Hacia las nuevas tendencias tecnológicas de defensa en Fuerzas Armadas del Ecuador

Towards the New Technological Defense Trends for the Armed Forces of Ecuador

OSWALDO MAURICIO GONZÁLEZ MOSQUERA

Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Ecuador

WILLIAM GONZALO LÓPEZ HERNÁNDEZ

Dirección de Investigación y Desarrollo Militar del Comando Conjunto de las FF. AA., Ecuador

FRANCISCO JAVIER ARMENDÁRIZ SÁENZ

Dirección de Planificación y Gestión Estratégica de la Fuerza Terrestre, Ecuador

GARY ALEXANDER PANCHI GER

Academia de Guerra de la Fuerza Terrestre, Ecuador

RESUMEN: La investigación, desarrollo tecnológico, innovación y producción, constituyen ámbitos fundamentales para el sector Defensa de un país, pues permiten reducir la brecha tecnológica, disminuir la dependencia exógena, innovar la tecnología militar acorde a los requerimientos operacionales, y garantizar la superioridad tecnológica que permita mantener el dominio en los conflictos y defender la soberanía e integridad nacional. En este contexto, se hace indispensable disponer en las Fuerzas Armadas del Ecuador, de un sistema sólido que, entre otros aspectos, oriente sus esfuerzos hacia áreas de conocimiento y líneas específicas de investigación acordes a la realidad, necesidades y problemática institucional. Lamentablemente, por varias causas que se deducen y explican en este estudio, el sistema referido es incipiente y aún muy limitado en las Fuerzas Armadas del Ecuador, por lo que esta investigación tiene como objetivo, contribuir de manera parcial a la solución del problema, mediante la definición de las tendencias tecnológicas, en términos de áreas de conocimiento (13) y líneas de investigación (47), en las cuales se deben enfocar prioritariamente los esfuerzos y recursos destinados a éstos ámbitos. Las tendencias tecnológicas de defensa son determinadas a través de una revisión literaria así como análisis deductivo, cuantitativo y prospectivo, tomando como referencia 16 fuerzas armadas representativas a nivel mundial, regional y local. Los resultados alcanzados son relevantes pues permiten consolidar el sistema acorde a la realidad del país, los requerimientos y necesidades institucionales, y el consecuente fortalecimiento de las capacidades militares.

PALABRAS CLAVE: Investigación, desarrollo tecnológico e innovación, Tendencias tecnológicas, Áreas de conocimiento y líneas de investigación, Sector defensa.

Abstract: Research, technological development, innovation and production (R&D&i&P), constitute fundamental areas for the Defense sector of a country, since they allow: (i) to reduce both technological gap and exogenous dependence, (ii) to innovate military technology according to the operational requirements, and (iii) to guarantee technological superiority that lets maintaining dominance in conflicts and defending national sovereignty and integrity. Therefore, having a solid R&D&i&P system as part of the Armed Forces of Ecuador is definitely essential as it would likely allow guiding all efforts towards areas of knowledge and specific research lines in accordance with the institutional needs and requirements. Unfortunately, due to some reasons that are accurately explained throughout this study, the referred system is incipient and still very limited in the Armed Forces, hence, this study aims to partially contribute to the solution of the problem by proposing technology trends, in terms of areas of knowledge (13) and research lines (47), on which R&D&i&P performers and projects should be focused as a priority. Specifically, the proposed areas of knowledge and research lines were technically determined by conducting an extensive literature review as well as by deductive, quantitative and prospective analyses of tech trends corresponding to 16 representative Armed Forces at global, regional and local levels. The acquired results are relevant as they allow to strengthen the R&D&i&P system of the Ecuadorian Armed Forces, as well as to adequately guide the efforts of the actors and the limited resources assigned, towards the fulfilment of the operational and technological requirements, and their consequent consolidation of military capabilities.

KEYWORDS: Research, Technological development and innovation, Technology trends, Areas of knowledge and research lines, Defense sector.

Recibido: 24 de junio de 2022. Aceptado: 06 de julio de 2022.

Revista de Estudios en Seguridad Internacional, Vol. 8, No. 2, (2022), pp. 125-148. http://www.seguridadinternacional.es/resi/index.php/revista

ISSN: 2444-6157. DOI: http://dx.doi.org.10.18847/1.16.8

INTRODUCCIÓN

A través de la historia, los conflictos armados han obligado a las fuerzas armadas a estar en constante evolución para afrontar las nuevas amenazas asimétricas, híbridas y tecnológicas (Zárate, 2021), buscando siempre cumplir la misión de defender la soberanía e integridad territorial de un país; esta evolución implica necesariamente la implementación de innovaciones tecnológicas disruptivas[1] y emergentes[2] (León, 2020; Redroban, 2021) de manera que permitan incrementar las capacidades militares presentes y futuras (Meiriño, 2015). Bajo esta premisa, y recapitulando lo que Setter y Tishler (2007) concluyen en su estudio, se puede afirmar que el uso de la tecnología, conjuntamente con un personal militar altamente capacitado, son condiciones relevantes para el devenir, desarrollo y sostenibilidad de un ejército moderno y con proyección a futuro. Por consiguiente, la investigación, desarrollo tecnológico, innovación y producción, referidas en adelante como I+D+i+P, son considerados hoy por hoy, ámbitos fundamentales del sector defensa de un país, pues permiten, entre otros aspectos: (i) reducir la brecha tecnológica y por ende, disminuir la dependencia exógena, (ii) innovar la tecnología militar acorde a los requerimientos operacionales, y a las necesidades y problemática institucional, y (iii) garantizar la superioridad tecnológica que permita mantener el dominio en los conflictos y defender la soberanía e integridad nacional (Hoehn & Sayler, 2021).

Las nuevas tecnologías permiten avances significativos en el ámbito militar desde la mejora en la potencia de fuego, exoesqueletos para mejorar el desempeño de los soldados, fabricación aditiva para resolver los requerimientos logísticos en el sitio y muchas áreas más que incidirán de manera decisiva en el campo de batalla (Ocón & Ponte, 2019). Por tanto, es de suma relevancia el prospectar las tendencias futuras dentro del ámbito tecnológico militar (Fojón, 2019); en este contexto, los países que conforman la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) han establecido en su reporte de tendencias de ciencia y tecnología 2020-2040, que para los próximos veinte años, enfocarán su desarrollo en tecnologías emergentes y disruptivas (Reding & Eaton, 2020).

Bajo el esquema planteado, la atención a los ámbitos de I+D+i+P, debe ser prioritaria; ya que las referencias estadísticas muestran que existe una marcada asimetría entre el incremento de los tipos de misiones y la disminución de recursos y medios para cumplirlas, lo que conlleva a una reducción paulatina de capacidades y desgaste de la fuerza militar (Espitia, Agudelo y Buitrago, 2020). La investigación y el desarrollo de la tecnología enmarcados en un concepto de innovación, como ejes transversales a todos los procesos institucionales, son de suma importancia pues permiten recuperar, mantener y potenciar las capacidades militares, así como garantizar la sostenibilidad de las fuerzas militares en el tiempo y dotar de equipamiento que permita contar con unas FF.AA. modernas multimisión y multipropósito (Espitia, Agudelo y Buitrago, 2020).

El estudio del estado del arte muestra que el desarrollo de la ciencia y la tecnología impulsan y aportan a la economía de la defensa y, en el contexto general, a la economía del Estado (Fernández, Borsic y Paredes, 2020; Serrano, 2019). La ejecución de procesos de I+D+i+P permite la sostenibilidad y la actualización tecnológica con una

[1] Tecnología disruptiva: innovaciones que producen una ruptura brusca a procesos ya establecidos, y por consiguiente dejan obsoletas las tecnologías anteriores relacionadas, Bongomin *et al*. (2020).

[2] Tecnología emergente: innovaciones con potencial de aportar mejoras a tecnologías tradicionales ya consolidadas pero que no han alcanzado un nivel óptimo de madurez tecnológica, y por consiguiente, se encuentran aún en procesos de desarrollo, Colombo, López y Vera (2021).

inversión muy inferior a la realizada a través de las compras directas. De esta forma, los resultados finales de este proceso se convierten en activos nacionales que coadyuvan, no solo al incremento de las capacidades de la fuerza militar, sino que también, mejoran la calidad de vida de los ciudadanos, esto debido a la repercusión y potenciales beneficios que se obtienen del usufructo y propiedad intelectual de los desarrollos militares con tecnología dual (Blinder, 2009).

Es fundamental por consiguiente, que las Fuerzas Armadas (FF.AA.) del Ecuador, y específicamente sus planificadores, comprendan que actualmente las operaciones militares deben sostenerse de manera ineludible en desarrollos tecnológicos e innovaciones que permitan a las fuerzas fortalecer e incrementar sus capacidades militares, para que a la vez, obtengan una superioridad estratégica-operacional en los distintos dominios en los que actúan.

En este contexto, el Ministerio de Defensa Nacional (MDN) del Ecuador ha establecido en la Política de la Defensa Nacional "Libro Blanco" (2018), como uno de sus objetivos estratégicos el "*contribuir al desarrollo nacional mediante actividades de cooperación intersectorial, investigación e innovación en las industrias de la defensa*"; paralelamente, las FF.AA. se alinean a la planificación del MDN, considerando en el Plan Estratégico Institucional (PEI) 2021-2025, el objetivo estratégico No. 2 "*incrementar la investigación aplicada, innovación y desarrollo tecnológico en el ámbito de la seguridad y defensa mediante la ejecución de proyectos integrales*", del cual se derivan sus estrategias que orientan, entre otros aspectos, a la creación de un modelo y sistema I+D+i+P que establezca claramente (i) los lineamientos del nivel político-estratégico para que las Fuerzas prioricen sus esfuerzos I+D+i+P hacia el fortalecimiento de las capacidades militares, (ii) la definición e interacción entre los actores del sistema para que éstos, a su vez, caractericen e implementen los procesos correspondientes, a fin de que su planificación de gestión se alinee y oriente de manera efectiva y conjunta a la misión y visión institucional, y (iii) las áreas de conocimiento y líneas de investigación que sean de beneficio institucional, y estén acordes a sus requerimientos y necesidades.

No obstante, y a pesar de existir las políticas y estrategias antes referidas, la creación e implementación del modelo y sistema de I+D+i+P de FF.AA., que permita proyectar, regular, gestionar y planificar de manera ordenada los procesos, procedimientos, actividades, planes, programas y proyectos relacionados a estos ámbitos, se ha dilatado en el tiempo y su efectividad al momento resulta ser muy limitada. Cabe recalcar que, un estudio piloto realizado por la Dirección de Investigación y Desarrollo Militar (DIDM) del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas (CC.FF.AA) determinó que, con corte a diciembre de 2020, los proyectos I+D+i en FF.AA., se venían enfocando de manera desorganizada y desorientada a 30 áreas de conocimiento y aproximadamente 100 líneas de investigación (Dirección Investigación Desarrollo Militar, 2021). Como se puede observar en el Gráfico 1, este problema es el efecto de seis causales principales: (i) las políticas institucionales antes referidas, específicamente el objetivo estratégico No. 2 y sus estrategias, no se han operacionalizado aún en las Fuerzas, y por consiguiente, no se han priorizado de manera efectiva las áreas de conocimiento y líneas de investigación orientadas al fortalecimiento de las capacidades militares; (ii) a su vez, estas capacidades militares no se refuerzan en el desarrollo de las capacidades tecnológicas, y por ende, el desarrollo tecnológico institucional es limitado, no es disruptivo ni emergente; (iii) la asignación de presupuesto que realiza FF.AA. para I+D+i+P es insuficiente y no hay una decisión para establecerlo como prioritario, ya que no se consideran estos ámbitos como estratégicos; (iv) los prototipos y resultados de

la investigación básica y aplicada no son acogidos ni aprovechados por la industria de la defensa, ya que el enlace entre la academia, las Fuerzas Armadas y la industria como tal es casi nulo, lo cual hace que el ciclo I+D+i+P no sea continuo y que la producción para el sector Defensa sea ínfima; (v) esto hace que la dependencia en la tecnología militar exógena siga siendo muy alta y que la brecha tecnológica, en lugar de disminuir vaya en aumento, afectando a la implementación de ingenios militares que permitan innovar los recursos respecto de las necesidades y problemas institucionales; (vi) por ende, los recursos (talento humano, tecnológicos, infraestructura, financieros) experimentan un proceso lento de adaptación y transformación a las nuevas exigencias requeridas para proyectar, capacitar y sostener a las Fuerzas Armadas ante escenarios altamente dinámicos y volátiles.

Gráfico 1. Seis causales de la limitada efectividad del modelo y sistema I+D+i+P en las FF.AA. del Ecuador



Fuente: Elaboración propia

En tal virtud, el presente estudio tiene como objetivo principal, contribuir de manera parcial a la solución del problema identificado, específicamente de su causal primera (referida en el párrafo anterior), mediante la definición de las tendencias tecnológicas, en términos de áreas de conocimiento y líneas de investigación, en las cuales se debe enfocar de manera prioritaria, el esfuerzo de los actores y proyectos del sistema I+D+i+P de las FF.AA. del Ecuador con proyección al año 2025, y que han sido determinadas de manera técnica mediante un análisis literario, deductivo, cuantitativo y prospectivo, tomando como referencia las tendencias de las FF.AA más representativas a nivel mundial, regional y local. Específicamente, el alcance de este estudio llega a determinar 13 áreas de conocimiento y 47 líneas de investigación acordes a la realidad del país y de la institución per se. Los resultados alcanzados en este estudio son de suma importancia pues permiten consolidar el sistema I+D+i+P de las FF.AA del Ecuador, y orientan a sus actores a priorizar sus esfuerzos y limitados recursos, hacia la satisfacción

de los requerimientos operacionales y tecnológicos, con el consecuente fortalecimiento de las capacidades militares.

METODOLOGÍA

En el presente estudio se realizó un análisis deductivo con enfoque cuantitativo, de un total de 20 tendencias tecnológicas identificadas en el sector Defensa y resultantes del análisis de un total de 16 potencias militares, específicamente 9 a nivel mundial, 5 a nivel regional y 2 a nivel local (referirse a la Tabla 2).

Una vez obtenida la información mediante revisión literaria de las tendencias tecnológicas identificadas en el sector Defensa de cada país, se procedió a procesar los datos a través de una matriz de doble entrada, cuyos resultados arrojaron las áreas de conocimiento, en una escala numérica acumulativa por países (ver Tabla 2).

Todas las tendencias identificadas en términos de áreas de conocimiento para el sector Defensa, fueron luego sometidas a un análisis prospectivo, que se basó en la utilización de una matriz de importancia-gobernabilidad (IGO), y en la que un panel compuesto por un total de 25 expertos (2 del MDN, 10 del CC.FF.AA., 4 de la Fuerza Terrestre, 4 de la Fuerza Naval y 5 de la Fuerza Aérea), procedieron a calificar las áreas de conocimiento como urgentes, necesarias, no urgentes y no necesarias (ver Tabla 3).

Según Figueroa (2013), la matriz IGO, es una herramienta que se utiliza para decidir el factor (para el caso en estudio corresponde a las áreas de conocimiento) que se debe priorizar con base en los criterios de importancia (pertinencia del factor) y gobernabilidad (capacidad que tiene la organización para controlar el factor analizado). Para establecer el grado de gobernabilidad y de importancia se utilizaron las siguientes escalas:

Tabla 1. Escalas para calificar Gobernabilidad e Importancia

GOBERNABILIDAD	
Puntaje	Escala
5	Muy fuerte
4	Fuerte
3	Moderado
2	Débil
1	Muy débil
0	Nulo

IMPORTANCIA	
Puntaje	Escala
20	Muy importante
15	Importante
10	Neutro
5	No importante
0	Nulo

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, cada factor se representa en un par ordenado X (Gobernabilidad) - Y (Importancia); en cuyo plano cartesiano se ubican tantos puntos como factores hayan sido analizados (ver Gráfico 2). El plano referido es dividido en 4 secciones, con la siguiente identificación e interpretación: (i) Sección 1- extremo superior derecho, corresponde a los factores urgentes, aquellos que tienen un mayor grado de gobernabilidad e importancia, y por lo tanto, el control sobre ellos facilitará su gestión, teniendo gran repercusión en el escenario estudiado, y por consiguiente, son considerados prioritarios. (ii) Sección 2- extremo superior izquierdo, corresponde a los

factores necesarios, aquellos que tienen un mayor grado de importancia, pero menor gobernabilidad, por lo que, a pesar de que el reto es conseguir su control, su ejecución es necesaria para la organización. (iii) Sección 3- extremo inferior derecho, corresponde a los factores no urgentes, es decir aquellos que tienen un mayor grado de gobernabilidad pero poca importancia, por lo que no van a impactar notoriamente en la organización. (iv) Sección 4- extremo inferior izquierdo, corresponde a los factores no necesarios, pues revisten a la vez de poca gobernabilidad e importancia, y por ende son difíciles de controlar y tienen poco impacto en la organización.

Este método permitió seleccionar las áreas de conocimiento identificadas como urgentes y necesarias, así como descartar aquellas calificadas como no urgentes y no necesarias. Luego se procedió a realizar talleres de trabajo conformando un tanque del pensamiento[3] que permita determinar las líneas de investigación derivadas de cada área identificada (ver Gráficos 3 al 15). Específicamente, la definición de las líneas de investigación se basó en: (i) la realidad de país, (ii) la misión y visión de las FF.AA, (iii) el concepto estratégico militar defensivo y disuasivo del Estado ecuatoriano, (iv) la política de la defensa que define las amenazas y riesgos al Estado ecuatoriano y que orientan el accionar de FF.AA. tanto en el cumplimiento de su misión fundamental, como en las misiones complementarias de ámbito interno, apoyo al desarrollo y cooperación internacional, y (v) el plan de capacidades formulado en base a los requerimientos operacionales de cada Fuerza y las capacidades estratégicas conjuntas del CC.FF.AA.

Para referencia del lector, a continuación se presenta de manera sucinta, y como referencia del tipo de análisis realizado para todos los países estudiados, las tendencias tecnológicas identificadas para dos referentes a nivel mundial (e.g. Estados Unidos de Norte América, y Rusia), dos a nivel regional (e.g. Brasil y Chile) y dos a nivel local (e.g. Colombia y Perú). Sin embargo, en la Tabla 2, se presentan las tendencias tecnológicas identificadas para todos los referentes considerados en este estudio, cuya información fue obtenida de Dirección Investigación Desarrollo Militar (2021).

ANÁLISIS DE TENDENCIAS TECNOLÓGICAS DE LAS FF.AA. MÁS REPRESENTATIVAS A NIVEL MUNDIAL

Fuerzas Armadas de los Estados Unidos de Norte América

Estados Unidos lidera en el mundo la innovación, investigación y desarrollo tecnológico; desde la II guerra mundial, los nuevos mercados, industrias, compañías y capacidades militares que surgieron del compromiso de ciencia y tecnología del país, se han combinado para hacer de los Estados Unidos la nación más segura y, económicamente, más próspera del mundo. Específicamente, el gasto en defensa en Estados Unidos creció en 2019 un 7,16% respecto al año anterior, ascendiendo hasta 651.603,1 millones de euros, representando el 9,43% del gasto público total; mientras que en 2020 ascendió en 2,3% a pesar de los efectos ocasionados por la pandemia COVID-19 (Tian *et al*., 2020).

[3] Tanque del pensamiento: nombrado en la literatura también como think-tank o école de pensée, se refiere a un cuerpo de expertos que brindan asesoramiento e ideas sobre un problema o necesidad específica que atañe a una organización, y requieren el planteamiento de soluciones desde una aproximación especializada (Audet & Larouche, 1988; Charillon, 2017).

La oficina de investigaciones básicas del Departamento de Defensa (DoD) de los Estados Unidos es el organismo encargado de coordinar, aprobar, regular y financiar los diferentes proyectos de I+D+i de defensa y seguridad; además, establece prioridades científicas destinadas a garantizar que el DoD sea líder en investigación y desarrollo militar. En este contexto, cada una de las seis fuerzas militares que conforman las fuerzas armadas (Ejército, Cuerpos de Marina, Fuerza Naval, Fuerza Aérea, Cuerpo de Guardacostas y la recientemente creada Fuerza Espacial), disponen de entidades encargadas de realizar investigaciones de acuerdo a sus necesidades. Por ejemplo, el Ejército cuenta con el Army Research Office (ARO) con sede en Research Triangle Park, Carolina del Norte, donde más de 100 científicos, ingenieros y personal de apoyo, administran los programas de investigación de esta entidad. Su objetivo es impulsar descubrimientos científicos de vanguardia y disruptivos que permitan futuras tecnologías y capacidades cruciales del Ejército a través de oportunidades de investigación de alto riesgo y alta recompensa.

Asimismo, el Army Corps of Engineers - Research and Development Center (ERDC) ayuda a resolver los problemas más desafiantes de la nación en ingeniería civil y militar, ciencias geoespaciales, recursos hídricos y ciencias ambientales para el Ejército, el Departamento de Defensa, las agencias civiles y el bien público de la nación. Su visión es convertirse en la principal organización de investigación y desarrollo de ingeniería pública y ciencias ambientales del mundo.

Actualmente las FF.AA estadounidenses enfocan sus desarrollos tecnológicos en las siguientes áreas de conocimiento: (i) desarrollo nuclear; (ii) desarrollos de ciberseguridad; (iii) sensores químicos, biológicos, ópticos, infrarrojos, UVs, de radar y radio frecuencia, de sonido y movimiento, detección magnética y haces de partículas; (iv) simuladores de realidad virtual y aumentada, simulador de sensores, simulador de armamento, sistemas de simulación de vuelo, entrenamiento y vigilancia aérea; (v) computadoras y comunicaciones (hardware informático, software, operaciones cibernéticas ofensivas, internet de las cosas, comunicaciones por radio, comunicaciones láser, inteligencia artificial (IA)/Big Data y computación cuántica); (vi) sistemas de vehículos terrestres tácticos y multipropósito, sistema naval (buques, fragatas, submarinos y lanchas), sistema aeronáutico (aviones, helicópteros y vehículos aéreos no tripulados); (vii) sistema aeronáutico hipersónico (aerodinámica, materiales y procesos); (viii) proyectiles, propulsión y plataformas (robótica y sistemas autónomos, misiles, generación de energía disruptiva, explosivos, combustibles, motores a reacción, motores de combustión interna, motores a batería, cohetes, barcos, armamentos y satélites); (ix) otras armas y tecnologías claves (armas de radiofrecuencia, armas no letales, armas biológicas, armas químicas, otras armas de destrucción masiva, rayos de partículas, cañones eléctricos, láseres, nano materiales y otras aplicaciones para seres humanos); (x) fabricación aditiva para municiones de próxima generación; (xi) desarrollo de productos de bioseguridad para combatir guerra biológica; (xii) biónica, biomecánica y biomimética para entornos militares; y, (xiii) ingeniería civil y militar, ciencias geoespaciales, recursos hídricos y ciencias ambientales.

Fuerzas Armadas de la Federación Rusa

El presidente ruso, Vladimir Putin, aprobó a finales de 2017, el plan estratégico armamentista (PEA) para 2018-2027, con la finalidad de incrementar las capacidades militares, determinando sus prioridades de rearme para diez años. El presupuesto total para este programa fue de 27.570 millones de dólares. Esto hizo que el gasto militar en

2019 experimente el mayor aumento desde hace diez años, según lo refieren Kristensen y Kile (2020). De hecho, en el transcurso de 2019, los gastos militares alcanzaron los USD 1,9 billones, lo que representó un aumento del 3,6% en tan solo un año, el más importante desde 2010. Al respecto, Tian *et al*. (2020), refieren que en Rusia el gasto militar en ese año alcanzó su mayor nivel desde el final de la Guerra Fría; no obstante de ello, Estados Unidos ha seguido representado el mayor presupuesto con un cómputo mundial del +38%, seguido de China con una tasa del +5,1%, e India con el +6,8% (Tian *et al*., 2020). Dato interesante resulta el conocer que, los mismos autores Tian *et al*. (2020), analizan que más del 60% de los gastos militares a nivel mundial, se concentran en tan solo cinco países que son Estados Unidos de Norte América, China, India, Rusia y Arabia Saudita.

Ese plan armamentista ruso implica que cuenten con un plan paralelo de I+D+i+P el cual viene ejecutándose desde 2010 con horizonte al 2027. Bajo estos preceptos, Rusia estaría asegurando su liderazgo en algunas áreas tecnológicas para su sector Defensa que incluyen: (i) ciberespacio (ciberseguridad, ciberdefensa, ciberinteligencia, criptografía); (ii) sistema espacial (vehículos espaciales y satélites); (iii) modelamiento y simulación de sistemas militares; (iv) vehículos aéreos no tripulados; (v) vehículos robóticos multifuncionales de barrido de minas; (vi) fabricación de helicópteros tripulados y no tripulados; (vii) equipos de aviación, aviónica y motores de aviación; (viii) armas, equipo militar y especial (municiones, armas, complejos de misiles tácticos, complejos de armas especiales, equipo de combate radio-electrónico, sistemas de identificación); (ix) equipos radioelectrónicos y componentes electrónicos; (x) dispositivos ópticos y optrónicos; (xi) telecomunicaciones; (xii) equipo médico, biotecnologías y biónica; (xiii) ingenierías y construcción de maquinaria de automoción terrestre, naval y aérea; (xiv) software, Big Data, IA, cluod computing; (xv) nuevos materiales y energía disrutpiva; (xvi) desarrollo radiológico, biológico, químico y nuclear; y, (xvii) sistema aeronáuticos hipersónicos.

Como se puede determinar de lo que precede, la planificación y ejecución de I+D+i+P para el sector Defensa en Rusia, es dirigida por el poder político y, sobre todo, se basa en una estrategia de Estado que integra los intereses, inversiones y capacidades de las empresas privadas y los organismos públicos, lo cual le ha posicionado a la Federación Rusa como la segunda potencia militar en el mundo, considerando sobre todo, su potencial nuclear.

Análisis de tendencias tecnológicas de las FF.AA. más representativas a nivel regional

Fuerzas Armadas de la República Federativa de Brasil

Brasil es actualmente una potencia emergente en el escenario internacional y desde el sector Defensa, la Secretaría de Productos de Defensa (SEPROD), dependiente del Ministerio de Defensa, se encarga del fortalecimiento de la base industrial de defensa (BID), para que se desarrollen avances científicos y tecnológicos orientados a reducir la dependencia tecnológica de empresas extranjeras y simultáneamente sea un aporte que le posibilite disponer de una mayor autonomía estratégica y una mejor capacitación operativa para sus Fuerzas Armadas. Por lo tanto, para Brasil la defensa y el desarrollo del país son áreas interdependientes que la nación necesita para cumplir con la misión constitucional de mantenimiento de la soberanía e integridad territorial.

Las tendencias tecnológicas a futuro que maneja la Defensa Nacional de Brasil están orientadas a tres sectores tecnológicos esenciales: nuclear, cibernético y espacial, considerándolos estratégicos, ya que estos ámbitos trascienden la división desarrollo – defensa y entre lo civil – militar. En vista de la complejidad de estos sectores, que requieren de un ente responsable que permita una adecuada coordinación e integración de los diferentes actores, el sector Defensa ha designado a la Armada como responsable del sector nuclear, al Ejército del sector cibernético y a la Fuerza Aérea del sector espacial.

De los sectores de desarrollo científico citados anteriormente (nuclear, cibernético y espacial), se derivan las áreas de conocimiento prioritarias en las que se enfoca el desarrollo tecnológico del sector Defensa y son: (i) industria aeronáutica para el desarrollo y producción de helicópteros y aeronaves, así como sistemas aéreos no tripulados UAVs; (ii) industria espacial para la producción, lanzamiento, operación y reposición de sistemas espaciales (satélites geoestacionarios, comunicaciones) de doble uso (empleo militar y civil); (iii) programa nuclear; (iv) industria naval; (v) desarrollo y producción de vehículos blindados; (vi) ciberdefensa, ciberseguridad y ciberinteligencia; (vii) sensores y sistemas optrónicos; y, (viii) sistemas de navegación, información, comunicación, redes e ingeniería de software.

Fuerzas Armadas de la República de Chile

El Estado chileno ha encargado al Ministerio de Defensa Nacional la importante tarea de promulgar políticas y normas para el desarrollo científico, tecnológico e industrial (CTi) de la defensa nacional. Para la planificación prospectiva con horizonte al 2040, el Ministerio de Defensa ha delegado al Centro de Estudios e Investigaciones Militares (Cesim) la elaboración de esta planificación que le permitirá establecer las tendencias tecnológicas futuras con una visión integral, equilibrada, pragmática y realista, orientados a fortalecer las capacidades estratégicas y operacionales de las Fuerzas Armadas de Chile. Además cabe recalcar que, de la Subsecretaría de Defensa dependen la Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos (Anepe), Fábricas y Maestranzas del Ejército de Chile (Famae), Astilleros y Maestranzas de la Armada (Asmar) y la Empresa Aeronáutica de Chile (Enaer).

Actualmente las áreas de investigación y desarrollo tecnológico en el ámbito de Defensa se enfocan en: (i) desarrollo de armamento; (ii) diseño, construcción, fabricación, mantenimiento y reparación de aeronaves de ala fija y rotatoria, así como tripulados y no tripulados; (iii) mantenimiento, reparación, recuperación, modernización y conversión de fragatas, barcazas, petroleros, misileras, patrulleros, remolcadores, lanchas y submarinos; (iv) ciberseguridad; y, (v) vehículos espaciales y satélites. En este contexto, Chile contempla trabajar en un nuevo sistema de ciberdefensa y un sistema nacional satelital que le permitirá disponer hasta el 2025, de una constelación de diez nuevos satélites, de los cuales, ocho serán construidos íntegramente en Chile, por técnicos e ingenieros nacionales pertenecientes a la Fuerza Aérea chilena y de varias universidades del país. Estos mini y micro satélites serán puestos en órbita por las empresas “Space X” e ISI Imagesat International (empresa israelí). Esto le permitirá a Chile avanzar en la autonomía y soberanía de las operaciones espaciales, empleando al espacio como un dominio que contribuya a la gestión del territorio, desarrollo y seguridad nacional.

ANÁLISIS DE TENDENCIAS TECNOLÓGICAS DE LAS FF.AA. MÁS REPRESENTATIVAS A NIVEL LOCAL

Fuerzas Armadas de la República de Colombia

Colombia reconoce los ámbitos de ciencia, tecnología e innovación (CTi), como fuentes de desarrollo y crecimiento económico, por lo que el gobierno de este país ha emitido e implementado políticas orientadas a incrementar CTi. Colombia considera afianzar el trinomio I+D+i con importantes pasos que son apoyados desde el gobierno para fortalecer el emprendimiento, la economía digital y la industria nacional, a través del impulso a la economía y la creación de Ministerio de CTi y la implementación de las siguientes estrategias: (i) aprovechamiento de los convenios offset[4] de manera efectiva, para lograr la transferencia tecnológica, mediante la capacitación de pregrado y posgrado, con lo cual, posterior a los contratos, las fuerzas militares generarán más conocimiento; (ii) un fuerte impulso a las relaciones internacionales para generar alianzas estratégicas importantes; (iii) alianzas al interior del país, con el sector industrial y empresas civiles dedicadas a I+D+i+P; (iv) implementación de centros de investigación en las Fuerzas, que se enmarquen dentro de las planificaciones de largo plazo; (v) realización de ferias tecnológicas internacionales en el ámbito de la Defensa; y, (vi) gestión del talento humano en los ámbitos de I+D+i+P para lograr mayor eficiencia operacional.

La entidad a nivel político que agrupa a los institutos de I+D+i en el ámbito de la Defensa, es el Grupo Social y Empresarial de la Defensa (GSED), cuya misión es proponer e implementar la política de CTi para el sector Defensa, con el fin de atender los requerimientos operacionales de sus fuerzas armadas, así como articular el Sistema de CTi del sector Defensa con el Sistema Nacional de CTi del sector productivo nacional. Esto ha permitido definir sus capacidades tecnológicas presentes e identificar sus necesidades tendientes a cumplir los objetivos planteados en el plan estratégico militar PEM 2030, que tuvo como punto de partida los intereses nacionales de seguridad y defensa.

Actualmente, las actividades de investigación y desarrollo tecnológico del sector Defensa se enfocan en: (i) radares; (ii) armamento; (iii) mantenimiento y ensamble de botes y buques; (iv) renovación y modernización de aviones AT-27 Tucano; (v) drones y UAVs; (vi) sistemas de vehículos terrestres; (vii) automatización y robótica; (viii) ciberespacio, software, Big Data e IA; (ix) nuevos materiales y energía disruptiva; y, (x) modelamiento y simulación de realidad aumentada.

Fuerzas Armadas de la República de Perú

La política de seguridad y defensa del Estado peruano, realizó en 2017 un diagnóstico en el ámbito de ciencia y tecnología, cuyos resultados determinaron que los planes, programas y proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que desarrollaban las universidades, no estaban alineados a las necesidades del país y, por tanto, los escasos aportes de solución no estaban acordes a sus requerimientos. En este sentido, el Ministerio de Defensa del Perú viene desarrollando esfuerzos con la finalidad de

[4] Offset (compensación): en este caso hace alusión a toda la gama de beneficios industriales y comerciales que se proporcionan a los gobiernos como incentivo o condición para adquirir bienes o servicios militares, incluidos beneficios como coproducción, producción bajo licencia, subcontratación, transferencia de tecnología, adquisiciones en el país, asistencia financiera y de marketing y empresas conjuntas (Chilán, 2019; Petersen, 2011; Terziev & Nichev, 2017).

impulsar los ámbitos de I+D+i en sus fuerzas armadas, empresas y organismos públicos descentralizados adscritos al sector Defensa, entre los cuales resaltan: la Dirección de Ciencia y Tecnología del Ejército (Dicitece) que cuenta con el Centro de Investigación Científica y Tecnológica del Ejército (Cicte); los servicios industriales de la Marina (Sima); el servicio de mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (Seman); y, la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (Conida).

A futuro, el Ministerio de la Defensa está impulsando la planificación necesaria para afrontar exitosamente las amenazas externas e internas; al no disponer de suficientes recursos económicos, mantiene convenios de asistencia y donaciones de otros países como China y Rusia. En este contexto, las áreas prioritarias de investigación y desarrollo tecnológico en las que se enfocan los institutos antes mencionados son: (i) sistemas de armas y munición; (ii) entrenamiento en ambientes simulados; (iii) industrias de vehículos terrestres, navales y aéreos; (iv) información geoespacial obtenida del satélite PerúSAT-1; (v) sensores y sistemas optrónicos; (vi) modernización de sistemas mediante automatización y robótica empleando nuevos materiales y energía disruptiva; y, (vii) desarrollos para sanidad militar.

RESULTADOS

En la Tabla 2 se presentan los resultados del análisis cuantitativo de las tendencias tecnológicas, expresadas en términos de áreas de conocimiento a nivel mundial, regional y local, las mismas han sido tabuladas en la matriz de doble entrada en una escala numérica acumulativa por países.

Tabla 2. Áreas de conocimiento aprovechadas por el sector Defensa en 16 fuerzas armadas consideradas representativas a nivel mundial, regional y local

Ord	**Áreas de Conocimiento**	**Nivel Mundial**									**Nivel Regional**					**Nivel Local**		**TOTAL**
		EE.UU	Rusia	Reino Unido	Francia	Canadá	China	Israel	España	Italia	Brasil	Chile	Bolivia	México	Argentina	Colombia	Perú	
1	Sistema aeronáutico (aviones, helicópteros, drones y UAVs)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	**15**
2	Armamento y munición	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	1	1	1	**14**
3	Sensores y sistemas optrónicos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	**14**
4	Sistemas de vehículos terrestres (tácticos y multipropósito)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	**14**
5	Sistema espacial (vehículos espaciales y satélites)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		1	**13**
6	Sistemas de navegación, información, comunicación, redes e ingeniería de software	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1		**13**
7	Automatización y robótica	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1		1	1	**13**

8	Sistema naval (buques, fragatas, submarinos y lanchas)	1	1	1	1	1	1		1	1		1		1	1	1	1	**13**
9	Ciberespacio (ciberseguridad, ciberdefensa, ciberinteligencia, criptografía)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1		**12**
10	Software, Big Data, inteligencia artificial, cloud computing	1	1	1	1	1	1	1		1			1	1		1		**11**
11	Nuevos materiales y energía disruptiva	1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	**11**
12	Modelamiento y simulación (simuladores de realidad virtual y aumentada, simulador de sensores, simulador de armamento, sistemas de simulación de vuelo, entrenamiento y vigilancia aérea)	1	1			1	1	1	1	1				1		1	1	**10**
13	Ingeniería civil y militar, ciencias geoespaciales, recursos hídricos y ciencias ambientales	1	1	1	1	1	1	1	1								1	**9**
14	Sanidad militar, biotecnología (Biomecánica y biomimética para entornos militares) y cibernética	1	1		1			1	1				1	1			1	**8**
15	Desarrollo radiológico, biológico y químico	1	1	1	1	1		1	1					1				**8**
16	Desarrollo nuclear	1	1		1	1	1		1		1							**7**
17	Sistema aeronáutico hipersónico	1	1		1		1											**4**
18	Nanomateriales	1			1			1										**3**
19	Biofuentes , combustibles y ciudades sostenibles				1				1									**2**
20	Fabricación aditiva para municiones de próxima generación	1																**1**

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 2, las áreas de conocimiento que actualmente están en auge a nivel global (con puntajes acumulativos entre 14 y 15) son: (i) sistema aeronáutico, (ii) armamento y munición, (iii) sensores y sistemas optrónicos, y (iv) sistemas de vehículos terrestres. No obstante, se observa también que áreas de conocimiento que implican tecnologías disruptivas y emergentes como son el ciberespacio, el sistema aeronáutico hipersónico, los nano y biomateriales, las biofuentes, combustibles y ciudades sostenibles, y la fabricación aditiva para municiones de próxima generación, también están siendo ya consideradas en el sector Defensa por parte de las primeras potencias del mundo. Sin embargo de aquello, se debe tomar en cuenta que las áreas de conocimiento referidas obedecen a la realidad de cada país y región, por lo que cada uno enfoca sus desarrollos tecnológicos dependiendo de varios factores, entre los cuales destacan los tipos de amenazas que afrontan, su

localización geográfica, su solidez económica, su estabilidad política, entre otros. Por esta razón, a continuación en la Tabla 3 se presentan los resultados del análisis prospectivo, en términos de gobernabilidad e importancia, realizados a las 20 tendencias identificadas en la Tabla 2. También se incluyen en la Tabla 3, para cada área de conocimiento identificada, las acciones urgentes, necesarias, no urgentes y no necesarias para el sector Defensa del Estado ecuatoriano, que fueron determinadas por el panel de expertos de acuerdo a la metodología referida en la sección correspondiente de este estudio.

Tabla 3. Matriz de importancia – gobernabilidad de las tendencias tecnológicas identificadas para el sector Defensa, con sus respectivas acciones

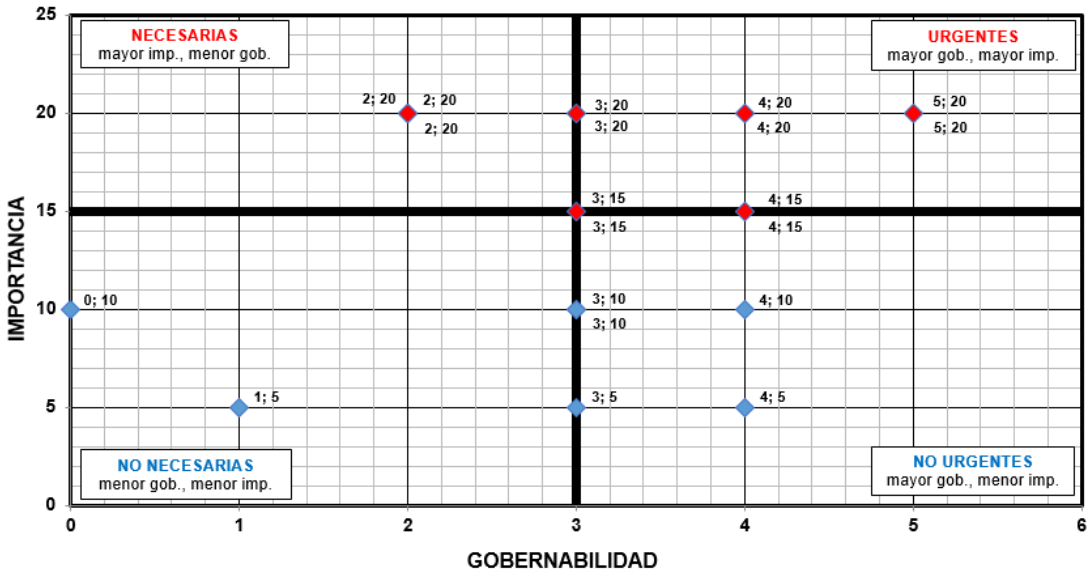
Áreas de conocimiento	**Gobernabilidad (x)**	**Importancia (y)**	**Tipo de acción**
1. Sistema aeronáutico (aviones, helicópteros, drones y UAVs)	5	20	**URGENTE**
2. Ciberespacio (ciberseguridad, ciberdefensa, ciberinteligencia, criptografía)	5	20	**URGENTE**
3. Sistemas de vehículos terrestres (tácticos y multipropósito)	4	20	**URGENTE**
4. Sistema naval (buques, fragatas, submarinos y lanchas)	4	20	**URGENTE**
5. Armamento y munición	4	15	**URGENTE**
6. Sistemas de navegación, información, comunicación, redes e ingeniería de software	4	15	**URGENTE**
7. Sensores y sistemas optrónicos	3	20	**NECESARIA**
8. Sistema espacial (vehículos espaciales y satélites)	3	20	**NECESARIA**
9. Automatización y robótica	2	20	**NECESARIA**
10. Software, Big Data, inteligencia artificial, cloud computing	3	15	**NECESARIA**
11. Modelamiento y simulación (simuladores de realidad virtual y aumentada, simulador de sensores, simulador de armamento, sistemas de simulación de vuelo, entrenamiento y vigilancia aérea)	3	15	**NECESARIA**
12. Ingeniería civil y militar, ciencias geoespaciales, recursos hídricos y ciencias ambientales	2	20	**NECESARIA**
13. Sanidad militar, biotecnología (biomecánica y biomimética para entornos militares) y cibernética	2	20	**NECESARIA**
14. Desarrollo radiológico, biológico y químico	3	10	**NO URGENTE**
15. Fabricación aditiva para municiones de próxima generación	3	5	**NO URGENTE**
16. Nuevos materiales y energía disruptiva	4	5	**NO URGENTE**
17. Nanomateriales	4	10	**NO URGENTE**
18. Biofuentes, combustibles y ciudades sostenibles	3	10	**NO URGENTE**

19. Desarrollo nuclear	1	5	**NO NECESARIA**
20. Sistema aeronáutico hipersónico	0	10	**NO NECESARIA**
MEDIANAS	3	15	

Fuente: Elaboración propia

Las acciones identificadas en la Tabla 3 son representadas en el Gráfico 2 a través de un plano cartesiano en cuyos cuadrantes se grafican tantos puntos como áreas de conocimiento fueron analizadas. Los cuadrantes del plano referido son definidos por las medianas de cada factor analizado, que para este caso tiene un valor de 3 para gobernabilidad y 15 para importancia. Esto finalmente permitió seleccionar las 13 áreas de conocimiento que, de acuerdo a la realidad de país y a los requerimientos y necesidades institucionales, se consideran urgentes y necesarias, y por ende, deben ser consideradas prioritarias en el sistema I+D+i+P de FF.AA.

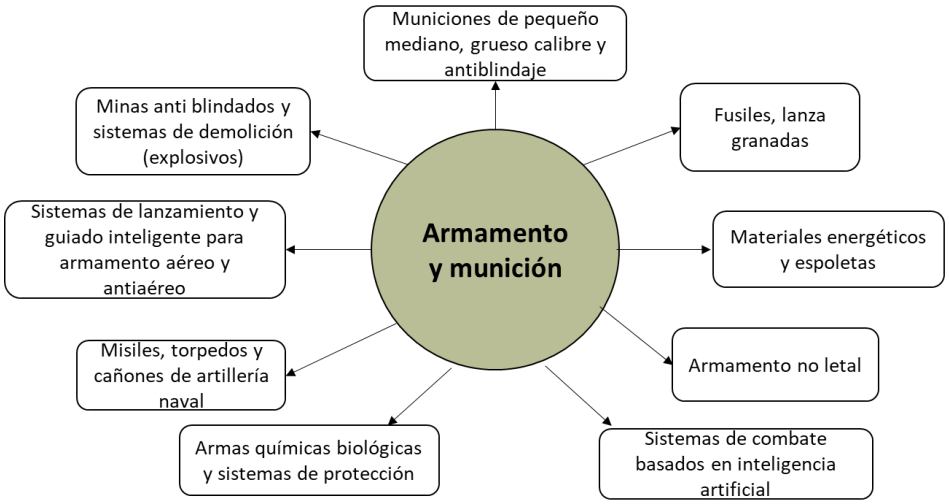
Gráfico 2. Identificación por cuadrantes de las tendencias tecnológicas de acuerdo a su grado de importancia y gobernabilidad



Fuente: Elaboración propia

Como se explicó en la sección precedente de este estudio, una vez definidas las áreas de conocimiento, se procedieron a determinar las líneas de investigación derivadas de cada una de ellas, trabajo que fue realizado por un tanque del pensamiento, a través de varios talleres técnicos. A continuación, desde el Gráfico 3 al 15, se presentan los resultados obtenidos de las líneas de investigación definidas para cada una de las 13 áreas de conocimiento identificadas como prioritarias para FF.AA.

Gráfico 3. Líneas de investigación para el área de conocimiento de: armamento y munición



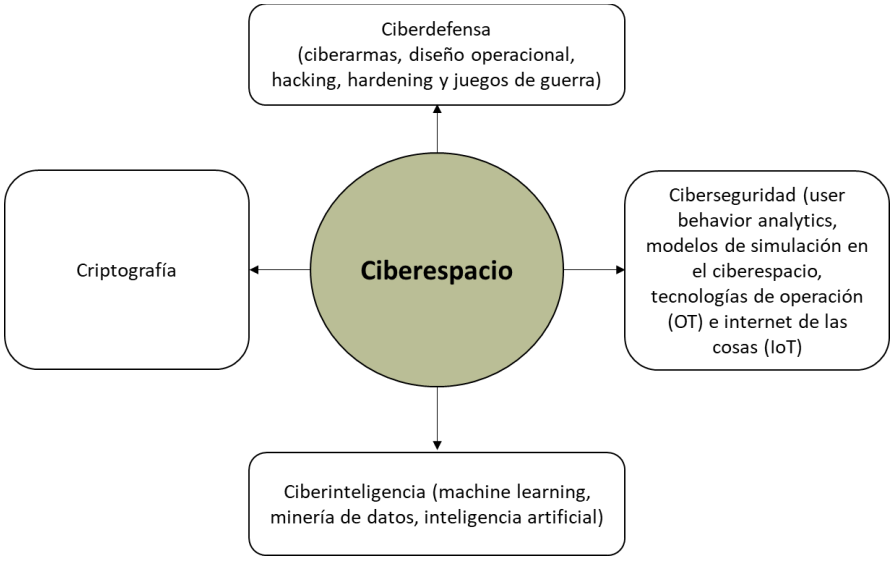
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. Líneas de investigación para el área de conocimiento de: sistema aeronáutico



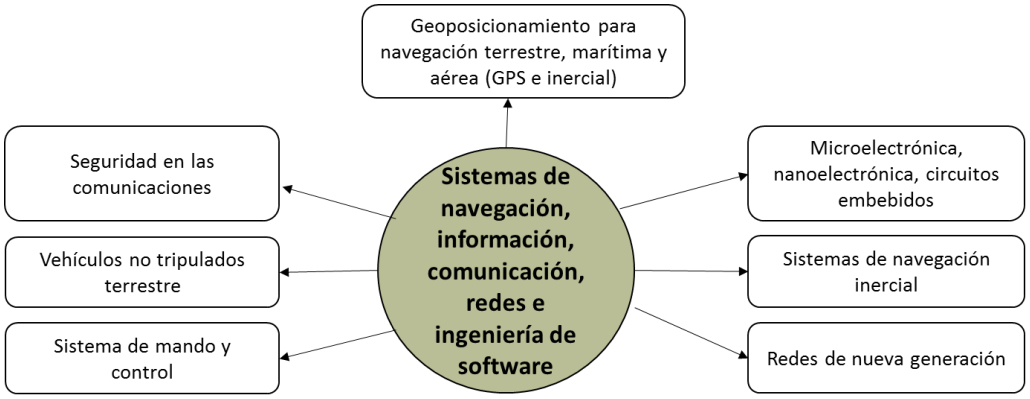
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. Líneas de investigación para el área de conocimiento de: ciberespacio



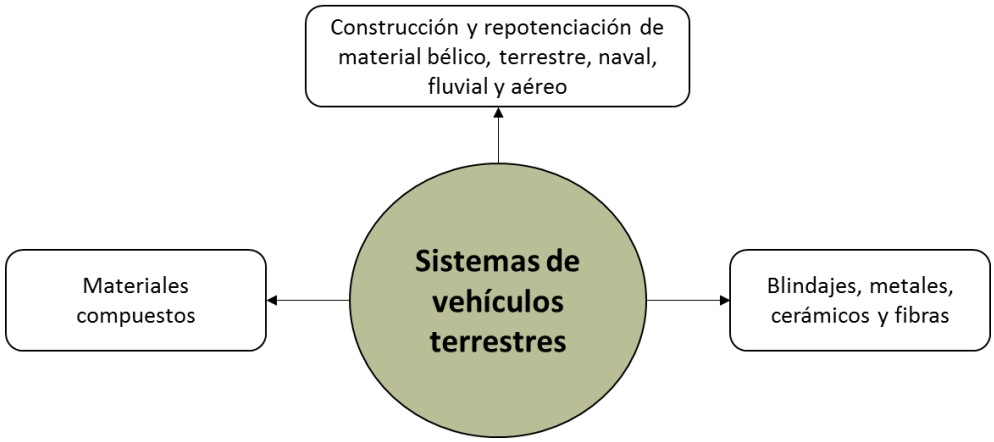
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6. Líneas de investigación para el área de conocimiento de: sistemas de navegación, información, comunicación, redes e ingeniería de software



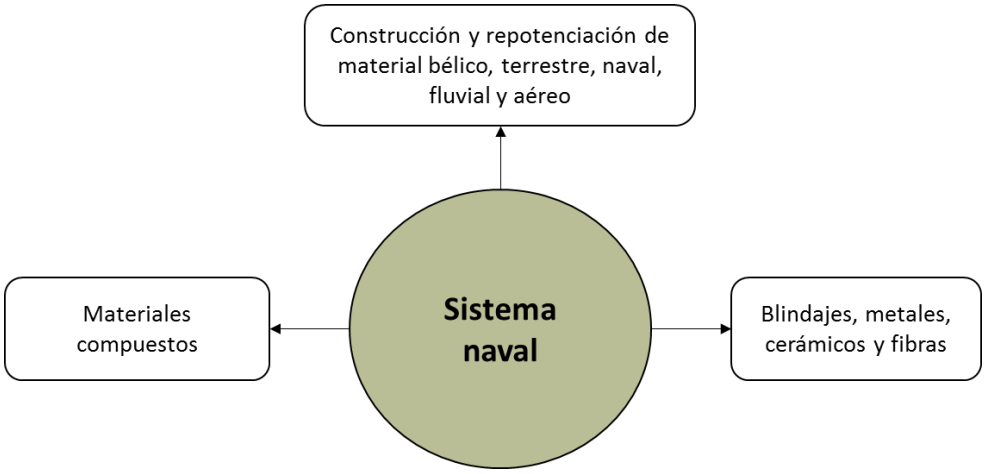
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7. Líneas de investigación para el área de conocimiento de: sistemas de vehículos terrestres



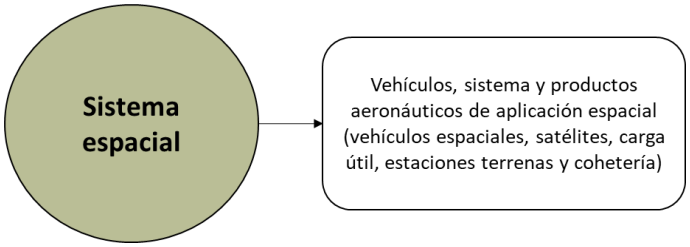
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8. Líneas de investigación para el área de conocimiento de: sistema naval



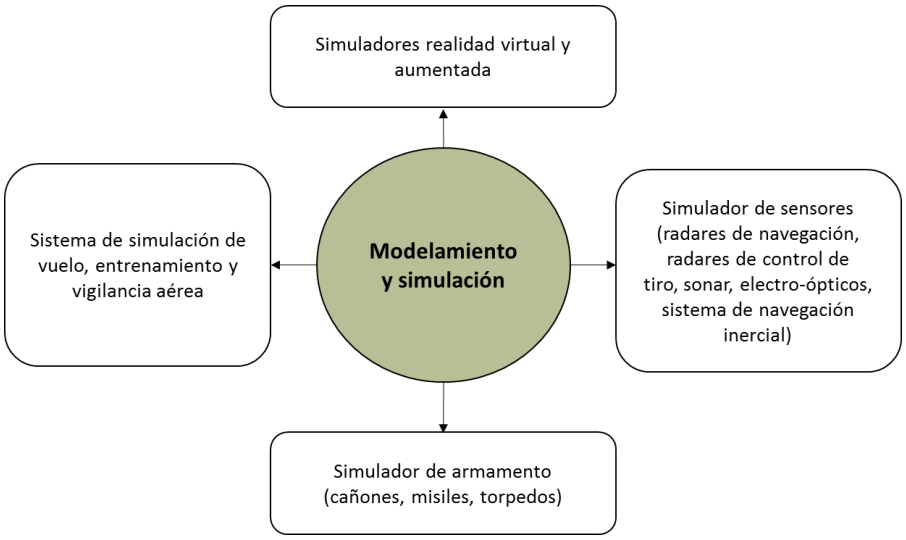
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9. Líneas de investigación para el área de conocimiento de: sistema espacial



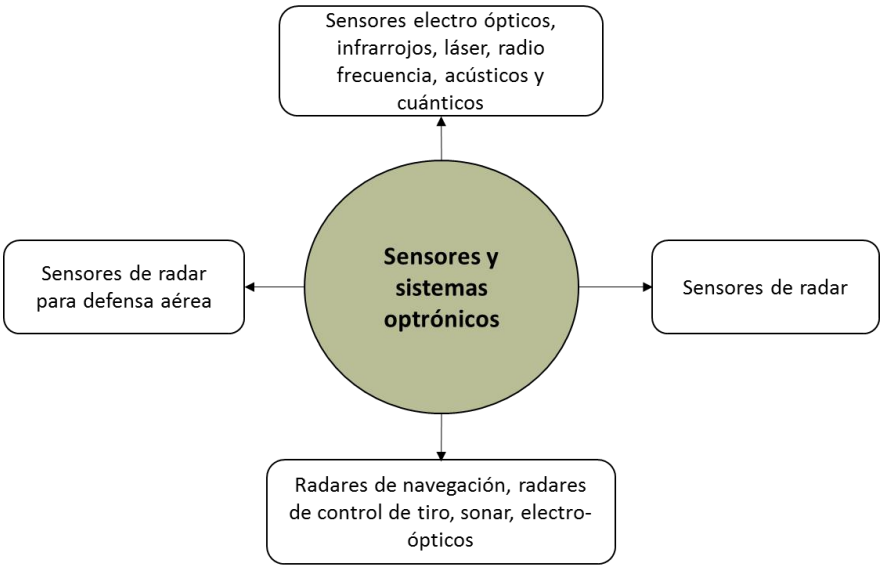
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10. Líneas de investigación para el área de conocimiento de: modelamiento y simulación



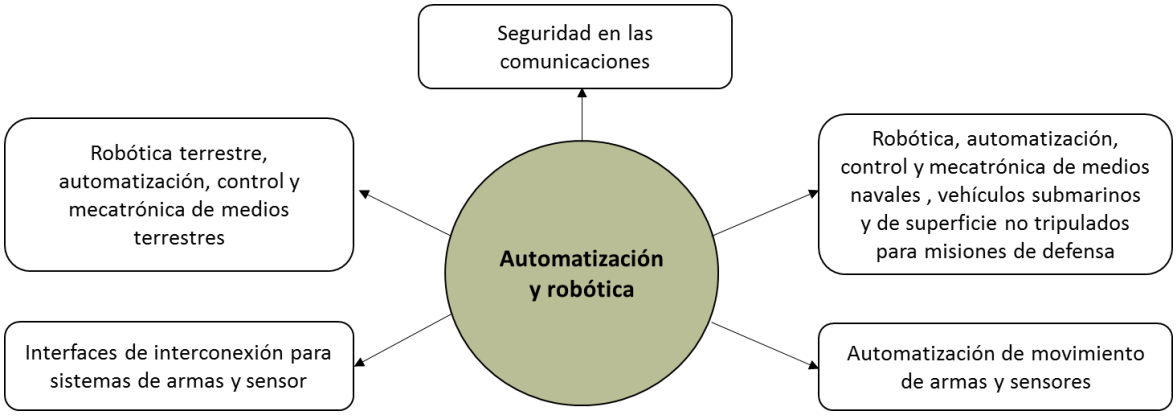
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11. Líneas de investigación para el área de conocimiento de: sensores y sistemas optrónicos



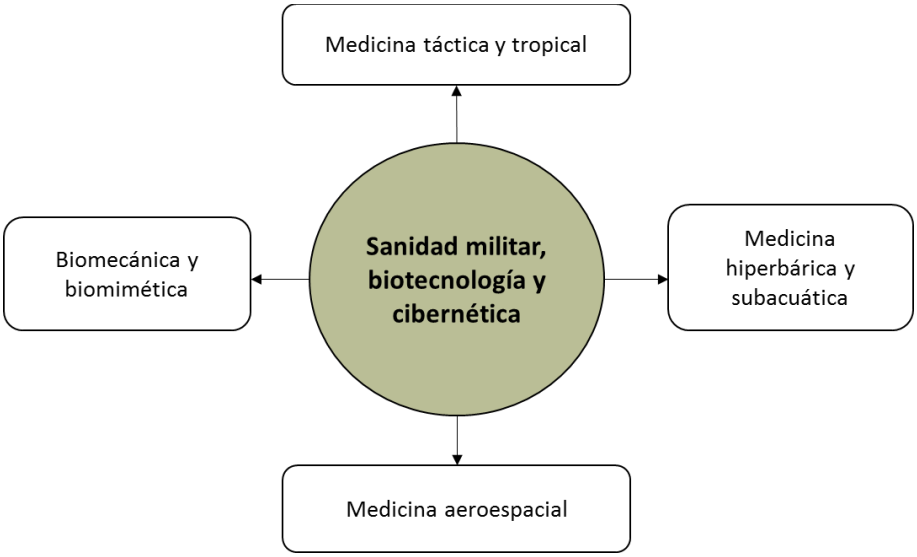
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12. Líneas de investigación para el área de conocimiento de: automatización y robótica



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13. Líneas de investigación para el área de conocimiento de: sanidad militar, biotecnología y cibernética



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14. Líneas de investigación para el área de conocimiento de: ingeniería civil y militar, ciencias geoespaciales, recursos hídricos, ciencias ambientales



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15. Líneas de investigación para el área de conocimiento de: software, Big Data, inteligencia artificial, cloud computing



Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN

La ejecución de la investigación, el desarrollo tecnológico e innovación de la defensa y seguridad en las primeras potencias del mundo (e.g. Estados Unidos de Norte América, Rusia, Inglaterra, Francia, Canadá, China, Israel y España), tienen una concepción dirigida por el poder político, pero basada en una estrategia de Estado, lo cual les da sustento en el tiempo y certeza en la consecución de las metas, pues parten de una visión clara y de una misión concreta.

El ciberespacio es el generador de nuevas vulnerabilidades que hacen que la soberanía digital de un país sea un desafío prioritario, para lo cual, los trabajos de I+D+i+P en el sector Defensa de varios países a nivel mundial, están orientando sus esfuerzos a futuro en crear independientemente productos de seguridad capaces de resistir las amenazas cibernéticas más avanzadas; identificar las soluciones más efectivas para asegurar los sistemas de armas; identificar las contribuciones de la inteligencia artificial al ciberespacio; y, trabajar en medios alternativos para mantener la libertad de acción de las fuerzas armadas en caso de negación espacial parcial, o incluso total, de origen físico o cibernético.

El sector espacial está experimentando rupturas significativas que han puesto de manifiesto nuevas vulnerabilidades, ante lo cual los sectores de Defensa de varios países han establecido una estrategia de defensa espacial que contempla: nuevas capacidades soberanas para las comunicaciones militares por satélite, el desarrollo de una solución nacional de radio navegación, renovación de los satélites de inteligencia, la mejora de la vigilancia espacial desde la tierra y el espacio, así como también, la protección de sus satélites y medios de acción en el espacio.

Los sensores y la metrología son prioritarios para varios sectores de Defensa en el mundo, situación que implica la programación de esfuerzos de innovación para identificar las posibilidades de nuevos sensores inerciales aplicados a la navegación y geolocalización.

Los sistemas hipersónicos han atraído la atención de los planificadores estratégicos y militares ya que sus características tecnológicas los convierten en elementos cruciales para la disuasión estratégica y esto ha ocasionado una nueva carrera armamentística en el desarrollo de estos sistemas entre EE.UU, Rusia y China.

A nivel mundial coincide que las fuerzas armadas de los países tecnológicamente desarrollados están orientando sus esfuerzos tecnológicos futuros principalmente a las áreas de desarrollo nuclear, sistemas hipersónicos, Big Data e inteligencia artificial para maniobras, movilidad y equipamiento; guerra electrónica en operaciones multidominio; desarrollo de sensores cuánticos y metrología; sistemas aéreos no tripulados de despegue y aterrizaje vertical; automatización, robótica y cibernética; ciberespacio (ciberdefensa, ciberseguridad y ciberinteligencia); aviación de combate, helicópteros y aeronaves de transporte, inteligencia y vigilancia; defensa superficie-aire, comunicaciones y redes; sistemas EO / IR; fabricación aditiva para municiones de próxima generación; nuevos materiales y energía disruptiva, sistemas y componentes aeroespaciales, biomecánica y biomimética para entornos militares, desarrollo radiológico, biológico y químico; y, biofuentes, combustibles y ciudades sostenibles.

A nivel regional, coincide también, que las fuerzas armadas están orientando sus esfuerzos tecnológicos futuros al desarrollo de la industria espacial para la producción, lanzamiento, operación y reposición de sistemas espaciales (satélites geoestacionarios, comunicaciones) de doble uso (empleo militar y civil); a la industria aeroespacial para el desarrollo y producción de helicópteros y aeronaves; al desarrollo de la industria naval; desarrollo y producción de vehículos blindados; al desarrollo del ciberespacio; sistemas aéreos no tripulados de despegue y aterrizaje vertical; sistemas radáricos; y, sistemas de entrenamiento en escenarios virtuales.

A nivel local, las fuerzas armadas están orientando sus esfuerzos tecnológicos futuros principalmente al desarrollo de armamento; industrias naval y aérea; reposición de sistemas espaciales; y, al desarrollo del ciberespacio, empleando como un método de actualidad que les permita adquirir tecnología extranjera, las compensaciones industriales a través de convenios offset.

Para las Fuerzas Armadas del Ecuador, las áreas de conocimiento y líneas de investigación con mayor grado de gobernabilidad e importancia (5 y 20, respectivamente), son aquellas relacionadas (i) al sistema aeronáutico, en lo que tiene que ver con la fabricación de UAVs y la adquisión de aviones y helicópteros para protección del espacio aéreo; así como (ii) el desarrollo del ciberespacio en temas específicos de ciberseguridad, ciberdefensa, ciberinteligencia y criptografía. Casi igual grado de gobernabilidad e importancia (4 y 20, respectivamente), revisten los sistemas de vehículos terrestres, tanto tácticos como multipropósito; y, el desarrollo del sistema naval en cuanto se refiere a la repotenciación y modernización de buques, fragatas, submarinos y lanchas. Como se puede inferir, las áreas mencionadas cubren las cuatro dimensiones estratégicas del sector Defensa (aéreo, marítimo, terrestre y ciberespacio), y a la vez, están en completa congruencia con la misión y visión de las FF.AA, su concepto estratégico militar defensivo y disuasivo, la política de la defensa que define las nuevas amenazas y riesgos al Estado ecuatoriano; y, al plan de capacidades formulado en base a los requerimientos operacionales de cada Fuerza. No obstante, es

necesario incluir como parte de las áreas prioritarias del sistema I+D+i+P de FF.AA., las otras identificadas también como urgentes y necesarias, y que suman un total de 13 áreas de conocimiento y 47 líneas de investigación.

CONCLUSIÓN

El cumplimiento efectivo de las misiones encomendadas a las fuerzas armadas, dependerá entre otros aspectos, de las capacidades tecnológicas disponibles, en desarrollo y por desarrollar. Por ende, no se puede hablar de Defensa nacional sin asociarla con el desarrollo científico y tecnológico. Las fuerzas armadas modernas y eficientes, requieren el uso de tecnologías emergentes y disruptivas que se encuentren articuladas a un sistema y modelo de gestión integrado; del mismo modo, no se puede hablar de instituciones militares sin reconocer su papel innovador en el entorno de ciencia y tecnología del país y del mundo. En este contexto, y en base a los resultados alcanzados, se concluye que las 13 áreas de conocimiento y las 47 líneas de investigación definidas en este estudio, deben marcar el norte en las cuales las FF.AA del Ecuador enfoquen sus esfuerzos I+D+i de manera prioritaria en el horizonte 2022-2025, a fin de (i) atender sus requerimientos operacionales, (ii) optimizar los recursos asignados para desarrollos I+D+i, y (iii) garantizar la efectividad de los resultados de sus proyectos de investigación y desarrollo tecnológico. No se pueden seguir mal gastando los valiosos y limitados recursos en el desarrollo de proyectos I+D+i que atienden a 30 áreas de conocimiento y aproximadamente 100 líneas de investigación (tal como lo demuestra el levantamiento de la línea base realizado en 2021), pues ello denota desorganización y falta de lineamientos y directrices que orienten de manera adecuada a la consecución de los objetivos institucionales. Las FF.AA. deben potenciar la calidad y no la cantidad, siendo fuertes en los ámbitos I+D+i+P acordes a una realidad nacional e institucional, pero también regional y mundial del sector Defensa.

NOTA SOBRE LOS AUTORES:

Oswaldo Mauricio González Mosquera es PhD en ingeniería biomecánica y biomimética aplicada por la Griffith University, Australia (2015). Ex-director de la Escuela de Posgrados y ex-vicerrector de investigación de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Actualmente, director de investigación y desarrollo militar del CC.FF.AA. Profesor a nivel posgrados. Experiencia en áreas de investigación multidisciplinarias. Autor del libro: *The Ingenious Tree of Life – A Biomechanical Approach to Cocowood Science*. Correo electrónico: omgonzalez@espe.edu.ec ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2662-0163

William Gonzalo López Hernández es maestro en Project Management por la Universitat de Barcelona, España (2016). Mayor del Ejército Ecuatoriano. Ex-coordinador de investigaciones del Centro de Investigación de Aplicaciones Militares de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Actualmente, Jefe de planificación de la Dirección de Investigación y Desarrollo Militar del CC.FF.AA. Correo electrónico: wlopez@ccffaa.mil.ec ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5448-5918

Francisco Javier Armendáriz Sáenz es maestro en Seguridad y Defensa Hemisférica por la Universidad del Salvador y el Colegio Interamericano de Defensa, Estados Unidos. General de Brigada del Ejército Ecuatoriano. Ex–comandante del Cuerpo de Ingenieros del Ejército. Ex-director de la Academia de Guerra de la Fuerza Terrestre.

Actualmente, Director de Planificación y Gestión Estratégica de la Fuerza Terrestre. Correo electrónico: fjarmendarizs@ejercito.mil.ec

Gary Alexander Panchi Ger es maestro en Gerencia de Redes y Telecomunicaciones por la Universidad de Fuerzas Armadas – ESPE (2016). Mayor del Ejército Ecuatoriano. Ex-jefe de planificación de la Dirección de Investigación y Desarrollo Militar del CC.FF.AA. Actualmente, alumno del Curso de Estado Mayor de la AGFT. Correo electrónico: gapanchig@ejercito.mil.ec ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0694-2309

AGRADECIMIENTOS: Los autores desean agradecer al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas del Ecuador, por su apoyo en la realización de este artículo. Agradecen también, la colaboración profesional brindada por todos los integrantes del tanque de pensamiento conformado para la realización de este estudio, y entre ellos, de manera especial a los señores: Tcrn. Tec. Avc. Alfonso Eduardo Troya Jaramillo, Tcrn. EM. Miguel Bladimir Araque Salazar, Cpfg. EMT. Daniel Ernesto Arias Cucalón y Sgos. Mario Edison Cuichán.

REFERENCIAS

Audet, Michel & Larouche, Viateur (1988), "Paradigmes, écoles de pensée et théories en relations industrielles", *Relations industrielles/Industrial Relations*, Vol. 43, No. 1, pp. 3-31. https://doi.org/10.7202/050385ar

Blinder, Daniel (2009), "El control de tecnologías duales como poder político-militar. El caso espacial argentino", *Question/Cuestión*, Vol. 1, No. 24, pp. 1-15. https://doi.org/10915/33114

Bongomin, Ocident, Gilibrays Ocen, Gilbert, Oyondi Nganyi, Eric, Musinguzi, Alex & Omara, Timothy (2020), "Exponential disruptive technologies and the required skills of industry 4.0", *Journal of Engineering*, Vol. 2020, No. 1, pp. 33-49. https://doi.org/10.1155/2020/4280156

Charillon, Frederic (2017), "How to create an institutional think tank within a ministry of defense (and make it last)", en T. Juneau (Ed.), *Strategic Analysis in Support of International Policy Making: Case Studies in Achieving Analytical Relevance*, Maryland, USA, pp. 131-143. ISBN: 9781442257610

Chilán, Rossana V. (2019), *Propuesta de compensaciones industriales (OFFSET) para mejora institucional como alternativa de financiamiento de FF. AA, caso ARE*. Trabajo de graduación de posgrado, Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil. Ecuador. http://biblioteca.uteg.edu.ec/xmlui/handle/123456789/1026

Colombo, Sandra, López, María P. y Vera, Nevia (2021), "Tecnologías emergentes, poderes en competencia y regiones en disputa: América latina y el 5G en la contienda tecnológica entre China y Estados Unidos", *Estudos Internacionais: revista de relações internacionais da PUC Minas*, Vol. 9, No. 1, pp. 94-111. https://doi.org/10.5752/P.2317-773X.2021v9n1p94-111

Dirección Investigación Desarrollo Militar (2021), *Informe de estudios y tendencias para mejorar las capacidades operativas conjuntas de las Fuerzas Armadas*. Reporte No. CCFFAA-DIDM-DIDM-PCTMC-2021-0228. Ecuador.

Espitia, Anny, Agudelo, Jairo y Buitrago, Óscar (2020), "Innovaciones tecnológicas en las fuerzas militares de los países del mundo: una revisión preliminar", *Revista Científica General José María Córdova*, Vol. 18, No. 29, pp. 213-235.

Fernández, Angie L., Borsic, Zlata L. y Paredes, Darwin M. (2020), "La economía de la defensa: de la teoría a la realidad en América Latina", *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, Vol. 1, No. E29, pp. 680-691.

Figueroa, José J. (2013), "Diseño prospectivo de escenarios para la ciencia, tecnología e innovación al 2040", *Industrial Data*, Vol. 16, No. 2, pp. 92-105. www.redalyc.org/articulo.oa?id=81632390012

Fojón, Enrique (2019), "Desarrollos tecnológicos militares frente a nuevos conceptos operativos", *Real Instituto Elcano*: www.realinstitutoelcano.org/analisis/desarrollos-tecnologicos-militares-frente-a-nuevos-conceptos-operativos/

Hoehn, John R. & Sayler, Kelley M. (2021), "National Security Implications of Fifth Generation (5G) Mobile Technologies", *Congressional Research Service (CRS) Reports and Issue Briefs*: https://link.gale.com/apps/doc/A668534991/AONE?u=anon~634894fe&sid=sitemap&xid=18bb18e3

Kristensen, Hans M. & Kile, Shannon N. (2020), "SIPRI Yearbook 2020, World Nuclear Forces, 2020. CID: 20.500.12592/bkmwrr", *Stockholm International Peace Research Institute*: https://policycommons.net/artifacts/1697782/sipri-yearbook-2020-world-nuclear-forces-2020/2429430/

León, Gonzalo (2020), "Ejemplos de tecnologías y sistemas emergentes y disruptivos con relevancia estratégica", en Ministerio Defensa Español (Ed.), *Cuadernos de estrategia 207 - Repercusiones estratégicas del desarrollo tecnológico - Impacto de las tecnologías emergentes en el posicionamiento estratégico de los países*, pp. 77-282. ISBN: 978-84-9091-521-9

Meiriño, Arturo A. (2015), "La globalización de los asuntos de defensa: Capacidades militares, mercado e industria", en *Cuadernos de estrategia*, pp. 143-186. ISBN: 1697-6924

Ministerio Defensa Nacional (2018), *Política de la Defensa Nacional del Ecuador "Libro Blanco"*. Reporte No. MDN.0043_2018_PDNE_LB. Quito: www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/2019/01/Pol%C3%ADtica-de-Defensa-Nacional-Libro-Blanco-2018-web.pdf

Ocón, Alfredo L. & Ponte, Aureliano (2019), "Reconceptualizing the Relationship between Technology, Institutions and War", *URVIO Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad*, Vol. 1, No. 25, pp. 41-56. https://doi.org/10.17141/urvio.25.2019.3998

Petersen, Carol D. (2011), "Defense and commercial trade offsets: Impacts on the US industrial base raise economic and national security concerns", *Journal of Economic Issues*, Vol. 45, No. 2, pp. 485-492. https://doi.org/10.2753/JEI0021-3624450226

Reding, Dale F. & Eaton, Jacqueline (2020), "Science and Technology Trends 2020-2040: Exploring the S and T Edge", *Defense Technical Information Center*. Report number: AD1131124. https://apps.dtic.mil/sti/citations/AD1131124

Redroban, Carlos L. (2021), "El control gubernamental y las amenazas disruptivas en Ecuador", *Gobierno y Administración Pública*, Vol. 1, No. 2, pp. 88-100. https://doi.org/10.29393/GP2-6CGCR10006

Serrano, José M. (2019), "La economía y la defensa nacional", *Anales de la Real Academia de Ciencias Morales y Políticas*. https://zaguan.unizar.es/record/87823

Setter, Oren & Tishler, Asher (2007), "Theory and application to the US military", *Defence and Peace Economics*, Vol. 18, No. 2, pp. 133-155. https://doi.org/10.1080/10242690600797273

Terziev, Venelin & Nichev, Nikolay (2017), "Main features of the offsets in defense trade", *International E-Journal of Advances in Social Sciences (IJASOS)*. http://ijasos.ocerintjournals.org/en/download/article-file/339256

Tian, Nan, Kuimova, Alexandra, Da Silva, Diego, Wezeman, Pieter & Wezeman, Siemon (2020), "Trends in World Military Expenditure, 2019". *Stockholm International Peace Research Institute*. www.jstor.org/stable/resrep24438

Zárate, Gabriel H. (2021), "Las nuevas amenazas a la seguridad en el contexto latinoamericano", *Revista de la Academia del Guerra del Ejército Ecuatoriano*, Vol. 14, No. 1, pp. 8-8. https://doi.org/10.24133/age.n14.2021.03