuerza Aérea liderar, promover y sustentar estos programas de desarrollo de tecnologías espaciales como parte esencial de su misión y como parte de su lema "Sic itur ad astra", que desde su fundación nos muestra una visión muy clara sobre el alcance de nuestro dominio.

El modelo americano para diseñar el crecimiento institucional

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, al ampliar su visión al año 2042, la FAC (2020) trazó en su misión y visión los escenarios espacial y ciberespacial, a fin de enfrentar los nuevos desafíos de seguridad y defensa de la Nación colombiana. *Volar, entrenar y combatir para vencer y dominar en el aire, el espacio y el ciberespacio* (FAC, 2022), implica ampliar sus capacidades para entrar al ordenamiento mundial que gira en torno a alcanzar en su totalidad, las ordenanzas constitucionales, a partir de los nuevos dominios espacial y ciberespacial, además del aire.

Con ello, fortalecerse en la ejecución de operaciones autónomas y la integración de sus capacidades para ampliar el espectro de las operaciones conjuntas, coordinadas, interagenciales, combinadas y multinacionales.

El futuro y la misma supervivencia de las naciones va más allá de las obligaciones impuestas en seguridad y defensa. Implica extender capacidades, escenarios de ejecución de operaciones y doctrina de empleo hacia el futuro y responder a los retos contemporáneos y cumplir las ordenanzas constitucionales. Alcanzar el Espacio, significa acceder a los beneficios que este le puede brindar al Estado, además de poder integrarse al escenario en el que se pueden alcanzar nuevas oportunidades y cooperar para lograr un desarrollo común. De hecho, la Organización de las Naciones Unidas considera importantes, las "oportunidades

que en consecuencia pueden ayudar a lograr de manera más eficiente los Objetivos de Desarrollo Sostenible, empleando al Espacio, como recurso para este interés mundial" (ONU, 2018).

Lograr el dominio del espacio y el ciberespacio no depende únicamente de un Plan Estratégico Nacional o de trazar objetivos para lograrlo. También comprende entender la geopolítica del entorno regional colombiano y las implicaciones globales, debido el cooperativismo interdependiente de las naciones, a fin de avanzar en temas mutuos de desarrollo, en nuevos multidominios.

De la consideración geopolítica, se desprende el pensamiento geoestratégico colombiano, puesto que la geografía nacional, por efectos de la globalización, entre otros, tiende a desplazarse más allá de los límites tridimensionales en los que opera una Fuerza Aérea. Por consiguiente, una nueva estrategia geográfica deberá ser el centro de gravedad nacional y su obtención depende de una estructura tecnoestatal, soportada en la Fuerza Aérea como columna vertebral de su organización, inmersa en una organización estatal como la Comisión Colombiana del Espacio, que recientemente ha establecido serios lineamientos para llevar al Colombia al espacio.

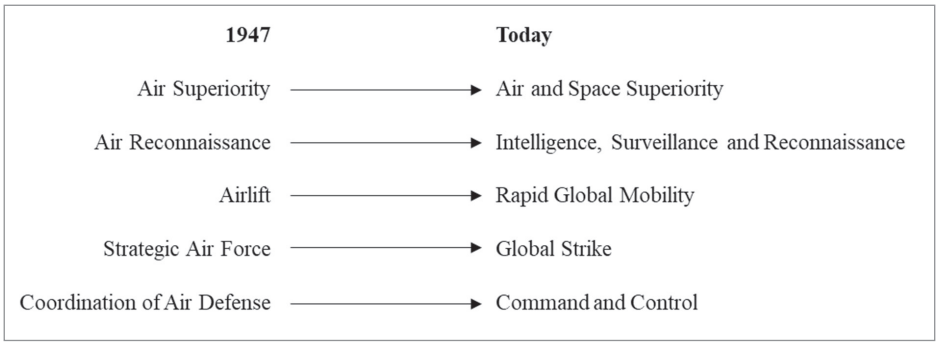
Estados Unidos ha representado un modelo de desarrollo para Occidente; en especial para el continente americano. Por consiguiente, este modelo de pensamiento estratégico y visión americana permite ser revisado en algunos aspectos importantes, que podrán servir en el futuro, para que Colombia fortalezca y ejecute su plan de alcanzar el espacio.

Ahora bien, existen varios aspectos que pueden observarse de la estructura organizacional y doctrinaria de la USAF, que denotan la proyección del país hacia una consolidación y liderazgo espacial.

La línea histórica de la USAF

Para dar un salto trascendental en la historia de un país, la USAF como participante activo en este hecho y dentro de ella, el General Mark A. Welsh III, Chief of Staff de la USAF, realizó un análisis comparativo de dos momentos de la USAF: 1947, cuando se creó la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y dejó de ser parte del Ejército Americano y el momento actual. En la Figura 1, se puede analizar el punto de partida la USAF a partir de su creación, poco tiempo después de haber acabado la Segunda Guerra Mundial (SGM).

Figura 1. *Misiones centrales de la USAF*



Fuente: United States Air Force (2013, p. 1)

A pesar de los desafortunados resultados de la SGM, la USAF terminó su participación en este conflicto, fortalecida y victoriosa. Muestra de ello, entre varios factores, es el resultado de los avances tecnológicos alcanzados a través del tiempo, donde la USAF pasó de tomar fotos en blanco y negro sobre los objetivos, a llevar a cabo misiones de grandes repercusiones estratégicas, volando aeronaves remotamente tripuladas.

El efecto de este desarrollo de más de 60 años dio como resultado el concepto de "*Global Vigilance—Global Reach—Global Power*" (traducido como "Vigilancia Global, Alcance Global, Poder Global") (United States Air Force, 2014, p. 14), por consiguiente, un alto nivel de capacidad para enfrentar las amenazas en cualquier parte del planeta.

En Colombia, el mismo análisis relativo; que corresponde autónomamente a la FAC, puede hacerse desde dos momentos comparativos al tiempo presente. Uno de ellos podría ser el inicio y creación de la FAC en 1919 y a partir de allí revisar la capacidad de vigilancia, alcance y poder de la institución. El segundo momento, y quizá el mejor para realizar la comparación, podría ser la culminación de la Guerra colomboperuana, que además de la victoria para Colombia, particularmente significó un gran salto hasta la contemporaneidad.

El Decreto 2065 del 1.° de diciembre de 1932 formalizó la Dirección General de Aviación Militar, de la pluma del presidente Enrique Olaya Herrera (Villalobos, 1993, p. 60), y con ello la creación de varias bases aéreas y la conformación de los escuadrones de combate, que comenzaron a forjar el valor y la mística de las Damas y Caballeros del Aire de la actualidad.

Los denominados Vectores Estratégicos para el Futuro[3] de la USAF

El concepto *Global Vigilance—Global Reach—Global Power* demuestra la claridad de un alcance interdependiente entre ellos, en su esfuerzo a la contribución de los intereses de la Nación americana (United States Air Force, 2014, p. 14). De hecho, y frente a las complejidades actuales que se presentan en el planeta, cuyas amenazas afectan la estabilidad, la seguridad, la economía y el respeto de los derechos humanos; el compromiso de los miembros de la USAF por alcanzar el dominio espacial y ciberespacial que, conjuntamente con el aéreo, lleve a los Estados Unidos a seguir manteniéndose como la primera potencia global.

Frente al contexto estratégico y desafío del presente y futuro de la supervivencia de los Estados Unidos, los miembros de la USAF afirman el deber de comprometerse "a cambiar las cosas que se interponen entre nosotros y nuestra capacidad de adaptarse rápidamente"[4] (Welsh, 2015, p. 4).

El vínculo de la Fuerza Aérea para llegar al espacio

El acceso y dominio de las tecnologías emergentes, para empleo tanto en las guerras como en el espacio y el ciberespacio, le ha permitido a la USAF, proyectar el poder militar global de la Nación (United States Air Force, 2013).

La Fuerza Aérea se considera el único y mejor enlace para la Nación norteamericana para proveer los servicios y capacidades para la superioridad de los dominios, frente a los riesgos que representan los enemigos (United States Air Force, 2013).

Al interrogante de cómo lograrlo, la USAF responde: "Para hacer esto, nos enfocaremos en mejorar la estructura del equipo de la USAF, evolucionar nuestra cultura para abordar los desafíos emergentes y fortalecer nuestras conexiones tanto externas como internas al servicio"[5] (Welsh, 2015, p. 5).

Ahora, el camino para un beneficio igual para la Fuerza Aérea se encuentra en su misión, visión y su compromiso como miembro de la Comisión Colombiana del Espacio, en la que participa, además, como responsable de la Secretaría Técnica de la misma (Función Pública, 2006).

3 Traducido del original "Strategic Vectors for the Future" (United States Air Force, 2014).

4 Traducido del original: "We must commit to changing those things that stand between us and our ability to rapidly adapt".

5 Traducido del original: "To do this, we will focus on improving the structure of the USAF team, evolving our culture to address emerging challenges, and strengthening our connections both external and internal to the service".

Aprovechar esta connotación estratégica, así como de los avances operacionale,s como ha sido el caso del lanzamiento del FACSAT-1 el 28 de noviembre de 2018 (Fuerza Aérea Colombiana, 2019), además de tener ya un recorrido académico y de investigación, le permite contribuir desde su estructura estratégica, aportar al desarrollo espacial y ciberespacial de Colombia.

El tamaño de Fuerza para alcanzar el espacio

De acuerdo con el escenario planteado al año 2042, la FAC ha venido reestructurando gran parte de su organización para recibir ese año, con todas las capacidades en transformaciones planteadas desde ahora.

El reto de construir una Fuerza Aérea con proyección espacial implica trazar un plan como el de la Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial, enfocando varios aspectos determinantes como "la planeación por capacidades, prospectiva estratégica y estadísticas reactiva" (2020, p. 3-3), a fin de determinar una estructura y tamaño de Fuerza que en el año 2042 confirme la precisión de planificación.

Lo primero es considerar la creación de la especialidad espacial (Yasnó, entrevista personal, 11 de junio de 2020), a fin de alcanzar un gran número de funcionarios de la institución, para que sean ellos, bajo el direccionamiento del comando de la Fuerza, quienes gerencien el futuro espacial de la FAC y permitan que esta se adapte y llegue de manera más armonizada y efectiva a la CCE.

De acuerdo con la red de colaboración universitaria de Iberoamérica llamada Universia, hay diez carreras para estudiar y trabajar en la NASA, como son: ingeniería aeroespacial, ingeniería informática, ingeniería ambiental, higiene y de telecomunicaciones, ingeniería electrónica, ingeniería química, astronomía, física, geología y abogacía (se refiere al derecho aeroespacial) (Universia, 2020).

Precisamente, parafraseando al doctor Raúl Andrés Joya Olarte, director del Observatorio Astronómico de la Universidad Sergio Arboleda, quien fue partícipe del picosatélite Libertad-1, puesto en órbita el 17 de abril de 2007 (Joya, s.f.); la entidad nacional que administre el asunto espacial requiere un grupo concreto y rodeado de las profesiones y poder dar sentido de formación, considerando además la parte académica y la administración. En la primera se requiere la formación de todo tipo de ingenieros: metalúrgico, geógrafo, electrónicos, de sistemas, computacionales y lógicamente aeroespaciales, quienes se complementan con los ambientales. Por otro lado,

> la parte administrativa va a requerir financieros, administradores, industriales, abogados en derecho el espacio. Se requiere una línea de promoción y divulgación, para que esto se pueda consolidar, es decir, se requiere una línea de imagen de ley de la organización. Necesitamos una línea de imagen de la comisión; vamos a requerir una forma llegarle a toda la población, […] a los colegios, a las universidades, a las empresas privadas, al sector político, al sector empresarial; al mismo sector aeronáutico y aeroespacial, a las personas mayores. […] tenemos un campo todavía por definir y explorar. […] Va a tener que estar conformado por diferentes profesiones que nos orienten. (Joya, s.f.)

De lo anterior se deduce que la mayoría del gran volumen de carreras y especialidades que se implementaron en Colombia, estarían enfocadas al diseño de vehículos, artefactos, *software,* algoritmos; además de conocimientos en química, ecología, biología, sistemas de telecomunicaciones, sistemas y plataformas de lanzamiento. Todo esto, unido a los saberes necesarios de la física y el universo, para entender los desafíos que representa la evolución del planeta dentro del sistema solar.

Otro aspecto importante por desarrollar para el 2042 en la creación de la especialidad espacial; entendida esta como una nueva rama de conocimiento dentro la Fuerza Aérea, como lo es el pilotaje, navegación o seguridad y defensa de bases, entre muchas que actualmente la institución posee. Esto le dará pertinencia en lo referente al desarrollo espacial institucional y nacional, así como pertenencia de incorporar y capacitar personal bajo una especialidad orientada al cumplir la misión institucional en relación con el espacio.

Este aspecto será importante, toda vez que dentro de la planificación se consideren tanto el personal mínimo requerido como la infraestructura para la incorporación de nuevos cadetes y alumnos, quienes irán progresivamente, llenando las filas necesarias de ingenieros, físicos, astrónomos y, en general, todas las carreras y especialidades que soliciten, muy posiblemente, una Facultad Espacial de la FAC.

La idea anterior no requiere necesariamente ser independiente o ajena al ambiente académico dentro del país. Se pueden generar alianzas y acuerdos interinstitucionales e institucionales de las universidades y CCE, respectivamente, a fin de crecer como un solo país hacia la adquisición de conocimiento en torno al espacio.

Adicionalmente, como lo manifiesta el Plan Estratégico del 2042, existe la necesidad a corto plazo de la construcción de un Centro de Desarrollo Espacial (Yasnó, entrevista personal, 11 de junio de 2020), el cual, muy seguramente dará cabida a la academia y la industria nacional, así como la extranjera, para

fomentar la esencia de conocimiento a nivel nacional; lo que podría ser un punto importante para la FAC, al afrontar un compromiso, no solamente institucional sino nacional y a partir de este espectro liderar el sector defensa y su participación activa en la CCE.

Adicionalmente, será indispensable dar a conocer esta reestructuración hacia el 2042, alineando la misión y la visión a los ordenamientos constitucionales establecidos en el artículo 217, además de los compromisos adquiridos dentro de la CCE; como es el de la Secretaría Técnica. Para lograr esto, es necesario que el Ejecutivo tenga el aval del Legislativo colombiano.

Por lo tanto, el tamaño de Fuerza para conformar un comando (jefatura) espacial dependerá de las posibilidades que políticamente el Gobierno nacional le permita a la FAC, a fin de alcanzar un talento humano suficiente y altamente capacitado para el reto que se ha impuesto; no solo para la FAC, sino también para el mismo Gobierno a través de la CCE.

De igual manera, será indispensable una infraestructura académica y operacional como gestoras de conocimiento y ejecución de la misión colombiana hacia el ambiente espacial. La inversión que se acate desde ahora será influyente en el total o parcial logro de los objetivos que se ha impuesto el Gobierno a través de la CCE, en la que la participación de los 23 miembros que le integran es fundamental, necesaria y justificada, frente a los recursos que deberán ser previstos para un programa espacial colombiano que lleva bastantes años esperando despegar.

El comando espacial como solución y oportunidad

Los cambios permanentes en el escenario mundial al que se enfrenta la humanidad y que utópicamente le llaman nuevo orden; término que a manera de disculpa se emplea para caracterizar un evento simbólico a manera global y que genera cambios casi repentinos al sentido y dirección que navega el planeta. Estos cambios "constantes, ya sea en estructura, en dimensión o en intensidad" (Tamame Camarero, 2002, p. 218), obligan a una adaptación casi inmediata, para ir acorde a los movimientos generadores de cambios.

La globalización ha direccionado en gran parte el actual devenir del planeta, llevándolo a la necesidad de adaptarse a los inventos y desarrollos tecnológicos, como es el de hacer uso del espacio y el ciberespacio para avanzar en muchos

sentidos, para contener amenazas provenientes de potenciales enemigos o de los enemigos furtivos. Amenazas no solo a las sociedades, sino también los Estados, que ponen en riesgo la soberanía y la seguridad:

> Precisamente, la Seguridad Aeroespacial es una de las áreas en las que la seguridad de un Estado debe desarrollarse, pero el papel que juega en la misma la convierte en un importante centro de gravedad, que requiere un tratamiento especializado y dedicado. (Santé Abal, 2017, p. 107)

El uso del espacio para aspectos militares siempre ha sido caracterizado por la necesidad de proveer la seguridad desde el nuevo Poder Espacial. La tecnología que han desarrollado las potencias a partir de los avances y usos del espacio, hacen que este medio requiera especial interés e importancia para los demás países del mundo; siendo algunas de ellas la supervivencia, el desarrollo económico y social de las naciones.

A pesar del debido uso pacífico del espacio que ha establecido la comunidad mundial (ONU, 2019a), la tecnología ha permitido crear nuevas capacidades militares para hacer mayormente efectiva la precisión de los "misiles guiados de precisión, [los] sistemas de armas no detectables, [los] sistemas de vigilancia y reconocimiento aéreos y espaciales, y [los] sistemas avanzados de mando, control, comunicaciones e informática" (Tamame Camarero, 2002, p. 220), por lo que reviste la importante necesidad de generar seguridad y protección, además de acceder a estas tecnologías para el servicio de la defensa; pero en países como Colombia, al servicio del desarrollo económico y social.

Lo anterior no implica que algo necesariamente se esté haciendo mal. Resulta indispensable para algunas naciones el desarrollo sus capacidades de defensa y disuasión que, sin violar los tratados internacionales, avancen en tecnologías militares en procura de alcanzar ciertos niveles de defensa necesarios. Lo cierto es que las capacidades espaciales militares son necesarias para enfrentar los diversos aspectos de las mutaciones y adaptaciones del terrorismo, el crimen organizado trasnacional, así como la amenaza que representan algunos Estados no alineados con los ideales de libertad y democracia; tanto interna como regional y globalmente.

Además de lo anterior, otro aspecto necesario de la tecnología militar espacial como "telecomunicaciones, informática, sensores" (Tamame Camarero, 2002, p. 220), se hace necesario en el siglo XXI, para lograr avances y capacidades para acceder al espacio y desde allí, desarrollar diferentes actividades; además de las militares. Por lo anterior, el desafío del espacio no representa únicamente aspectos militares, sino el desarrollo para las naciones del mundo.

Al hablar de este nuevo escenario de dominio, se habla del Poder Espacial, que en términos de Tamame Camarero (2002), se define como la "capacidad en paz, crisis y guerra de ejercer una influencia rápida y duradera en el espacio" (p. 221). Por consiguiente, y frente a las necesidades de desarrollo, "si no se puede asegurar y mantener el control del espacio, difícilmente se podrá explotar el espacio con confianza y negar explotación a otros" (p. 222), es decir, "no puede hablar de poder si no se mantiene la superioridad, y ésta no existe y no se dispone de control" (p. 223).

Por otra parte, el Ministerio de Defensa Nacional, a través del Plan Estratégico del Sector Defensa y Seguridad (2018), trazó la Guía de Planeamiento Estratégico para el cuatrienio 2018-2022, en relación con el espacio y el ciberespacio. El Objetivo n.° 1 del mencionado plan, es el de "Garantizar la defensa de la soberanía, la independencia y la integridad territorial" (p. 18), que comprende tanto a las áreas misionales de Defensa Nacional[6], Cooperación Internacional[7] y Contribución al Desarrollo del país[8], buscando con esto, obtener un "Control Integral marítimo, terrestre, aéreo, fluvial, *espacio y ciberespacio*" (p. 18; énfasis añadido), ajustados al Plan Nacional de Desarrollo del Gobierno Nacional (DNP, 2018).

El Estado, a través del Ministerio de la Defensa Nacional (MDN), ha establecido de los "Retos y Amenazas" (2018, p. 5) a enfrentar, con el fin de fortalecer; entre otras, las capacidades "para el control terrestre, aéreo, marítimo, fluvial y espacial" (p. 9).

> Particularmente, los riesgos y amenazas al Estado en el ciberespacio representan una nueva preocupación, dado que pueden provenir de diferentes actores, de cualquier parte del mundo, que buscan lograr objetivos asociados a diversos fenómenos como la criminalidad, el espionaje, el sabotaje, el terrorismo, entre otros. (Ministerio de Defensa Nacional, 2002, p. 16)

6 Acciones encaminadas a la protección de la soberanía, la independencia, la integridad del territorio nacional, el orden constitucional y los intereses nacionales en los dominios terrestre, marítimo, fluvial, aéreo, espacial y ciberespacial frente a cualquier tipo de amenaza, riesgo, agresión sea interna o externa, convencional o no convencional (Mindefensa, 2018, p. 16).

7 Acciones para fortalecer alianzas estratégicas que permitan dar una respuesta integral a los intereses comunes a nivel bilateral y multilateral, a través de ejercicios y operaciones militares y policiales, el intercambio de bienes, conocimientos, tecnologías y mejores prácticas en materia de seguridad y defensa de forma sostenida y sustentable (Mindefensa, 2018, p. 17).

8 Acciones para prestar apoyo a la implementación de los planes de las autoridades nacionales y territoriales con las capacidades de la Fuerza Pública —en campos como el transporte, la construcción, las telecomunicaciones y la tecnología y la innovación— para favorecer el goce efectivo de los derechos de los ciudadanos (Mindefensa, 2018, p. 17).

En este orden de ideas, surge la visión de establecer una organización sólida y de proyección conjunta y coordinada; que permita al Estado cumplir las metas establecidas en el Plan del MDN, a fin de contener las amenazas que propician la desestabilización y los problemas multidimensionales a la seguridad (OEA, 2003), determinadas en el documento.

Es así como la FAC tiene a cargo, además de su misión de defensa y seguridad, los "proyectos científicos aprobados para el desarrollo del programa espacial y satelital" (Mindefensa, 2018, p. 8), lo que le permite ejercer el liderazgo Nacional en defensa hacia la consolidación espacial y desde allí, proveer a las demás Fuerzas, los recursos que el Estado le permita desarrollar a fin de obtener resultados en seguridad. Esto último, hace parte de su misión, en lo que respecta a "contribuir a los fines esenciales del Estado" (FAC, 2020).

Por lo anterior, se hace necesaria, la creación de un comando espacial, que permita tener las suficientes capacidades tanto en tiempos de paz como en tiempos de guerra, para llegar a ejercer la influencia requerida para el dominio del espacio, como se mencionó anteriormente en la definición de poder espacial (Tamame Camarero, 2002, p. 221).

Es así como la FAC ha considerado dentro la Estrategia para el desarrollo aéreo y espacial al año 2042 (FAC, 2020), en el apartado de la "proyección morfológica de la estrategia para el desarrollo aéreo y espacial de la FAC" (2020, p. 3-2), y en lo que tiene que ver con la organización del modelo DOMPI, crear la Jefatura de Operaciones Espaciales antes del 2022, para así, realizar una "alineación organizacional del nivel estratégico y operacional con el nivel táctico" (2020, p. 3-2), de cara al nuevo escenario que el Gobierno nacional se ha trazado y que la FAC ha determinado cumplir.

De acuerdo con el Teniente General David A. Deptula (2015), USAF-retirado, existen nuevos conceptos de operaciones y cambio organizacional que la FAC puede tener en consideración para la organización, estructuración y viabilidad para la Jefatura de Operaciones Espaciales[9], como un primer paso a lo que en el futuro podría considerarse y y reestructurarse como el comando espacial. Primero, las operaciones se encuentran en una "coyuntura donde la velocidad de información, los avances en las tecnologías furtivas y de combate de precisión, y otras tecnologías" (p. 56), lo que requiere que las operaciones se desarrollen a

9 El presente capítulo hace referencia al comando espacial. La creación de la Jefatura de Operaciones Espaciales de la Fuerza Aérea Colombiana coincide parcialmente con la intención del capítulo; sin entrar en diferencias conceptuales en que una aspiración de comando espacial y la organización de una jefatura como camino a esa realización.

partir de un nuevo comienzo como es el programa espacial, ampliando las capacidades de tierra, mar y aire.

Segundo, las operaciones desde el espacio requerirán un nuevo y complejo sistema de vigilancia y reconocimiento, entre otros, lo que dará oportunidad a la CCE de diseñar las estrategias hacia la obtención de las tecnoogías que impulsen una arquitectura completamente nueva para el desarrollo espacial en el que la seguridad y la defensa harán parte de ese desarrollo nacional esperado.

Tercero, por lo anteriormente expuesto, la organización de un comando espacial requeriría estructurarse a partir de las tecnologías, a fin de "evolucionar y avanzar como mínimo a la misma velocidad que estas tendencias" (Deptula, 2015, p. 57).

Además de lo anterior, el Teniente General Deptula propone evolucionar, desde el concepto de comando centralizado y ejecución descentralizada c2; adicionalmente adaptado y empleado en la doctrina de la FAC, al de "comando centralizado, control distribuido, y ejecución descentralizada" (2015, p. 58), para dar mayor agilidad y flexibilidad a las operaciones espaciales y brindar mayor cobertura a los demás entornos del poder militar, haciendo frente a las amenazas; por cuanto será requerida una mayor velocidad, adquisición y distribución de la información (Deptula, 2015, p. 58), para responder a los retos del mundo contemporáneo.

Para ello, será necesario que el comando espacial cuente con los suficientes centros de control, ubicados estratégicamente en el territorio nacional, que le permitan a la FAC la cobertura suficiente de tierra, mar y aire, para proveer mayores condiciones de seguridad y defensa, así como también una mayor agilidad a los procesos organizacionales que adelanta el MDN y la CCE.

Conclusiones

La aviación, inventada y estructurada para el dominio del aire durante el siglo XX, hizo que a través de la maravillosa máquina voladora se recortaran las distancias en el planeta. De hecho, el camino para lograrlo fue el ingenio humano, que ha venido desde entonces acumulando logros satisfactorios en el ámbito tecnológico, para el beneficio común. A pesar de lo anterior, la aviación ha sido puesta a prueba durante las guerras. Más allá de los desafortunados resultados que esto conlleva, la tecnología ha sido fundamental para mejorar cada día. De hecho, proporcionó en el mismo siglo XX la posibilidad de pasar de la tercera dimensión al espacio ultraterrestre.

Como fue tratado en el presente capítulo, la USAF ha contribuido en gran medida a los logros espaciales en los Estados Unidos, lo que representa un modelo para analizar por parte de la FAC, la cual ha trazado una hoja de ruta hacia el 2042, en donde sabiamente ha incluido el espacio ultraterrestre como parte de sus objetivos; lógicamente como parte de una organización estatal como lo es la CCE .

Para llegar a cumplir esa meta espacial, será necesario tener en cuenta muchos aspectos que se deben revisar previamente y anticipar las dificultades. Habrá que comenzar por el tamaño de Fuerza requerido para el desafío, lo que incluye material y personal, dentro de la recientemente conformada Jefatura de Operaciones Espaciales de la FAC. Lo anterio, constituye un gran paso estratégico en la planificación de ese tamaño de Fuerza, que será necesario para cumplir no solamente la misión institucional en seguridad y defensa incluido el escenario espacial, sino también para aportar a las metas impuestas por el Gobierno nacional a través de la CCE, y con ello catapultar al país al espacio. No obstante, habrá que seguir afrontando las múltiples amenazas que se crucen en el camino, contemplando las oportunidades que superen a las anteriores y a las limitaciones que igualmente surjan.

El comando espacial es una organización compleja y robusta, que debe traducir en hechos lo que el Gobierno colombiano ha venido trabajando desde muchas décadas atrás. En la FAC, ya se evidencia la reestructuración interna que va a contribuir en su visión de seguridad y defensa nacionales, así como viabilizar el logro espacial colombiano con fines de desarrollo y prosperidad para el país.

Referencias

Boy, H. (2009). *Una historia con alas* (3.ª ed.). Ediciones Guadarrama.

Decreto 2442 (2006, 18 de julio). *Por el cual se crea la Comisión Colombiana del Espacio*. Diario oficial 46336. Función Pública.. https://shortly.cc/N0haB

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2018). Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Gobierno de Colombia. https://shortly.cc/FJcR1

Deptula, D. (2015). Una nueva era para el comando y control de operaciones aeroespaciales. *Air & Space Power Journal*, 27(4), 53-59. https://shortly.cc/o9cvp

Douhet, G. (1983). *The Command of the Air*. Office of Air Force History.

Flynews. (2019, 23 de marzo). *Flynews: Información Aeroespacial y de Defensa en español*. https://fly-news.es/temas/publicaciones/fly-news-magazine-publicaciones/

Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (2020a). *Manual de Doctrina Básica Aérea, Espacial y Ciberespacial -DBAEC_* (5.ª Ed.). Departamento Estratégico de Doctrina Aérea y Espacial.

Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (2020b). *Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial Fuerza Aérea Colombiana 2042*. Fuerza Aérea Colombiana. https://www.fac.mil.co/edaesfac2042

Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (2022, 3 de agosto). *Misión, visión y funciones. Fuerza Aérea Colombiana.* https://shortly.cc/3t3QK

Joya, R. A. (s.f.). Libertad 1: Primer satélite colombiano en el espacio. *Universidad Sergio Arboleda*. https://shortly.cc/Z4KJQ

Ministerio de Defensa Nacional. (2002). Política de Defensa y Seguridad PDS para la legalidad, el emprendimiento y la equidad. Bogotá: Ministerio de Defensa Nacional.

Ministerio de Defensa Nacional (Mindefensa). (2008). *Logros de la Política de Consolidación de la Seguridad Democrática.* Ministerio de Defensa de Colombia

Ministerio de Defensa Nacional (Mindefensa). (2018). *Plan estratégico del sector defensa y seguridad: Guía de planeamiento estratégico 2018-2022.* Ministerio de Defensa de Colombia.

Ministerio de Defensa Nacional (Mindefensa). (2019). *Política de Defensa y Seguridad PDS: para la legalidad, el emprendimiento y la equidad.* Ministerio de Defensa de Colombia.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2007, junio). *Proyecto de informe acta105/l. 269 de la Asamblea General: Comisión sobre la utilización del espacio.* Naciones Unidas. https://shortly.cc/Ag7BE

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2018, 18 de junio). Abordar los problemas de nuestro planeta desde el espacio exterior. *Noticias ONU.* https://shortly.cc/ZAEvH

Organización de las Naciones Unidas. (2019a, junio). *Informe de la comisión sobre la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos.* 62º Periodo de sesiones. Naciones Unidas. https://shortly.cc/D9ZCI

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2019b, diciembre). *Resolución aprobada por la Asamblea General sobre la base del informe de la comisión política especial y de descolonización.* 74º Periodo de sesiones. Naciones Unidas. https://shortly.cc/EcQTD

Organización de Estados Americanos (OEA). (2003, 28 de octubre). *Declaración sobre Seguridad en las Américas*. OEA. https://shortly.cc/H3uel

Presidencia de la República de Colombia. (2003). Política de defensa y seguridad democrática. Ministerio de Defensa Nacional

Ríos Sierra, J. (2015). Del Caguán a la Habana: Los diálogos de paz con las FARC en Colombia, una cuestión de correlación de las fuerzas. *Revista de Estudios en Seguridad Internacional, 1*(1), 63-83. http://dx.doi.org/10.18847/1.1.4

Santé Abal, J. M. (2017). La doctrina aeroespacial y la estrategia de seguridad aeroespacial. *Cuadernos de estrategia,* 192, 105-146. https://shortly.cc/9i9R9

Tamame Camarero, J. (2002). El poder aeroespacial ya es un hecho. *Arbor: Ciencia, pensamiento y cultura,* 171(674), 217-229. https://doi.org/10.3989/arbor.2002.i674.1029

United States Air Force. (2013). *Global vigilance, global reach, global power for America.* Department of the Air Force. https://shortly.cc/9ae8g

United States Air Force. (2014). *America's Air Force: a call to the future.* https://shortly.cc/0bIEq

UNODC. (2014). Colombia. Monitoreo de Cultivos de Coca 2013 (julio 2014). Bogotá: UNODC Colombia.

Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). (2019). *Colombia. Monitoreo de territorios ha afectados por cultivos ilícitos 2018.* Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito.

Villalobos, J. M. (1993). *Historia de las Fuerzas Militares de Colombia: Fuerza Aérea Colombiana.* Planeta Colombiana Editorial.

Welsh, M. A. (2015). A Call to the Future: The New Air Force Strategic Framework. *Strategic Studies Quarterly*, 9(2), 3-10.

EDITORIAL ESDEG

Visión Aeroespacial Colombiana

Este libro presenta a la comunidad académica y científica la necesidad de considerar como objeto de estudio e investigación los dominios aéreo y espacial, que se conjugan en el ámbito aeroespacial. En este escenario, con el empleo de su poder aéreo, espacial y ciberespacial (PAEC), el Estado colombiano debe garantizar el alcance de los objetivos e intereses nacionales a través del uso legítimo de los medios y capacidades con que cuentan la Fuerza Aérea Colombiana y, por su conducto, el poder militar colombiano.

El proyecto de investigación denominado "Proyección del empleo de las capacidades estratégicas aeroespaciales de Colombia para la seguridad y defensa nacional" se realizó en el año 2020 por investigadores adscritos al Departamento Fuerza Aérea Colombiana de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto" y miembros del grupo de investigación Masa Crítica. Estos investigadores, en el marco de la línea de investigación "Estrategia, geopolítica y seguridad hemisférica", materializaron este interesante producto de investigación, mediante el cual se creó el escenario propicio para adelantar procesos de análisis crítico y constructivo frente a las amenazas, riesgos, retos y desafíos que afectan los dominios aéreo y espacial del Estado colombiano.

La investigación se desarrolló con una rigurosa metodología de tipo cualitativo de corte analítico y propositivo, fundamentada en la recolección y análisis de información documental de fuentes primarias reconocidas académicamente y fuentes secundarias de alta trayectoria en los escenarios estratégico y aeroespacial. Su propósito ha sido generar productos académicos de alta calidad que permitan, en primer lugar, a los decisores políticos, académicos, miembros de las Fuerzas Militares y ciudadanos en general reconocer la necesidad de alcanzar las capacidades estratégicas aeroespaciales requeridas para soportar el interés nacional; y en segundo lugar, fortalecer el liderazgo de la Fuerza Aérea Colombiana frente al desarrollo aeroespacial colombiano, dado el valor que representa para la seguridad y la defensa de la Nación.

EDITORIAL ESDEG

ESMIC
SELLO EDITORIAL

ISBN 978-628-7602-21-2