

ESBOZO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL EN LA ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"



Editora Académica:
Alexandra Ibargüen Asprilla



EMAVI
SELLO EDITORIAL

Catalogación en la publicación - Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

Esbozo de la Gestión Ambiental en la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

Esbozo de la Gestión Ambiental en la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”/ Editora académica: Ibagüen Asprilla, Alexandra; -Santiago de Cali: Sello Editorial Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” EMAVI; 2025.

162 páginas; ilustraciones col, cuadros, gráficos; 17x24 cm.

Incluye bibliografía al final de cada capítulo

1ra. Edición.

ISBN: 978-628-96705-9-2

ISBN (Digital): 978-628-96705-8-5

1.- Activos ambientales – Colombia 2. Delitos ambientales – Colombia – 3. COP16 -- 4. Gestión ambiental

I. Trujillo Mopan, Fernando (prólogo), II. Ibagüen Asprilla, Alexandra (autor), III. Falla Rubiano, Andrea (autor), IV. Valbuena González, Juan Carlos (autor), V. Jiménez Martínez, Julián (autor), VI. Delgado Bárcenas, Santiago (autor), VII. Rueda Arias, Bryan Camilo (autor), VIII. Gómez Vargas, Gabriela (autor), IX. Bolívar Fernández, Juan Diego (autor), X. Contreras Chica, Miguel Ángel (autor), XI. Sánchez Carvajal, Hernán Felipe (autor), XII. Salazar Bolaños, Erick Brandon XIII. Falla Rubiano, Angie (autor), XIV. Escobar Nieto, Luis Fernando (autor), XV. Colombia. Fuerza Aeroespacial Colombiana. Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” (EMAVI).

333.714 -de 21.

LC QH541.15 IB12 2025

Catálogo SIBFuP 991383022707231

Esbozo de la Gestión Ambiental en la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

© Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” (EMAVI)

©EMAVI Sello Editorial

©Alexandra Ibagüen Asprilla, Andrea Falla Rubiano, Juan Carlos Valbuena González, Julián Jiménez Martínez, Santiago Delgado Bárcenas, Bryan Camilo Rueda Arias, Gabriela Gómez Vargas, Juan Diego Bolívar Fernández, Miguel Ángel Contreras Chica, Hernán Felipe Sánchez Carvajal, Erick Brandon Salazar Bolaños, Angie Falla Rubiano y Luis Fernando Escobar Nieto.

Dirección

Brigadier General Oscar Mauricio Gómez Muñoz

Escuadrón Investigación EMAVI

Carrera 8 # 58-67 (La Base) Cali-Colombia

Teléfono: +57 (2) 488 1000, Ext. 68841

Subdirección

Coronel Luz Stella Franco Yepez

Subdirectora y Jefe de Estado Mayor

Apoyo Gestión de Publicaciones Científicas

PS. Diana María Mosquera Taramuel

diana.mosquerat@emavi.edu.co

Comando Grupo Académico

Teniente Coronel Germán Andrés Arias Cortés

Corrección de Estilo:

Lorena Marcela Bustos Tamayo

Comandante Escuadrón Investigación y Jefe Sello Editorial

Mayor Héctor Fabio Calvo Valencia

Diseño y Diagramación Editorial:

Paola Forero Tamayo

Comandante Escuadrilla de Formación y Desarrollo Investigativo

Teniente Juan Pablo Contreras Sabogal

1ra. Edición: 100 ejemplares

Santiago de Cali, Valle del Cauca, 2025

Publicado en Colombia—Published in Colombia

Contenido relacionado

<https://www.emavi.edu.co/es/investigacion/editorial-emavi>

Las instituciones editoras de esta obra no se hacen responsable de las ideas expuestas bajo su nombre, las ideas publicadas, los modelos teóricos expuestos o los nombres aludidos por los autores. El contenido publicado es responsabilidad exclusiva de los autores, no refleja la opinión de las directivas, el pensamiento institucional de las Universidades editoras, ni genera responsabilidad frente a terceros en caso de omisiones o errores.

El Sello Editorial de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” se adhiere a la filosofía de acceso abierto. Este libro está licenciado bajo los términos de la Atribución 4.0 de Creative Commons, que permite el uso, el intercambio, adaptación, distribución y reproducción en cualquier medio o formato, siempre y cuando se dé crédito al autor o autores originales y a la fuente.

ESBOZO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL EN LA ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"

Editora académica:
Alexandra Ibargüen Asprilla

Autores:

Alexandra Ibargüen Asprilla, Andrea Falla Rubiano, Juan Carlos Valbuena González, Julián Jiménez Martínez, Santiago Delgado Bárcenas, Bryan Camilo Rueda Arias, Gabriela Gómez Vargas, Juan Diego Bolívar Fernández, Miguel Ángel Contreras Chica, Hernán Felipe Sánchez Carvajal, Érick Brandon Salazar Bolaños, Angie Falla Rubiano y Luis Fernando Escobar Nieto.



**FUERZA AEROSPAACIAL
COLOMBIANA**



EMAVI
SELLO EDITORIAL



Consulta nuestras publicaciones también en el
Sistema de Información de Bibliotecas de la Fuerza Pública
- SIBFuP

Citanos:

Ibargüen Asprilla, A. (Ed. académica). (2025). *Esbozo de la Gestión Ambiental en la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”*. EMAVI Sello Editorial.

Palabras clave: Activos ambientales, COP16, delitos ambientales, energía solar, Escuela Militar de Aviación, Fuerza Aeroespacial Colombiana, Gestión ambiental, sostenibilidad.

Agradecimientos

Este libro fue desarrollado gracias al apoyo de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, bajo el liderazgo del Mayor Héctor Fabio Calvo Valencia, Jefe del Escuadrón de Investigación, y de la señorita Diana María Mosquera Taramuel, en su rol de apoyo a la gestión de las publicaciones científicas.

Expresamos un profundo agradecimiento al Mayor General Luis Carlos Córdoba Avendaño, Comandante de la Fuerza Aeroespacial Colombiana; al Brigadier General Edgar Mauricio Falla Vargas, Comandante de Desarrollo Humano; al Brigadier General Edgar Alexander Salamanca Rodríguez, Jefe de Educación Aeronáutica y Espacial; al Brigadier General Oscar Mauricio Gómez Muñoz, Director de la EMAVI; a la Coronel Luz Stella Franco Yépez, Subdirectora de la EMAVI; al Teniente Coronel Germán Andrés Arias Cortés, Comandante del Grupo Académico; y al Capitán Emmanuel Antonio Varela Becerra, Comandante de la Escuadrilla del Programa Profesional ALFA.

Nuestro reconocimiento y agradecimiento especial a la PhD. Andrea Falla Rubiano por su invaluable apoyo en el desarrollo y edición de esta obra. Su conocimiento, paciencia y atención al detalle han sido fundamentales para dar forma a este libro. Agradezco profundamente sus valiosos aportes académicos, así como su generosidad, compromiso y la amistad que hemos construido con el tiempo. Ha sido un privilegio compartir este proceso con alguien cuyo profesionalismo y calidez humana inspiran cada día. ¡Gracias por estar siempre dispuesta a colaborar y enriquecer este proyecto con tu sabiduría!

Agradecemos igualmente al docente de planta, magíster Juan Carlos Valbuena González, y a los TE. Julián Jiménez Martínez, TE. Santiago Delgado Bárcenas, ST. (RA) Bryan Camilo Rueda Arias, ST. Gabriela Gómez Vargas, así como a los Alféreces Juan Diego Bolívar Fernández, Miguel Ángel Contreras Chica, Hernán Felipe Sánchez Carvajal y Erick Brandon Salazar Bolaños, por sus aportes en la construcción de los capítulos del libro.

De igual forma, destacamos la valiosa contribución del docente externo TE. (RA) Luis Fernando Escobar Nieto y de la MSc. Angie Falla Rubiano, quienes, desde su área de conocimiento, enriquecieron el desarrollo de esta obra.

Prólogo

La Constitución Política de la República de Colombia (1991), dentro de su articulado, plantea como un derecho fundamental “a gozar de un ambiente sano” dentro de los derechos colectivos. Este derecho hace relación no a una persona en particular por lo que no se puede sectorizar o parcelar, sino que la situación ambiental es comunicante y extensiva, es decir que se va extendiendo a través del aire, sin que encuentre barreras o diques que pongan término a su propagación. Su límite está señalado por la misma fuerza que la contaminación produce. Además de ser un derecho, el goce del ambiente sano es una obligación del Estado procurar mantener la biodiversidad del ambiente y fomentar la integridad de este.

Las ciencias y el desarrollo tecnológico de las naciones, ha traído a la humanidad además del progreso indubitable, la extensión de una cantidad de gérmenes patógenos que están causando daño a la humanidad. La producción de sustancias tóxicas producto del fenómeno de la industrialización, la tala indiscriminada del sector arbóreo, las fumigaciones con insecticidas y pesticidas para acabar con las plagas de los grandes cultivos, las aguas servidas que se vierten en los ríos, cañadas y mares, la contaminación de manera exagerada producto de la superpoblación de las ciudades, metrópolis, los derechos y demás contaminantes que se vierten al suelo sin ningún tipo de consideración, la explotación de los recursos naturales no renovables y entre ellos, especialmente la explotación de hidrocarburos son apenas pequeñas muestras de las causas u orígenes de la contaminación ambiental, la cual ha ido deteriorando gravemente el medio ambiente propicio para la existencia natural y el logro en los objetivos sociales de la humanidad.

La humanidad en su afán de lograr el aumento de sus ingresos económicos ha ido sacrificando poco a poco el ambiente goce a un ambiente natural y sano, generado graves secuelas en la depreciación de las condiciones del ecosistema. La búsqueda de protagonismo de las potencias mundiales que, por aparecer como las abanderadas de la tecnología, sacrifican no sólo los mares con sus experimentos, sino también las capas atmosféricas, generando un total debilitamiento. Situación en igual sentido de los países subdesarrollados o llamados tercermundistas, que a cambio de su subsistencia han acabado con el ambiente natural, que por consiguiente ha degradado el medio o lo que se denomina el hábitat humano, son apenas unas breves reseñas de las tantas causas que han llevado a los ecólogos a pensar seriamente en una legislación universal sobre la protección del medio ambiente, del ecosistema y una lucha contra la polución que lo agobia y tortura a la población universal.

Al respecto es importante referencias la Declaración de Estocolmo en 1972, cuando se plasmó: “El hombre tiene derecho fundamental a la libertad, la igualdad y adecuadas condiciones de vida, en un medio ambiente de una calidad que permita una vida de dignidad y bienestar” (p. 5).

Esta proclamación del ambiente humano es clara y meridiana en cuanto a los fines que persigue y también en lo pertinente a la clase de derechos que dice amparar. Se observa que al lado de los derechos fundamentales de la libertad, la igualdad en

general y las condiciones necesarias para la vida de las personas aparece reseñado el derecho al medio ambiente, del cual, no simplemente se hace su enunciación, sino que además, se le señala con la condición intrínseca de él que debe estar precedido de una calidad, que haga posible y factible la existencia de las personas para que ellas puedan gozar a plenitud de todos los placeres que la naturaleza le prodiga a la humanidad.

La iniciativa para que los países del mundo tomen conciencia sobre la importancia de la conservación del medio ambiente siempre ha aflorado en los foros nacionales, internacionales, supraestatales, tal es el caso también del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales suscrito por la Asamblea General de las Naciones Unidas en Nueva York el 16 de diciembre de 1966 y ratificado por el Estado colombiano mediante la Ley 74 de 1968, el cual en su artículo 12, dice:

1. Los Estados Partes en el presente Pacto, reconocen el derecho de toda persona al disfrute del más alto nivel posible de salud física y mental.
2. Entre las medidas que deberán adoptar los Estados Partes en el pacto en fin de asegurar la plena efectividad de este derecho, figurarán las necesarias para: b) El mejoramiento en todos sus aspectos de la higiene del trabajo y medio ambiente. (p. 6)

La Declaración de Estocolmo como en el Pacto Internacional de Derechos Económicos Sociales y Culturales, plasman esa estrecha vinculación directa del medio ambiente con el derecho a la vida y a la integridad personal, al bienestar y a la salud física y mental por lo que nadie puede gozar de perfecta salud si hay factores exógenos contaminantes que invaden el ambiente y tornan la naturaleza hostil, frente a la presencia humana. Bien en este sentido, puede afirmarse que de nada sirven las provisiones humanas para gozar de buena salud si el cuerpo no está apto para recibir los embates y las secuelas de la contaminación que hacen impredecible la existencia del hombre sobre la tierra.

El Estado colombiano ha tomado también las medidas pertinentes para frenar el flagelo de la contaminación porque el hombre necesita para vivir de un entorno agradable y placentero, de las condiciones mínimas propicias para que el cuerpo humano tome de la naturaleza, el mejor laboratorio procesador de todas las materias orgánicas, las necesarias para su subsistencia. Tal como se hace referencia en el artículo 49 superior, al señalar que: “Corresponde al Estado organizar, dirigir y reglamentar la prestación de los servicios de salud a los habitantes y de saneamiento ambiental conforme a los principios de eficiencia, universalidad y solidaridad”(p. 7), porque si no hay condiciones naturales de vida, esta no será posible y como se dijo, vendrá inevitablemente la extinción del hombre.

El derecho fundamental al goce del ambiente sano es una obligación del Estado colombiano procurar mantener la diversidad del ambiente y fomentar la integridad de este, porque el ambiente como se sabe es cambiante, no es único en todo el territorio nacional, depende de la geografía, de la climatología y de otros factores atmosféricos que tipifican su conformación. Pero esos cambios son producto de la propia naturaleza que en su laboratorio natural produce y genera todo lo

que el hombre y las demás especies naturales necesitan para su subsistencia, por ello se requiere de la naturaleza y del ecosistema en toda su integridad.

También tiene relación directa con el tema del medio ambiente el artículo 80 constitucional, cuando prescribe que “El Estado planificará el manejo y el aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o justificación. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las acciones legales y exigir la reparación de los daños causados”(p. 8), situaciones plenamente identificadas con el tema que se estudia y se plasma en la presente obra académica desde sus diferentes líneas de investigación en el campo ciencias aeronáuticas de la Fuerza Aeroespacial Colombiana y que serán desarrolladas por parte del Grupo Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”.

El libro titulado *Esbozo de la Gestión Ambiental en la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”* constituye una valiosa contribución académica construida por un equipo interdisciplinario de docentes investigadores, Oficiales, Alféreces y Cadetes. Esta obra se orienta al estudio sistemático de la conservación, el cuidado y el manejo del medio ambiente en el contexto institucional militar, teniendo como eje transversal la biodiversidad y los retos emergentes del cambio climático. Frente al aumento de las temperaturas globales y los patrones climáticos extremos, se hace imperativo repensar las prácticas organizacionales a partir de enfoques sostenibles y responsables.

El libro se caracteriza por integrar diversos aportes de tipo empírico, teórico y metodológico, lo que le otorga profundidad y rigurosidad académica. Cada capítulo refleja un compromiso con la producción de conocimiento desde la práctica institucional, articulando experiencias concretas con marcos conceptuales y propuestas aplicables. La cohesión temática se mantiene a lo largo del texto a través del hilo conductor de la gestión ambiental en la Escuela Militar, mientras que la variedad de enfoques metodológicos empleados en cada investigación enriquece el análisis y fomenta el pensamiento crítico.

Dentro de la temática planteada por la editora del libro, tenemos que dentro de las líneas de investigación a desarrollar se cuenta en el primer capítulo “Aproximaciones sobre el rol que desempeñó la Fuerza Aeroespacial Colombiana en el marco de la COP-16 Cali “Paz con la naturaleza”, para el segundo capítulo se trabajará sobre la “Evaluación de activos ambientales en el comedor del Grupo Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, mientras que, en el capítulo tercero se hablará sobre el “Estudio de viabilidad para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico para las aulas de la Escuela Militar de Aviación”, en el capítulo cuarto, se abordará un “Análisis de la adopción de energía solar en los alojamientos del Grupo Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, en el capítulo quinto se presentará “Propuesta de una dirección para la prevención, capacitación y lucha contra los delitos ambientales en la Fuerza Aeroespacial Colombiana” y finalmente, en el sexto capítulo se hará alusión a “la Gestión Ambiental y Sostenibilidad Crítica”.

Igualmente, en esta obra integral que con lucidez magistral nos brindan los Docentes, Alféreces y Cadetes, se destaca el tema del cuidado y conservación del medio ambiente, si bien es cierto que, en la República de Colombia existen una dependencias como el Ministerio del Medio Ambiente, que son los que trazan los derroteros a nivel nacional, desde el orden regional o departamental tenemos también unos entes administrativos como las Corporaciones Autónomas (CVC), a nivel distrital o territorial tenemos el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) quienes trabajan de manera coordinada en políticas públicas, para lograr que seamos ambientalmente sostenibles y en la educación de las diferentes comunidades comprometidas con la conservación, por ende, se encuentra ampliamente capacitado para atender los problemas para manejar los residuos. Es por ello, que la entidad está encargada de la implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos - (PGIRS), donde este último programa es de vital importancia para las diferentes áreas ya sea familiar, social, cultural o laboral se deben implementar a fin de lograr avances significativos en la conservación del ambiente y coadyuvar en combatir los fenómenos climáticos hacia una conservación del componente tierra.

De igual modo, esta magnífica obra académica en el capítulo I, los autores Alexandra Ibargüen Asprilla, Andrea Falla Rubiano y Juan Carlos Valbuena González destacan la participación de la Fuerza Aeroespacial Colombiana en la COP-16 desarrollada en Cali (Distrito Especial) bajo eje de la protección de la biodiversidad denominada “Paz con la naturaleza”. El rol preponderante de la Institución junto a las otras Fuerzas Militares y de Policía del país: Ejército Nacional, Armada de Colombia y Policía Nacional, fue determinante para confirmar la seguridad de más 900.000 asistentes, jefes de Estado, ministros de ambiente y periodistas de todo el mundo, tanto en eventos cerrados en Gobernación del Valle, Centro de Eventos Valle del Pacífico en el municipio de Yumbo y el Centro Comercial Chipichape y al aire libre en el Bulevar del Río, dieron cuenta de la rigurosidad y meticulosidad en el proceso de planeación, coordinación, puesta en marcha y control del plan de seguridad bajo el lema “Protegemos la biodiversidad con todas nuestras Fuerzas”.

En el capítulo II, los autores Alexandra Ibargüen Asprilla y TE. Jiménez Martínez Julián muestran otra faceta interesante en este libro que corresponde a la actividad en el comedor del Grupo Cadetes en el proceso de transformación de los alimentos y el potencial uso de los residuos orgánicos para la creación de un biodigestor para la generación de biogás compuesto principalmente por metano y CO_2 por la descomposición de bacterias anaeróbicas por la ausencia de oxígeno. Adicionalmente, el material restante del proceso es fertilizante líquido rico en nutrientes que podría utilizarse como abono para las zonas ornamentales de la Unidad Militar.

Por otro lado, en el capítulo III, los autores Alexandra Ibargüen Asprilla y TE. Delgado Bárcenas Santiago abordan la temática ambiental del sistema de energía solar fotovoltaico que se plantea como un aporte a la disminución de contaminación ambiental, se propone que para las aulas del campus académico de la EMAVI estará compuesto por 1.400 paneles, que cubren un área aproximada de 2.800 m^2 , y será capaz de producir 504KWh para satisfacer la demanda del proyecto que corresponde a 464 KWh.

Un gran aporte que se observa es que los paneles fotovoltaicos estarán ubicados en las cubiertas de las aulas del campus académico y en el Aula Máxima (auditorio), para optimizar espacio y evitar posibles efectos sombra causado por árboles, estructuras o agentes cercanos que impidan que la luz solar se obtenga uniformemente.

En el capítulo IV se analiza el consumo de energía de la EMAVI y el pago actual del KWh que equivale a \$430,91, los autores Alexandra Ibargüen Asprilla y ST. Gómez Vargas Gabriela realizan consideraciones referentes a la implementación del sistema fotovoltaico bajo un modelo de compra de energía PPA, el mismo servicio se contrataría por un valor menor, lo que se traduciría en un ahorro del 10%, Sin embargo, si se opta por un modelo de inversión EPC, la Unidad Militar debería realizar una inversión inicial significativa, pero obtendría un retorno de la inversión a los cinco años y medio, recuperando el 100% del capital y alcanzando un ahorro estimado del 18,34 %. También se resalta la reducción de la huella de carbono en las emisiones indirectas por las actividades diarias del personal de Grupo Cadetes por consumo de energía eléctrica genera altas emisiones de GEI.

En el capítulo V, los Alféreces Bolívar Fernández Juan Diego, Contreras Chica Miguel Ángel, Sánchez Carvajal Hernán Felipe y Salazar Bolaños Érick Brandon realizan un análisis de las capacidades con las que debería contar la Fuerza Aeroespacial Colombiana para fortalecer las misiones ambientales en términos de capacitar, prevenir y combatir. Los autores realizan consideraciones entorno a procesos de capacitación en legislación ambiental nacional e internacional, cultura ambiental, planificación y evaluación de riesgos en las misiones y la adopción de medidas preventivas para minimizar los impactos negativos.

Por último, en el capítulo VI, los autores Angie Falla Rubiano y TE. (RA) Luis Fernando Escobar Nieto presentan una discusión sobre la sostenibilidad y la gestión ambiental a partir del panorama presentado por el Foro Económico Mundial sobre los desafíos crecientes de la humanidad debido al cambio climático como consecuencia de las actividades antrópicas del hombre y la búsqueda de equilibrio en el desarrollo económico, social y ambiental.

La obra *Esbozo de la Gestión Ambiental en la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”* ofrece una visión holística de la gestión ambiental institucional, permitiendo al lector comprender tanto la dimensión práctica como la teórica de los desafíos ecológicos contemporáneos. Su enfoque plural, sustentado en la investigación aplicada y el análisis de casos, convierte este libro en una herramienta académica útil para profesionales, investigadores y tomadores de decisiones interesados en sostenibilidad, defensa y gestión pública.

FERNANDO TRUJILLO MOPAN

Catedrático Titular de Derecho Público- Tratadista- Escritor

Especialista en Derecho Administrativo- Constitucional-Contratación Estatal-Servicios

Públicos Domiciliarios

Magíster en Derecho

Candidato a Doctor en Derecho

Tabla de Contenido

	Pág.
<i>Introducción</i>	
<i>Capítulo 1.</i>	<i>12</i>
Aproximaciones sobre el rol que desempeñó la Fuerza Aeroespacial Colombiana en el marco de la COP-16 Cali “Paz con la naturaleza”	13
Alexandra Ibargüen Asprilla, Andrea Falla Rubiano y Juan Carlos Valbuena González	
<i>Capítulo 2.</i>	
Evaluación de activos ambientales en el comedor del Grupo Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”	37
Alexandra Ibargüen Asprilla y Julián Jiménez Martínez	
<i>Capítulo 3.</i>	
Estudio de viabilidad para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico para las aulas de la Escuela Militar de Aviación	57
Alexandra Ibargüen Asprilla, Santiago Delgado Bárcenas y Bryan Camilo Rueda Arias	
<i>Capítulo 4.</i>	
Análisis de la adopción de energía solar en los alojamientos del Grupo Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”	85
Alexandra Ibargüen Asprilla y Gabriela Gómez Vargas	
<i>Capítulo 5.</i>	
Propuesta de una Dirección para la prevención, capacitación y lucha contra los delitos ambientales en la Fuerza Aeroespacial Colombiana	105
Juan Diego Bolívar Fernández, Miguel Ángel Contreras Chica, Hernán Felipe Sánchez Carvajal y Erick Brandon Salazar Bolaños	
<i>Capítulo 6.</i>	
Gestión Ambiental y sostenibilidad crítica	147
Angie Falla Rubiano y Luis Fernando Escobar Nieto	

Introducción

El libro *Esbozo de la gestión ambiental en la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”* se enfoca en las estrategias y prácticas implementadas en la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” para integrar la sostenibilidad en sus operaciones diarias, promoviendo una administración consciente y comprometida con el medio ambiente. A lo largo de sus capítulos, el texto ofrece un análisis detallado de diversas iniciativas ambientales desarrolladas en la base, con un enfoque particular en la evaluación y optimización de los recursos naturales y energéticos.

En el contexto del comedor del Grupo Cadetes, se destaca la importancia de evaluar los activos ambientales, considerando el consumo de energía y agua, así como la generación de residuos. Mediante un análisis riguroso de estos factores, se identifican oportunidades de mejora que no solo optimizan el uso de los recursos, sino que también promueven prácticas sostenibles en el manejo de alimentos y la reducción de desechos. Este enfoque ayuda a crear un entorno más sostenible para los Cadetes y el personal de la escuela.

Adentrándose en las posibilidades de la energía renovable, se analiza la viabilidad de implementar un sistema de energía solar fotovoltaico en las aulas de clase. Se examinan los aspectos técnicos y económicos de esta propuesta, evaluando la inversión inicial y los costos de mantenimiento en comparación con los beneficios a largo plazo, como la reducción de la huella de carbono y el ahorro energético. Este estudio ofrece una visión esperanzadora para la transición hacia fuentes de energía limpia y renovable en la educación militar.

Complementando esta perspectiva, el texto propone la adopción de energía solar en los alojamientos del Grupo Cadetes, presentando un proyecto detallado que considera las necesidades energéticas de los residentes y las condiciones específicas de las instalaciones. La implementación de esta iniciativa no solo tiene el potencial de reducir los costos operativos, sino que también refuerza el compromiso de la base con la sostenibilidad ambiental, al utilizar una fuente de energía menos contaminante y más eficiente.

Por último, se aborda la dimensión operativa de la gestión ambiental mediante la revisión de las misiones de la Fuerza Aérea Colombiana contra delitos ambientales entre los años 2018 y 2022. Se examinan casos de éxito en la protección de recursos naturales, la prevención de la deforestación ilegal y la vigilancia contra la minería no regulada. Estas operaciones destacan el uso de tecnología avanzada y la colaboración interinstitucional como pilares fundamentales en la lucha contra las amenazas ambientales.

En su conjunto, la siguiente investigación ofrece una visión integral de cómo la Base Aérea Marco Fidel Suárez ha incorporado la sostenibilidad en su modelo de gestión, subrayando la importancia de las políticas ambientales en el contexto militar y demostrando que es posible armonizar la operatividad y el respeto por el medio ambiente.

CAPÍTULO 1.

Aproximaciones sobre el rol que desempeñó la Fuerza Aeroespacial Colombiana en el marco de la COP-16 Cali “Paz con la naturaleza”

OD18. Alexandra Ibargüen Asprilla¹

alexandra.ibarguen@emavi.edu.co

Código ORCID: 0000-0001-8117-3154

OD18. Andrea Falla Rubiano, Ph.D²

andrea.falla@emavi.edu.co

Código ORCID: 0000-0002-4277-2143

OD18. Juan Carlos Valbuena González³

juan.valbuena@emavi.edu.co

Código ORCID: 0009-0000-1889-7678

Resumen

Este capítulo tiene como propósito describir las principales características de la participación de la Fuerza Aeroespacial Colombiana en el marco del evento más importante con impacto internacional que se desarrolló en el distrito especial de Santiago de Cali denominado Conferencia de las Partes (COP 16). Se abordarán algunos aspectos relacionados con el origen y desarrollo de este evento, los ejes temáticos que hacen parte de esta reunión, asimismo, los tipos de operaciones desarrolladas, las aeronaves involucradas y el rol preponderante que desarrolló la FAC en conjunto con el Ejército Nacional, la Armada de Colombia, la Policía Nacional, entre otras organizaciones, para lograr que este evento contara con la garantía de estar blindado en términos de seguridad.

Palabras clave: Biodiversidad, Conferencia de las Partes 16 (COP-16), Distrito Especial de Santiago de Cali, Fuerza Aeroespacial Colombiana, Seguridad y Defensa, visibilidad internacional.

1 Tecnóloga en Gestión Ejecutiva, Administradora de Empresas y Magíster en Administración de la Universidad del Valle, Docente de planta de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, Programa de Administración Aeronáutica, Coordinadora del Semillero de Investigación en Logística e Industria Aeronáutica, SILOGA. Curso Método del Caso FAC en INALDE Business School.

2 Licenciada en Filosofía de la Universidad del Valle, Magistra en Educación de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Doctora en Educación de la Universidad de San Buenaventura-Cali. Docente Investigadora de planta del Programa de Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”. Tutora del Semillero de Investigación en Ciencias Militares Aeronáuticas. Curso en Método del Caso FAC en INALDE Business School.

3 Abogado, Conciliador en Derecho, Especialista en Derecho Administrativo, Auditor en Sistemas de Gestión Integrados HSEQ, ISO 9001, ISO 14001, OSHAS 18001-ICONTEC. Magíster en Derecho, Par Académico CNA. Docente de Planta del Programa de Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”. Coordinador Semillero de Investigación en Ciencias Militares Aeronáuticas-SICMA. Curso en Método del Caso FAC en INALDE Business School.

Introducción

La humanidad enfrenta un nuevo desafío, asegurar la supervivencia y calidad de vida en el planeta debido al cambio climático. El cambio climático se refiere a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos (Naciones Unidas, s.f.), aunque estos cambios pueden ser causados por fenómenos naturales como actividad solar o erupciones volcánicas, en la actualidad la aceleración de las condiciones ambientales son consecuencia de las actividades antrópicas del ser humano.

Las actividades humanas y su interacción con el entorno físico (suelo, agua, aire y luz solar) traen consigo efectos sobre organismos vivos como plantas, animales y microorganismos. La intervención significativa del hombre y su comportamiento social cambia, ralentiza o acelera el equilibrio natural de los ecosistemas trayendo consigo problemas medioambientales.

Uno de los problemas medioambientales del siglo XXI es el cambio climático, estrechamente asociado a la agricultura y las actividades relacionadas con el petróleo y el gas considerados como los principales emisores de dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4). El dióxido de carbono y el metano son poderosos gases que atrapan el calor, provienen tanto de fuentes naturales como de actividades humanas y son considerados Gases de Efecto Invernadero (GEI) contribuyentes del calentamiento climático (NASA, 2024).

El calentamiento global es una de las consecuencias de la liberación de los gases de efecto invernadero (GEI) que provoca cambios en los patrones meteorológicos de la Tierra a largo plazo. Estos cambios inesperados en el clima generan problemas como pérdida de hielo marino, aumento del nivel del mar, condiciones meteorológicas extremas como tormentas mayores y sequías prolongadas (National Geographic, s.f.), todo ello; dificulta el ciclo del hábitat del ser humano, la flora y la fauna que desencadena pérdida de biodiversidad y desertificación con impactos negativos a nivel económico y social que deben ser atendidos por los gobiernos de todos los países a nivel mundial.

A partir de estas problemáticas latentes en diferentes países a nivel mundial nace la Conferencia de las Partes (COP) como una cumbre anual de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). La COP es un foro multilateral de toma de decisiones sobre el cambio climático que busca acordar formas de hacer frente a la crisis climática. Una tarea clave es examinar las comunicaciones nacionales y los inventarios de emisiones presentados por las Partes. A partir de esta información, la Conferencia de las Partes evalúa los efectos de las medidas adoptadas por las Partes y los progresos realizados en la consecución del objetivo último de la convención (United Nations, s.f.).

La Cumbre de la Tierra celebrada en 1992 en Río de Janeiro (Brasil) sobre desarrollo sostenible donde se lograron identificar tres procesos naturales en alto riesgo: la desertificación, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático (National Geographic, 2023).

- Desertificación o degradación de las tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas como resultado de varios factores incluidos las variaciones

climáticas y actividades humanas es definida como la reducción o pérdida de la productividad y complejidad biológica o económica de las tierras agrícolas de secano, tierras de cultivo de regadíos, pastizales, bosques y tierras arboladas ocasionada en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas debido a los usos del suelo o procesos de combinación de procesos, incluidos los resultantes de la actividad humana y patrones de poblamiento, tales como la erosión del suelo provocada por el viento y/o agua; el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas o económicas del suelo; y la pérdida a largo plazo de la vegetación natural (IPCC, 2007).

- Biodiversidad. Se describe como “la diversidad dentro de cada especie y entre las especies, así como de los ecosistemas, incluidas las plantas, los animales, las bacterias y los hongos” (Naciones Unidas, s.f.), en este contexto la pérdida de biodiversidad sería considerado como el detrimento masivo de especies animales y vegetales expuestas a la extinción.
- Cambio climático. Se refiere a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos (Naciones Unidas, s.f.), desde el punto de vista meteorológico; alteraciones de las condiciones predominantes atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (IDEAM, s.f.).

A partir de estas problemáticas se crearon tres convenciones, cada una de ellas enfocada a abordar y erradicar cada uno de estos impactos medioambientales, bajo el amparo de las Naciones Unidas.

Historia

La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD) es un acuerdo internacional que busca promover una respuesta global a la desertificación y la sequía. La UNCCD fue adoptada en París el 17 de junio de 1994 y entró en vigor el 26 de diciembre de 1996. Es el único acuerdo internacional vinculante que relaciona el medio ambiente y el desarrollo con el manejo sostenible de los suelos.

La convención se enfoca específicamente en zonas áridas, semiáridas y sub-húmedas y secas, donde se encuentran algunos de los ecosistemas más vulnerables. En el Convenio se destaca el importante papel desempeñado por la mujer en las regiones afectadas por la desertificación o la sequía y la importancia de garantizar a todos los niveles la plena participación de hombres y mujeres en los programas de lucha contra la desertificación y mitigación de los efectos de la sequía (CEPAL-Naciones Unidas, s.f.).

El objetivo de la UNCCD es la adopción de medidas eficaces en todos los niveles, apoyadas por acuerdos de cooperación y asociación internacionales, en el marco de un enfoque integrado acorde con el Programa 21⁴, para contribuir al logro del desarrollo sostenible en las zonas afectadas, por tanto; la lucha contra la desertificación se en-

4. Programa 21 o Agenda 21, es un plan de acción de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) que busca promover el desarrollo sostenible y la preservación del medio ambiente.

tiende como las actividades que forman parte de un aprovechamiento integrado de la tierra de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas para el desarrollo sostenible y que tienen por objeto:

- I. Prevención y reversión de la desertificación: Fomentar una asociación global para prevenir y revertir la degradación de tierras.
- II. Mitigación de los efectos de la sequía: Implementar medidas para reducir el impacto de la sequía en comunidades vulnerables y ecosistemas frágiles.
- III. Gestión sostenible de tierras: Promover estrategias a largo plazo que mejoren la productividad de la tierra y rehabiliten los recursos naturales.
- IV. Participación comunitaria: Involucrar a las comunidades locales en el diseño y la implementación de estrategias, asegurando su sostenibilidad y pertinencia cultural (Naciones Unidas, 1994, p. 5).

La UNCCD también trabaja para lograr la neutralidad en la degradación de tierras, lo que implica equilibrar la cantidad de tierra degradada con la recuperación de áreas mediante prácticas sostenibles. Además, fomenta la colaboración con otras convenciones internacionales como la Convención sobre la Diversidad Biológica y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático para abordar desafíos globales interrelacionados.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica se inspiró en el creciente compromiso de la comunidad mundial con el desarrollo sostenible y representa un avance espectacular en la conservación de la diversidad biológica, el uso sostenible de sus componentes y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos.

La Convención sobre la Diversidad Biológica considera la importancia de la diversidad biológica como un activo global vital para el desarrollo económico y social de las generaciones presentes y futuras. Nace a partir del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) que en noviembre de 1988 convocó al Grupo de Trabajo Especial de Expertos sobre Diversidad Biológica para que estudiara la necesidad de un convenio internacional sobre esta temática. En mayo de 1989, estableció el Grupo de Trabajo Especial de Expertos Técnicos y Jurídicos para que preparara un instrumento jurídico internacional para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica. En febrero de 1991, el Grupo de Trabajo Especial pasó a denominarse Comité Intergubernamental de Negociación. Su labor culminó el 22 de mayo de 1992 con la Conferencia de Nairobi para la adopción del texto acordado del Convenio sobre la Diversidad Biológica (UN environment programme, s.f.).

La Convención se abrió a la firma el 5 de junio de 1992 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (la “Cumbre de la Tierra” de Río). Permaneció abierta a la firma hasta el 4 de junio de 1993, fecha en la que había recibido 168 firmas. La Convención entró en vigor el 29 de diciembre de 1993, es decir, 90 días después de la 30ª ratificación. La primera sesión de la Conferencia de las Partes se programó para el 28 de noviembre y el 9 de diciembre de 1994 en las Bahamas.

Por último, la Conferencia de las Partes (COP) como una cumbre anual de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). La COP es un foro multilateral de toma de decisiones sobre el cambio climático que busca acordar formas de hacer frente a la crisis climática. Una tarea clave es examinar las comunicaciones nacionales y los inventarios de emisiones presentados por las Partes. A partir de esta información, la Conferencia de las Partes evalúa los efectos de las medidas adoptadas por las Partes y los progresos realizados en la consecución del objetivo último de la convención (United Nations, s.f.).

La Cumbre de la Tierra celebrada en 1992 en Río de Janeiro (Brasil) sobre desarrollo sostenible donde se lograron identificar tres procesos naturales en alto riesgo: la desertificación, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático, a partir de esta se crearon tres convenciones, cada una de ellas enfocada a abordar y erradicar cada uno de estos impactos medioambientales, en consecuencia; nace la COP creada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) el 21 de marzo de 1994 para prevenir mediante la acción las intervenciones humanas peligrosas en el medio ambiente (National Geographic, 2023).

La COP tiene como objetivo principal la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que evite interferencias peligrosas con el sistema climático para la adaptación natural de los ecosistemas, garantizar la seguridad alimentaria y promover el desarrollo económico sostenible. Esta Convención tiene como principales objetivos:

- I. Mitigación del cambio climático: reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- II. Adaptación: ayudar a los países a enfrentar los impactos del cambio climático.
- III. Fomento de capacidades y transferencia tecnológica: apoyar a las naciones en desarrollo con recursos y tecnologías para abordar el cambio climático.
- IV. Promoción de la sostenibilidad económica: integrar las medidas climáticas en los programas de desarrollo nacional.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

La COP creada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) el 21 de marzo de 1994 para prevenir mediante la acción las intervenciones humanas peligrosas en el medio ambiente La Convención divide a los países en tres grupos principales según sus diferentes compromisos:

- Las Partes del Anexo I incluyen a los países industrializados que eran miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en 1992, además de los países con Economías en Transición (las Partes EIT), entre ellos la Federación de Rusia, los Estados Bálticos y varios Estados de Europa Central y Oriental.

- Las Partes del Anexo II son los miembros de la OCDE del Anexo I, pero no las Partes en los EIT. Se les exige que proporcionen recursos financieros para permitir que los países en desarrollo realicen actividades de reducción de emisiones en el marco de la Convención y para ayudarlos a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático. Además, tienen que “adoptar todas las medidas posibles” para promover el desarrollo y la transferencia de tecnologías respetuosas del medio ambiente a las Partes en los EIT y a los países en desarrollo. La financiación proporcionada por las Partes del Anexo II se canaliza principalmente a través del mecanismo financiero de la Convención.
- Las Partes no incluidas en el Anexo I son en su mayoría países en desarrollo. La Convención reconoce que ciertos grupos de países en desarrollo son especialmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, incluidos los países con zonas costeras bajas y los propensos a la desertificación y la sequía. Otros (como los países que dependen en gran medida de los ingresos procedentes de la producción y el comercio de combustibles fósiles) se sienten más vulnerables a los posibles efectos económicos de las medidas de respuesta al cambio climático. La Convención hace hincapié en las actividades que prometen responder a las necesidades y preocupaciones especiales de estos países vulnerables, como la inversión, los seguros y la transferencia de tecnología.

Las 46 Partes clasificadas como Países Menos Adelantados (PMA) por las Naciones Unidas reciben una consideración especial en virtud de la convención debido a su capacidad limitada para responder al cambio climático y adaptarse a sus efectos adversos. Se insta a las Partes a que tengan plenamente en cuenta la situación especial de estos al considerar las actividades de financiación y transferencia de tecnología.

- Partes interesadas que no son parte.

Las Organizaciones observadoras se clasifican en tres tipos:

- Sistema de las Naciones Unidas y sus organismos especializados.
- Organizaciones intergubernamentales (OIG) admitidas por la COP.
- Organizaciones no gubernamentales (ONG) admitidas por la COP.
- Otras partes interesadas que no son Partes.

Países participantes

A partir de la entrada en vigor de la CMNUCC los países inicialmente vinculados a la convención fueron 166 e incluyeron a economías industrializadas y en desarrollo. Posteriormente, otros países se fueron adhiriendo hasta alcanzar un total de 198 partes en la convención (197 países y la Unión Europea), distribuidos por continentes así:

África (54 países)

- África del Norte: Argelia, Egipto, Libia, Marruecos, Sudán, Túnez.

- África Occidental: Benín, Burkina Faso, Cabo Verde, Costa de Marfil, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bisáu, Liberia, Malí, Mauritania, Níger, Nigeria, Senegal, Sierra Leona, Togo.
- África Central: Angola, Camerún, Chad, Congo (Brazzaville), Congo (Kinshasa), Gabón, Guinea Ecuatorial, República Centroafricana, Santo Tomé y Príncipe.
- África Oriental: Burundi, Comoras, Eritrea, Etiopía, Kenia, Madagascar, Malawi, Mauricio, Mozambique, Ruanda, Seychelles, Somalia, Sudán del Sur, Tanzania, Uganda, Zambia, Zimbabue.
- África Austral: Botsuana, Esuatini, Lesoto, Namibia, Sudáfrica.

América (35 países)

- América del Norte: Canadá, Estados Unidos, México.
- América Central y el Caribe: Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Belice, Costa Rica, Cuba, Dominica, El Salvador, Granada, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Panamá, República Dominicana, San Cristóbal y Nieves, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía, Trinidad y Tobago.
- América del Sur: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guyana, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay, Venezuela.

Asia (49 países)

- Asia Oriental: China, Corea del Norte, Corea del Sur, Japón, Mongolia.
- Asia Meridional: Afganistán, Bangladés, Bután, India, Maldivas, Nepal, Pakistán, Sri Lanka.
- Asia Sudoriental: Brunéi, Camboya, Filipinas, Indonesia, Laos, Malasia, Myanmar, Singapur, Tailandia, Timor Oriental, Vietnam.
- Asia Central: Kazajistán, Kirguistán, Tayikistán, Turkmenistán, Uzbekistán.
- Asia Occidental (Oriente Medio y Cáucaso): Arabia Saudita, Armenia, Azerbaiyán, Baréin, Catar, Chipre, Emiratos Árabes Unidos, Georgia, Irak, Irán, Israel, Jordania, Kuwait, Líbano, Omán, Palestina, Siria, Turquía, Yemen.

Europa (44 países)

- Europa Occidental: Alemania, Austria, Bélgica, Francia, Liechtenstein, Luxemburgo, Mónaco, Países Bajos, Suiza.
- Europa Oriental: Bielorrusia, Bulgaria, Hungría, Moldavia, Polonia, Rumanía, Rusia, Ucrania, República Checa, Eslovaquia.
- Europa Septentrional: Dinamarca, Estonia, Finlandia, Islandia, Irlanda, Letonia, Lituania, Noruega, Reino Unido, Suecia.

- Europa Meridional: Albania, Andorra, Bosnia y Herzegovina, Croacia, España, Grecia, Italia, Macedonia del Norte, Malta, Montenegro, Portugal, San Marino, Serbia, Eslovenia, Ciudad del Vaticano.

Oceanía (14 países)

- Melanesia: Fiji, Papúa Nueva Guinea, Islas Salomón, Vanuatu.
- Micronesia: Kiribati, Islas Marshall, Micronesia, Nauru, Palaos.
- Polinesia: Samoa, Tonga, Tuvalu, Nueva Zelanda.
- Australia

Desarrollo de la COP-16 por ejes de actuación

Dependiendo del eje de actuación, se realiza la conferencia en un determinado país. Durante el año 2024, se llevaron entonces a cabo dos conferencias, una en Riad, Arabia Saudita y la segunda en Cali, Colombia, para los ejes de desertificación y biodiversidad respectivamente. Y para el eje de cambio climático se había llevado a cabo en Cancún, México, catorce años antes, como se evidencia en la figura a continuación.

Tabla 1. Desarrollo de la COP-16 por ejes de actuación

		
COP Cambio Climático CMNUCC	Biodiversidad	COP Desertificación UNCCD
2010 COP 16 Cancún (México). Se redacta el Acuerdo de Cancún , que formalizan los compromisos establecidos en Copenhague y se crea el Fondo Verde para el clima , especialmente para acciones climáticas en países en desarrollo .	2024. COP 16. Cali (Colombia). Evaluación del progreso en la implementación del Marco Mundial Kunming-Montreal , con énfasis en estrategias nacionales y financiación para alcanzar los objetivos 2030 .	2024 COP 16. Riad (Arabia Saudita) Renovar el compromiso global con la restauración de tierras degradadas , mejorar la resiliencia frente a sequías y promover la gestión sostenible de las tierras . Además, fomentar la colaboración entre gobiernos, empresas y otras partes interesadas , así como la participación del sector privado para impulsar la restauración de tierras, la creación de nuevos empleos verdes y la involucración de jóvenes en estos procesos de restauración.

Fuente: Naciones Unidas (2022).

Para el caso de la conferencia desarrollada en Riad (Naciones Unidas, 2024), fue realizada en el mes de diciembre del año 2024, se señala que la 16ª Conferencia de las Partes (COP16) de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD), ha sido la conferencia más inclusiva hasta esa fecha, por reunir a más de 20.000 participantes. Durante las dos semanas que duró este encuentro, se divulgó que dentro de los mayores logros fruto de la reunión de casi 190 países, se encuentra el compromiso a incentivar la lucha por la restauración de tierras y la resiliencia frente a la sequía a través de las políticas nacionales y de cooperación internacional, estos elementos están relacionados con las garantías frente a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático. Se incluyó además Es necesario, recordar que el siguiente encuentro COP17 se llevará a cabo en Mongolia en 2026. (Naciones Unidas, 2024)

Elección de Colombia como sede de la COP-16

Colombia fue seleccionada como sede de la COP16 debido a su compromiso con la conservación de la biodiversidad y su liderazgo en la agenda ambiental a nivel mundial, además del hecho de ser reconocido como uno de los países del planeta con más biodiversidad (Naciones Unidas, 2024).

Figura 1. *Presentación de imagen y eslogan de la COP16*



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2024).

Figura 2. *Sesión de apertura COP-16 en Cali*

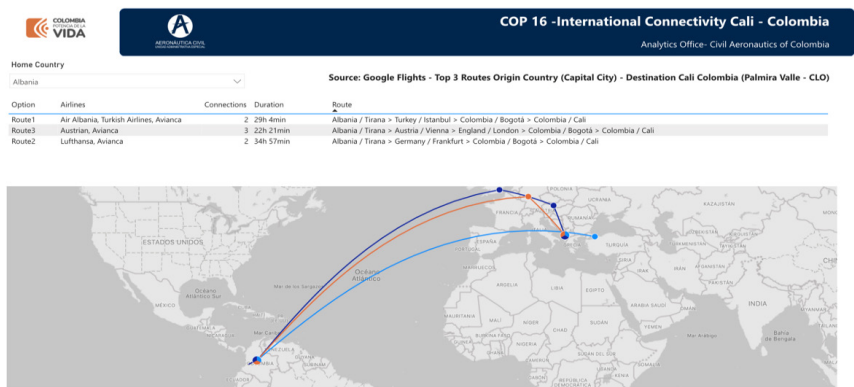


Fuente: COP-16 Colombia, (2024).

La 16ª Conferencia de las Partes de la Convención sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas contará con la participación de 15.000 asistentes, entre ellos, 12 jefes de Estado, 103 ministros o ministras de ambiente y más de 1.000 periodistas de todo el mundo (Naciones Unidas, 2024).

De manera simultánea, el distrito especial de Santiago de Cali fue seleccionado como la ciudad en la que se llevó a cabo la COP 16, porque es la capital del Pacífico Colombiano, uno de los cuatro departamentos que posee mayor biodiversidad del país. Por su ubicación en el suroccidente del país, Cali, es conocido como el Corredor del Pacífico que conecta a los departamentos de Cauca, Valle del Cauca y Nariño.

Figura 3. Rutas de vuelos comerciales hacia la ciudad de Cali



Nota. Conectividad internacional Cali. Fuente: COP-16 Colombia (2024).

Algunos logros históricos alcanzados en la COP-16 Cali para la protección de la biodiversidad (COP-16 Colombia, 2024)

Primero, desde la industria farmacéutica, biotecnológica y agrícola se determinó la creación de un Fondo Cali, con el fin de recolectar recursos económicos del uso de la información genética digital para que se constituya en un banco que sea posteriormente distribuido de forma equitativa. Segundo, la consolidación de un órgano subsidiario para los pueblos indígenas (logro que se replicó en la COP-16 Riad) para preservar y difundir sus saberes tradicionales, innovaciones y prácticas. Tercero, reconocimiento de las comunidades negras como actores en la protección de la biodiversidad, esta visibilidad les permitirá acceder a recursos para financiar y sostener sus iniciativas de gestión sostenible y continuar con su participación en discusiones de impacto global sobre el medio ambiente.

Cuarto, a partir del eslogan atribuido al evento COP-16 Cali “Paz con la naturaleza”, se estructuró una coalición mundial por la Paz con la naturaleza, con la participación de 31 países, la Unión Europea, 40 organizaciones, entre otras, con el fin de llevar a cabo iniciativas en torno a la protección de la biodiversidad. Quinto, se estableció un

acuerdo global, para identificar y proteger áreas marinas en aguas internacionales con impacto ecológico significativo.

Eje del Pacífico – epicentro de la biodiversidad

En Cali, se prepararon dos grandes corredores donde se llevaron a cabo las principales actividades en el marco de este evento. La zona azul y la zona verde, la primera destinada a realizar las reuniones y declaraciones de: Coalición Mundial Paz con la Naturaleza, Declaración de Inírida, Declaración Mundial de Parlamentarios, la segunda fue el epicentro de stands de diferentes organizaciones donde se realizaron presentaciones culturales, artísticas, musicales, además exhibiciones gastronómicas y muestras artesanales. Los stands incluyeron actividades interactivas para la participación de niños, jóvenes y adultos que visitaron el evento.

De manera adicional, debido a la ubicación del evento se dispuso de la zona norte de la ciudad para el alojamiento, algunos sitios de atracción turística, y de manera adicional, la ubicación de restaurantes y bares como es el caso de los sectores de: barrio Chipichape, barrio Granada, barrio El Peñón, barrio San Antonio, entre otros.

Importancia de la Seguridad y la Defensa para el evento: Sinergia de las FF.MM.

“Protegemos la biodiversidad con todas nuestras Fuerzas”

Figura 4. Representantes de las Fuerzas Militares en el marco de conferencias de la COP-16 Cali



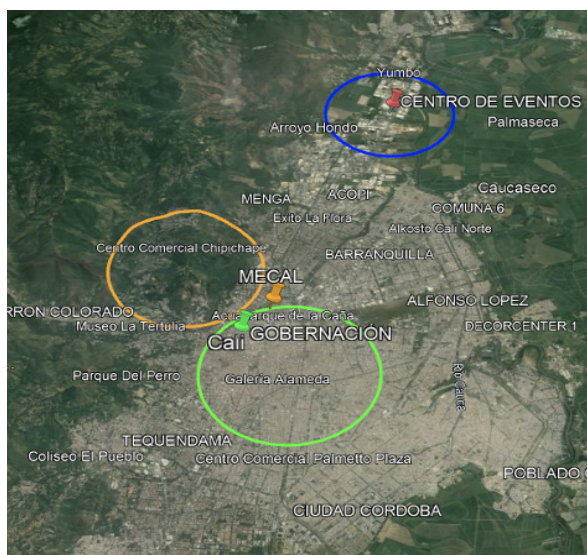
Fuente: Comunicaciones Comando Aéreo de Combate No. 7 (2024).

Debido al conflicto armado interno que padece Colombia desde hace más de 60 años, en los últimos años se han presentado alteraciones del orden público en municipios aledaños al distrito especial de Santiago de Cali como Jamundí. A través de los medios de comunicación se conocen noticias sobre atentados con material explosivo, entre

otros. Por otro lado, también es conocida la modalidad de ataques terroristas por medio de drones, un ejemplo de estas actividades delictivas, son los ataques perpetrados por grupos al margen de la ley en el Departamento del Cauca.

Por lo tanto, se hizo necesario, generar un plan de seguridad para atender estas diversas formas de terrorismo y de esta manera proteger a Cali, específicamente en tres zonas donde se desarrollaron los principales eventos relacionados con la COP-16. En la siguiente imagen se destacan tres círculos: uno de color azul corresponde a la denominada Zona Azul, específicamente al Centro de Eventos Valle del Pacífico, ubicado en el municipio de Yumbo, donde se realizaron los principales encuentros de las Partes y la agenda de las conferencias.

Figura 5. *Círculos de seguridad en el marco de la COP-16 Cali (Yumbo y Cali)*



Nota. El círculo de color naranja, en la zona del Centro Comercial Chipichape y su zona hotelera, así mismo, el barrio Granada, barrio El Peñón y el barrio San Antonio y un tercer círculo o anillo, que correspondió a la denominada Zona verde, donde se ubicaron los stands, la muestra cultural, interacción pedagógica sobre biodiversidad, presentaciones artísticas, muestra gastronómica y comercialización de artesanías, entre otros. Como se muestra en la Figura 5. Fuente: Comando Aéreo de Combate No. 7 (2024) a partir de Google Maps (2024).

Participación de la FAC en la estrategia de seguridad Plan COP-16

- **Zona azul (Yumbo):** El evento principal se desarrolló en el Centro de eventos Valle del Pacífico del 14 de octubre al 02 de noviembre.

Figura 6. Zona de protección azul



Fuente: Comando Aéreo de Combate No. 7 (2024) a partir de Google Maps (2024).

- **Zona verde (Santiago de Cali):** Presencia institucional en el sector del Bulevar del Río en donde estará ubicada la muestra comercial, cultural y artística, con acceso a toda la ciudadanía.

Figura 7. Zona de protección verde

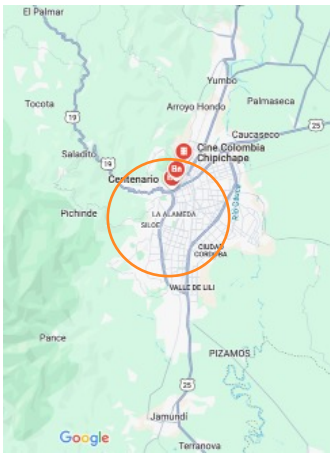


Fuente: Comando Aéreo de Combate No. 7 (2024) a partir de Google Maps (2024).

- **Zona naranja (Santiago de Cali):** Presencia institucional en la zona Hotelera del norte y oeste de la ciudad, en donde se concentra la oferta gastronómica, turística y cultural de la ciudad.

De manera adicional, cada una de estas zonas contó con la presencia de uniformados de la Policía Nacional.

Figura 8. Zona de protección naranja



Fuente: Comando Aéreo de Combate No. 7 (2024) a partir de Google maps (2024).

Es pertinente aclarar que se contó con el refuerzo de un mayor número de uniformados de la Policía Nacional que fueron trasladados durante los días del evento con el fin de brindar apoyo en la seguridad de la ciudad. Y adicionalmente, a las tres zonas de injerencia señaladas, se contó con la vigilancia constante de agentes de tránsito, agentes de policía, patrullas del Ejército Nacional, entre otros, en todo el perímetro urbano del Distrito Especial de Santiago de Cali, Yumbo, Palmira y Jamundí, entre otros, que son los municipios aledaños a la zona del evento.

Preparación de Plan / dispositivo de Seguridad COP-16

Tabla 2. Reuniones y actividades desarrolladas en torno a la seguridad en la COP-16 Cali

Frecuencia	Actividades desarrolladas
Reuniones previas a la COP-16	
Se realizaron 1 vez por semana desde el mes marzo hasta la segunda semana del mes de octubre.	Gestión de riesgo. Coordinación logística. Seguridad de la ciudad. Atención de emergencias y desastres. Control del espacio aéreo.

Fuente: Comando Aéreo de Combate No. 7 (2024).

Entidades y organizaciones participantes de los dispositivos en torno a la seguridad y prevención / atención de desastres

- Ejército Nacional.
- Armada de Colombia.
- Fuerza Aeroespacial Colombiana.

- Policía Nacional.
- Secretaría de Salud, Secretaría de Seguridad y Secretaría de Gestión del Riesgo del Valle del Cauca y del Distrito Especial de Santiago de Cali.
- Bomberos.
- Delegados de la ONU.
- Delegados de Servicios Públicos.

Equipos / aeronaves que hicieron parte del dispositivo de seguridad del Plan COP-16

Tabla 3. Relación de aeronaves de la FAC involucradas en el dispositivo de seguridad en el marco de la COP-16 Cali

Imagen del equipo	Nombre de la aeronave	Misión	Cantidad de misiones	Horas
	A-29	Ataque aire-aire, ataque aire-tierra y entrenamiento avanzado de pilotos	I-3 (3)	4:09
			D-4 (6)	8:01
	AC-47 T	Combate.	D-1 (4)	7:00
			D-4 (4)	4:28
	B-206	Vigilancia y control, transporte, instrucción.	D-4 (12)	13:00
	C-208	Transporte, inteligencia, traslado aeromédico.	D-1 (5)	9:49
			D-4 (1)	1:51
	CN-235	Transporte de pasajeros y de carga	K-1 (12)	26:45
	SR-560	Reconocimiento, búsqueda y rescate.	A-11 (9)	22:23
	SCANEAGL E	Vigilancia y aerofotografía.	D-1 (15)	55:34
TOTAL			71	153:00

Fuente: Comando Aéreo de Combate No. 7 (2024).

Como se puede notar en la Tabla 3, hubo involucradas aeronaves de ala fija y ala rotatoria, asimismo, un Sistema de Aeronave Remotamente Tripulado. Se distingue entre el tipo de aeronave, las misiones tipo que cumple, así como, el número de horas de vuelo empleadas. De manera adicional, también hubo en el evento instalado un centro de comando y control de inhibición de drones, debido a que estos dispositivos se han vuelto una amenaza constante en ataques presentados en el Departamento del Cauca, específicamente, en el Plateado, consolidándose también como una posible amenaza para el evento.

Participación de la FAC en el ámbito académico de la COP-16

Figura 9. Señor Coronel Poveda durante su ponencia en el marco de la COP-16 Cali



Fuente: Comunicaciones Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” (2024).

La participación de la institución se reflejó desde dos líneas: primero, con ponencias, como es el caso del Señor Coronel Guillermo Alberto Poveda, con la ponencia titulada “Uso dual de las capacidades espacial de la Fuerza Aérea Colombiana en protección del medio ambiente”. Segundo, un grupo de 16 Cadetes en la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, participó en el rol de asistentes en una de las conferencias propuestas, en la Cámara de Comercio, ubicada en la Zona Verde, titulada “¿Por qué afrontar los delitos que afectan el ambiente? Presentado por la Cooperación Regional para Enfrentar los Delitos Ambientales (ECOS).

Visibilidad internacional para la FAC y las demás instituciones

“La Fuerza Aeroespacial Colombiana empleará y brindará todas sus capacidades aéreas, espaciales y ciberespaciales con el fin de garantizar el éxito del COP-16 Cali”⁵ (CACOM No. 7, 2024).

El objetivo de la estrategia de seguridad desarrollada por las diez instituciones y organizaciones conformadas por: el Ejército Nacional, la Armada de Colombia, la Fuerza Aeroespacial Colombiana, por parte de las Fuerzas Militares y la Policía Nacional.

5. Objetivo propuesto desde el Comando Aéreo de Combate No. 7 para cumplir con la estrategia de seguridad en el marco de la COP-16 Cali.

Así como, la Secretaría de Salud, la Secretaría de Seguridad y la Secretaría de Gestión del Riesgo del Valle del Cauca y del Distrito Especial de Santiago de Cali, los Bomberos, Delegados de la ONU y Delegados de Servicios Públicos, hicieron posible que el evento desde el ámbito de la seguridad fuese un éxito y se lograra salvaguardar la integridad de todos los asistentes.

Figura 10. *Piloto en la aeronave Bell 206 Ranger*



Fuente: Archivo personal Capitán Garzón (2024) en Unigarro y Virgüez (2025).

El dispositivo para la prevención y atención de desastres estuvo dispuesto, así como, las aeronaves para realizar evacuaciones aeromédicas en caso de necesitarse traslados a centros asistenciales. Sin embargo, todo salió de acuerdo con lo planeado en las reuniones y se cumplió el objetivo de brindar seguridad en el marco de la COP-16 Cali y este logro, permitió la visibilidad de la efectividad de la Fuerza Pública de Colombia y demás instituciones y organizaciones involucradas en el dispositivo.

Actividades académicas desarrolladas como ejercicios de sensibilización para la protección ambiental desde la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

Desde los programas académicos de la EMAVI, los Cadetes tienen la oportunidad durante su proceso de formación de desarrollar salidas académicas, entre ellas, al Parque Tecnológico Alianza Biodiversity International y CIAT, con el objetivo de conocer los aspectos más importantes en el manejo, ahorro y cuidado del medio ambiente, suelo y subsuelo aplicado a las áreas de investigación, gestión ambiental, y derecho constitucional. Bajo los énfasis de conservación de la agrobiodiversidad, seguridad alimentaria, lucha contra la malnutrición, cambio climático y ganadería sostenible. En segunda instancia, a la Planta de Tratamiento de Agua del Río Cali PTAP ubicada en el barrio de San Antonio, Cali. Estos temas hacen parte de los Principios Fundamentales y en los Derechos Colectivos y del Medio Ambiente de

la Constitución Política de Colombia, referente a la protección, ahorro y cuidado del medio ambiente. Aprovechando que EMCALI tiene un programa de Guardianes del Agua, se realiza la visita tras la invitación de la Dra. María Teresa Rentería Gamboa, como profesional del Programa Educativo Ambiental “Guardianes del Agua” de las Empresas Municipales de Cali EMCALI EICE ESP.

Dentro de los objetivos de esta visita académica se encuentra: identificar la clasificación de los recursos naturales y en efecto si el agua como un recurso renovable pueden ser utilizado de manera indefinida. Establecer un manejo adecuado del agua potable. Sensibilizar a los Cadetes en temas de cuidado y preservación ambiental. Incentivar en la comunidad educativa de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” el sentido de pertenencia por la ciudad de Cali.

Conocer y aprender acerca de la utilización racional de los recursos naturales tal como lo ciñe a los artículos: En el apartado Protección de los bienes culturales y los recursos naturales:

Artículo 8 que reza: “Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación”.

En el Capítulo III De los derechos colectivos y del ambiente, el artículo 80 de la Constitución Política Colombiana que a la letra indica: El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

De igual forma, desde la empresa EMCALI EICE ESP nos aclaran la pertinencia de poseer 7 ríos aledaños tales como: Cauca, Cali, Cañaveralejo, Pance, Lili, Aguacatal y Meléndez que surten el propio sistema de potabilización y nos enumeran 6 pasos críticos de dicho proceso con respecto al agua tomada en la cabecera del distrito de Santiago de Cali y son a saber:

- 1. Captación y Conducción:** La bocatoma recibe el agua proveniente del río y retiene las piedras, palos o ramas. Si la bocatoma se encuentra en partes altas, como las de los ríos Cali y Meléndez, se aprovecha la fuerza de la gravedad; de lo contrario se impulsa a través de bombas eléctricas como en el caso del agua captada al río Cauca.
- 2. Tratamiento de Agua Potable:** El proceso de tratamiento del agua incluye agregarle carbón activado a su paso por el tanque desarenador, para eliminar los contaminantes; luego se distribuyen los caudales a tratar en proporciones iguales y se agrega cloro líquido al agua y sulfato de aluminio como coagulante. Posteriormente es filtrada, clorada nuevamente y estabilizada en su pH por medio de cal dosificada.

3. **Impulsión:** Para entregar el agua a la ciudad, las plantas de tratamiento ubicadas en partes altas utilizan la fuerza de gravedad, y las que se encuentran en la zona plana lo hacen por medio de poderosas bombas eléctricas que impulsan el agua a través de unas tuberías principales que luego se dividen en una red de tuberías interconectadas, que abarcan toda la ciudad.
4. **Almacenamiento:** Para garantizar la cantidad y continuidad del abastecimiento de agua, se almacena una importante cantidad en tanques cubiertos, ubicados en distintas partes de la ciudad, desde donde se puede distribuir a la comunidad a través de la misma red.
5. **Distribución:** Es el proceso de transporte del agua desde el tanque de almacenamiento hacia las viviendas mediante un conjunto de tuberías llevadas por una red de impulsión y distribución, y
6. **Recolección y tratamiento de aguas residuales:** En Colombia sólo el 4% del agua residual que se vierte a los cuerpos de agua está siendo tratada. Cali posee una planta de tratamiento de aguas residuales, diseñada para manejar el 70% de las aguas servidas al Municipio. Canalizando hacia ella toda la red de alcantarillado, se espera resolver al máximo la carga contaminante que genera la ciudad.

Así como se realizan visitas académicas, en el marco del desarrollo de los Semilleros de Investigación de los Programas Académicos de la EMAVI, y para el caso del Semillero de Investigación en Ciencias Militares Aeronáuticas (SICMA) se realizan ejercicios de tutorías y acompañamiento al personal de Cadetes en sus trabajos de grado, también se convocan expertos a nivel nacional e internacional, con el fin de dilucidar temas de interés, fue así, como durante el año 2023 y en virtud de los semilleros de investigación dos estudiantes optaron por generar un trabajo de grado de protección del medio ambiente titulado: *Diseño de una Estrategia de cultura de Protección del Medio Ambiente dirigida a los Alféreces y Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”* y en su momento el SBR. Espinel Medina Daniel Mauricio y el SBR. Silva Arboleda Felipe al sustentar el Proyecto de grado para optar al título de Profesional en Ciencias Militares Aeronáuticas detentó la categorización de “Trabajo Laureado”.

Paso seguido, el trabajo de grado reunió una serie de palabras claves que califican la importancia de la protección del medio ambiente. Veamos: Educación Ambiental, Cultura Ambiental, Medio Ambiente, Protección, Sostenibilidad. Y cuya descripción por parte de sus autores es la siguiente:

Este trabajo de grado tuvo como objetivo general diseñar una estrategia de cultura de protección del medio ambiente, dirigida a los Alféreces y Cadetes de la EMAVI. Se realizó con el objetivo de ponderar el conocimiento y práctica del personal en cuanto a cultura ambiental, con respecto a los resultados explicar el porqué de estos, y, por último, buscar líneas de acción que permitan, a través del tiempo y de su implementación, una mejora constante hasta llegar al punto en el que el cuidado y preservación sea una acción inherente en su actuar y correctamente desarrollada por el personal de Alféreces y Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” (Espinel y Silva, 2023).

Se considera entonces esta práctica llevada a cabo en los Semilleros de investigación da frutos, como es el caso reseñado anteriormente y sobre todo bajo la consigna que dos jóvenes que desean y escojan aplicar dentro de su trabajo de grado temáticas alusivos a la protección ambiental es sustantivamente positivo.

Referencias bibliográficas

- CEPAL-Naciones Unidas. (s.f.). *Observatorio del Principio 10 en América Latina y el Caribe. Convención Internacional de Lucha Contra la Desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación en particular en África*. <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratado/convencion-internacional-lucha-la-desertificacion-paises-afectados-sequia-grave-o>
- COP 16 Colombia. (2024). *Conectividad Internacional Cali*. <https://www.cop16colombia.com/es/conectividad-internacional-cali/>
- COP 16 Colombia. (2024). *Logros Históricos de la COP 16*. https://www.cop16colombia.com/es/wp-content/uploads/2024/11/Inf_COP16_Logros_Historicos-2-1.pdf
- COP 16 Colombia. (2024). *Agenda COP 16 Colombia*. <https://www.cop16colombia.com/es/>
- Espinel, D.; Silva, F. (2023). *Diseño de una Estrategia de cultura de Protección del Medio Ambiente dirigida a los Alféreces y Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”*. [Tesis de pregrado] Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”.
- IDEAM. (s.f.). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Obtenido de Conceptos básicos de cambio climático*. <http://www.cambioclimatico.gov.co/otras-iniciativas>
- IPCC. (2007). *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*. Obtenido de PCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007: https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/es/annexsanexo-1.html
- Naciones Unidas. (1994). *Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación en los países afectados por sequía grave o Desertificación, en particular en África*. París: Naciones Unidas.
- Naciones Unidas. (s.f.). *Convention Biological Diversity*. Obtenido de <https://www.cbd.int/>
- Naciones Unidas. (s.f.). *¿Qué es el cambio climático?*. Obtenido de Acción por el clima: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- National Geographic. (30 de noviembre de 2023). *Cuál es el origen de la COP, una de las conferencias más importantes sobre cambio climático*. <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2023/11/cual-es-el-origen-de-la-cop-una-de-las-conferencias-mas-importantes-sobre-cambio-climatico>

UN environment programme. (s.f.). *Convention on Biological Diversity*. Obtenido de Historia de la Convención: <https://www.cbd.int/history>

Unigarro, S. y Virgüez, S. (2025). *Análisis de la funcionalidad del helicóptero Bell 206 Ranger en el marco operacional durante los años 2020 a 2024*. [Tesis de pregrado]. Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”.

United Nations. (s.f.). *Conferencia de las Partes (COP)*. Obtenido de Conferencia de las Partes (COP): <https://unfccc.int/es/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-cop>

United Nations. (2024). *Colombia acoge la cumbre mundial de la biodiversidad COP 16*. <https://news.un.org/es/story/2024/10/1533621#:~:text=Colombia%20fue%20seleccionada%20como%20sede,del%20planeta%20con%20m%C3%A1s%20biodiversidad.>

Anexos:

Convenciones a nivel mundial

COP Cambio Climático CMNUCC	COP Diversidad Biológica CDB	COP Desertificación UNCCD
		
1995 COP 1. Berlín (Alemania) Los países firmantes acuerdan reunirse anualmente para mantener el control sobre el calentamiento global y alertan de la necesidad de reducir las emisiones de gases contaminantes.	1994 COP 1. Nassau (Bahamas) Establecer las primeras decisiones operativos del CDB, incluyendo el Fondo para el Medio Ambiente Mundial como mecanismo financiero y el Programa de Trabajo Inicial.	1997 COP 1. Nairobi (Kenia) Establecer las estructuras y mecanismos operativos de la convención y promover el compromiso internacional para la conservación de tierras.
1997 COP 3. Kioto (Japón) Se adopta el Protocolo de Kioto con el compromiso de reducir las emisiones de Gases Efecto Invernadero en los países industrializados.	1995 COP 2. Yakarta (Indonesia) Preparación del Protocolo de Cartagena, que se centraría en la bioseguridad y el manejo de organismos vivos modificados.	2007 COP 8. Madrid (España) Priorización de la integración de la lucha contra la desertificación con los Objetivos de Desarrollo del Milenio y se buscaron soluciones prácticas a nivel local.

COP Cambio Climático CMNUCC	COP Diversidad Biológica CDB	COP Desertificación UNCCD
2007 COP 13. Bali (Indonesia) Se establece un calendario de negociaciones para un nuevo acuerdo internacional que sustituya al Protocolo de Kioto que incluya a todos los países no solo los industrializados.	1996 COP 3. Buenos Aires (Argentina) Evaluación de la implementación del convenio sobre la conservación de la biodiversidad, uso sostenible de sus componentes y distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos.	2011 COP 10. Changwon (Corea del Sur) Establecer compromisos claros sobre financiamiento y colaboración internacional para restaurar tierras degradadas, así como fortalecer el enfoque en la adaptación y mitigación del cambio climático.
2009 COP 15. Copenhague (Dinamarca) Se marca el objetivo global de mantener el calentamiento global por debajo de 2°C y los países desarrollados se comprometen a financiar a largo plazo a los países en desarrollo.	1998 COP 4. Bratislava Fortalecimiento de programas mundiales para consolidar las acciones dirigidas a ecosistemas clave, con un enfoque en mejorar la gestión y conservación de la biodiversidad global.	2015 COP 12. Ankara (Turquía) Evaluar el progreso en la implementación de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible, con particular atención a la desertificación, degradación de tierras y sequía.
2010 COP 16. Cancún (México) Se redacta el Acuerdo de Cancún, que formalizan los compromisos establecidos en Copenhague y se crea el Fondo Verde para el clima, especialmente para acciones climáticas en países en desarrollo.	2010 COP 10. Nagoya (Japón) Adopción Protocolo de Nagoya sobre acceso y participación en los beneficios y el Plan Estratégico para la Biodiversidad 2011-2020.	2019 COP 14. Nueva Delhi (India) Impulsar la acción local y fortalecer la cooperación internacional en la implementación de medidas concretas para restaurar tierras degradadas y mejorar los medios de vida de las personas afectadas.
2012 COP 18. Doha (Qatar) Se acuerda extender el Protocolo de Kioto hasta el 2020. Algunos países como EE. UU, China, Rusia, Canadá no respaldan la prórroga.	2022 COP 15. Montreal (Canadá) Marco Global de Biodiversidad Kunming-Montreal. Garantizar para 2050 valorar, conservar, restaurar y utilizar la biodiversidad de manera sostenible para promover el bienestar humano y asegurar el equilibrio con la naturaleza.	2022 COP 15. Abidján (Costa de Marfil) Establecer nuevas metas globales en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente para combatir la desertificación, restaurar tierras degradadas y fortalecer las capacidades locales.
2015 COP 21. París (Francia) Se acuerda unánimemente el Acuerdo de París para mantener el calentamiento global por debajo de 2°C respecto a la era preindustrial y continuar los esfuerzos para limitarlo en 1,5°C.	2024. COP 16. Cali (Colombia) Evaluación del progreso en la implementación del Marco Mundial Kunming-Montreal, con énfasis en estrategias nacionales y financiación para alcanzar los objetivos 2030.	2024 COP 16. Riad (Arabia Saudita) Renovar el compromiso global con la restauración de tierras degradadas, mejorar la resiliencia frente a sequías y promover la gestión sostenible de las tierras.

COP Cambio Climático CMNUCC	COP Diversidad Biológica CDB	COP Desertificación UNCCD
		Además, fomentar la colaboración entre gobiernos, empresas y otras partes interesadas, así como la participación del sector privado para impulsar la restauración de tierras, la creación de nuevos empleos verdes y la involucración de jóvenes en estos procesos de restauración.
2016 COP 22. Marrakech (Marruecos) Se adoptó la hoja de ruta para la implementación del Acuerdo de París y un marco que impulsa la participación de la sociedad civil en el proceso multilateral de acción climática: la “Alianza de Marrakech”.		
2017 COP 23. Bonn (Alemania) Avance en las reglas del Acuerdo de París y se afianzó las alianzas de la sociedad civil y las plataformas colaborativas multiagente para promover la acción climática y se lanza el “Diálogo de Talanoa”.		
2018 COP 24. Katowice (Polonia) Se acordó marco técnico para el Acuerdo de París y se presentan resultados del “Diálogo de Talanoa”.		
2019 COP 25. Madrid (España) Se consolidan conversaciones multilaterales en torno al escenario de 1,5°C y se impulsaron alianza por parte de la sociedad civil y de gobiernos para movilizar la acción climática a corto y largo plazo.		
2021 COP 26. Glasgow (Escocia) Dio origen al Pacto Climático de Glasgow (guías de acción política acordadas entre países para mantener vivo el escenario de 1,5°C) y se reforzaron mensajes en torno a la necesidad de una transición energética justa.		

COP Cambio Climático CMNUCC	COP Diversidad Biológica CDB	COP Desertificación UNCCD
2023 COP 28. Dubái (Emiratos Árabes Unidos) Se logra un acuerdo positivo para impulsar la transición energética y por primera vez se hace un llamamiento expreso al abandono de combustibles fósiles bajo condiciones estrictas; acelerar la acción climática para emisiones netas cero a 2050 y triplicar la capacidad renovable y duplicar las mejoras de eficiencia energéticas para el 2030.		

Fuente: Elaboración propia, 2025.

CAPÍTULO 2.

Evaluación de activos ambientales en el comedor del Grupo Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

OD18. Alexandra Ibargüen Asprilla⁶

alexandra.ibarguen@emavi.edu.co

Código ORCID:0000-0001-8117-3154

TE. Jiménez Martínez Julián⁷

julian.jimenez@fac.mil.co

Resumen

Este capítulo presenta una investigación descriptiva con enfoque cuantitativo, orientada a evaluar la gestión de los activos ambientales en el comedor del Grupo Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” (EMAVI). El estudio analiza los residuos generados en las fases de entrada, procesamiento y salida de alimentos, con el objetivo de proponer estrategias sostenibles para su manejo. La metodología se fundamenta en el método de análisis e incorpora técnicas como la observación directa, diálogos informales al ecónomo y personal de cocina más la revisión documental de normativas institucionales. Esta triangulación metodológica permitió caracterizar el funcionamiento del comedor y cuantificar los residuos sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos. Los resultados evidencian que, si bien existen prácticas establecidas para el manejo de residuos, persisten debilidades en la separación en la fuente, especialmente en la etapa de consumo. Esta situación incrementa el volumen de desechos y los costos asociados a su recolección. A partir del diagnóstico, se proponen acciones como la implementación de un sistema de clasificación por código de colores, campañas de sensibilización, incorporación de biodigestores, prácticas de compostaje y la entrega de residuos orgánicos a terceros para alimentación animal.

Palabras clave: activos ambientales, biomasa, biodigestor, desechos orgánicos e inorgánicos.

Introducción

Este capítulo presenta una evaluación de los activos ambientales en el comedor del Grupo Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” (EMAVI), entendidos como aquellos recursos naturales que, al ser incorporados en procesos

⁶ Tecnóloga en Gestión Ejecutiva, administradora de empresas y magister en administración de la Universidad del Valle, Docente de planta de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, Programa de Administración Aeronáutica, Coordinadora del Semillero de Investigación en Logística e Industria Aeronáutica, SILOGA. Curso Método del Caso FAC en INALDE Business School

⁷ Administrador Aeronáutico y profesional en Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, Piloto Equipo A-29B, Diplomado Básico de Combate, Comandante Elemento Básico en el Comando Aéreo de Combate No. 2 – CACOM-2

institucionales, generan impactos ambientales cuantificables. En este contexto, se consideran activos ambientales tanto los alimentos como los residuos derivados de su gestión, en la medida en que forman parte de un sistema que interrelaciona las dimensiones ambiental y económica, en concordancia con los lineamientos de las cuentas ambientales del DANE (2017) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La investigación se enmarca en un enfoque empírico-aplicado, con orientación descriptiva y cuantitativa, que permite caracterizar el funcionamiento del comedor institucional y analizar los impactos generados en las fases de entrada, procesamiento y salida de alimentos. A partir de esta caracterización, se busca identificar oportunidades de mejora en la gestión de residuos sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos, y formular estrategias sostenibles para su disposición y aprovechamiento.

El estudio se apoya en fuentes primarias y secundarias, incluyendo diálogos informales con el ecónomo y personal de cocina, observación directa de los procesos y revisión de normativas institucionales y ambientales. La información recolectada se analiza bajo criterios de validez y confiabilidad, garantizando la rigurosidad metodológica del trabajo. Cabe señalar que parte de la información utilizada posee distintos niveles de confidencialidad, conforme a la Directiva Permanente No. 084/CGMF-JEMC-JEIMC-DIASI 23.1, relativa al manejo de información en unidades militares (MINDEFENSA, 2015).

Revisión de literatura

Antes de hablar de los activos ambientales resulta de vital importancia abordar el entorno en que se encuentran, el medio ambiente. Según el Informe de la Comisión Brundtland “el medio ambiente es el compendio de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que influyen en la vida material y psicológica del hombre y en el futuro de generaciones venideras (Naciones Unidas, 1987), por lo cual, el medio ambiente es un sistema en el que se encuentran elementos naturales y artificiales, y en dicho entorno se presentan diferentes interrelaciones.

Para saber cómo se relacionan los factores del medio ambiente, se valorarán los recursos naturales. Cerda, Vásquez & Orrego (1997) en su artículo Valoración Económica de Bienes Ambientales establecen que “la economía se refiere a los bienes ambientales, de manera global se está haciendo referencia a los recursos naturales; éstos son clasificados desde diferentes concepciones teóricas” (p. 10), entre las categorías se encuentra la expuesta por Aguiar y Álvarez (2015) en su artículo también titulado Valoración Económica de Bienes Ambientales, en la cual se describe cada grupo:

a) Recursos naturales renovables. Se incluyen en esta categoría la energía solar, los ciclos biológicos y biogeoquímicos (el ciclo del carbono, el del nitrógeno y el de la fotosíntesis, entre otros); igualmente, se incluyeron los bosques en sus procesos de tala y reforestación, las poblaciones de animales y plantas que han tenido un buen manejo ambiental (como la caza y la pesca) y las aguas con vertimientos que pueden tratarse y reutilizarse fácilmente.

b) Recursos naturales no renovables. Hacen parte de este grupo los combustibles fósiles, los minerales, los bosques tropicales talados sin reposición (o cuando la tasa de deforestación es mayor que la de reforestación), y los componentes de la fauna y flora utilizados de manera incontrolada por el hombre.

c) Recursos naturales abstractos. Estos por su parte están conformados por las especies animales, la flora y fauna que, junto con el paisaje natural, se utilizan para actividades de ocio, para darle rienda suelta a la capacidad de asombro y para el esparcimiento turístico, como ocurre con la conservación de parques y reservas naturales, donde se quiere preservar las especies allí asentadas (p. 5).

Carlos Romero (1994) en su libro *Economía de los recursos ambientales y naturales* expone el siguiente concepto “los recursos naturales son factores que, afectando a los procesos de producción y consumo tiene su origen en fenómenos o procesos naturales que escapan del control del hombre” (p. 215). Entendiendo que los activos ambientales son de vital importancia para el medio ambiente, ya que brindan sustento o apoyo a la vida que se encuentre en estos escenarios, siendo imprescindibles para la sostenibilidad, pero a su vez, estos activos ambientales tienen una fase final catalogada como residuos.

Revisando el tema de los activos ambientales podemos encontrar diferentes autores que hacen referencia a ellos como elementos vitales para la preservación de la vida, es por ello que Jerónimo Aznar y Vincent Estruch (2020) establecen su importancia y los definen como “activos naturales definidos como territorios físicos o espacios físicos que sustentan determinado tipo de ecosistemas y que ofrecen bienes y servicios ambientales” (p. 11), teniendo en cuenta esta definición el comedor del Grupo Cadetes se podrá entender como un ecosistema donde los alimentos son activos ambientales que sustenta a la población de Cadetes de la EMAVI.

Entonces, al reconocer un medio ambiente, algunas características especiales, como se desarrollan las diferentes interacciones al interior de este, se podrán plantear que el comedor del Grupo Cadetes se desempeña como un medio ambiente, en el cual interactúan personal de Cadetes situados en el entorno específico, diseñado para realizar la ingesta de alimentos. El comedor funciona como el entorno que proveer el espacio óptimo y los recursos necesarios para que el personal interactúe con él y el manejo que se les da a los activos ambientales alimentos que se adquieren, transforman y entregan a los usuarios, al igual que el manejo de los residuos.

Los residuos se clasifican en orgánicos e inorgánicos. Según el Manual para el manejo de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos de la plaza minorista José María Villa del municipio de Medellín. “Los orgánicos son aquellos que provienen de organismos vivos como plantas y animales, quienes contienen compuestos orgánicos producidos por la naturaleza y que se descomponen biológicamente por la acción de microorganismos o agentes fisicoquímicos a condiciones normales, mientras los inorgánicos son aquellos que por sus características fisicoquímicas no presentan degradación mediante la acción biológica” (CORANTIOQUIA, 2000).

Otra definición sobre los residuos es la que aporta Gutiérrez Rojas (2012), quien los clasifica en dos tipos: orgánicos e inorgánicos. Los residuos orgánicos se caracterizan por ser biodegradables, es decir, se descomponen de manera natural y rápida, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Entre ellos se encuentran los restos de comida, frutas y verduras, sus cáscaras, carne y huevos. Por su parte, los residuos inorgánicos son aquellos que, debido a sus características químicas, presentan una descomposición natural muy lenta. Muchos de ellos, aunque de origen natural, no son biodegradables, como ocurre con los envases plásticos.

De acuerdo con Campins Eritja (1994), “el término residuo comprende todo bien u objeto que se obtiene a la vez que el producto principal e incluye tanto los que han devenido inprovechables (‘desechos’), como los que simplemente subsisten después de cualquier tipo de proceso (‘restos’ o ‘residuos’ propiamente dichos)” (p. 27). Asimismo, los Cuadernos divulgativos en materia de residuos consideran como residuo “todo producto, material o elemento que, tras su producción, manipulación o uso, no posee valor de mercancía en unas condiciones históricas, técnicas y económicas (espacio y tiempo) determinadas” (CAM, 1987).

Por otro lado, está el manejo de los residuos que son generados por los alimentos, ya que siempre ha existido una preocupación del hombre por su salud y conocer que alimentos podían suponer riesgo, esto supone que los alimentos y desechos que estos generan tienen repercusión en los seres humanos, por lo tanto, el manejo debe ser el adecuado para asegurar la inocuidad. La inocuidad de los alimentos puede definirse como el conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos para asegurar que una vez ingeridos, no representen un riesgo para la salud (Minsalud, 2021).

Sara Rodríguez (2011) en su artículo *Residuos sólidos en Colombia: su manejo es un compromiso de todos*, establece conceptos puntuales sobre el manejo de los residuos sólidos y desechos o basura “los residuos sólidos han sido descritos como aquellos resultantes que mediante cualquier forma de aprovechamiento se reincorporaran al ciclo económico, mientras que basura es lo que no se aprovecha, no reingresa al ciclo económico y va a disposición final”, lo que podríamos interpretar como que gran parte de los residuos sólidos generados por actividades humanas son potencialmente aprovechables.

A nivel mundial el sistema de disposición final de basuras o desechos más utilizado es el relleno sanitario. El relleno sanitario es el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-, 2020).

En Colombia, las políticas nacionales para manejar los residuos sólidos se encuentran en armonía con los lineamientos internacionales que propenden de la disminución

del problema del medio ambiente y de la sociedad, por la creciente generación de residuos, siendo prioritaria desde el punto de vista ambiental. La política nacional para la gestión de residuos sólidos se fundamenta, principalmente, en la Constitución colombiana de 1991, la Ley 99 de 1993, la Ley 192 de 1994 y el documento CONPES 2750 del Ministerio del Medio Ambiente (Rodríguez, 2011).

Esta normativa tiene como objetivo minimizar la cantidad de residuos que se generan, aumentar la capacidad de aprovechamiento racional y el mejoramiento de los sistemas de eliminación, tratamiento y disposición de residuos sólidos, aunque los residuos tienen diferentes manejos según la región geográfica, puesto que cada una contempla diferentes normas, se mantiene la reglamentación nacional. Teniendo como referente la normativa nacional cada departamento tiene disposiciones específicas para el manejo de los residuos, según el tipo, para potenciar los residuos aprovechables, reciclables y reutilizable.

En el departamento del Valle del Cauca, hay entes administrativos como el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) que trabaja para lograr que la ciudad sea ambientalmente sostenible y en la educación de los ciudadanos comprometidos con la conservación, por ende, se encuentra ampliamente capacitado para atender los problemas para manejar los residuos. Es por ello, que la entidad está encargada de la implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos - (PGIRS) en Cali.

En la EMAVI se rige por regulaciones ministeriales que se deben acatar en la ejecución de actividades y procedimientos o protocolos en el comedor del Grupo Cadetes. Actualmente, la partida alimentaria de los Cadetes se rige bajo la Resolución 1976 de 2018 del Ministerio de Defensa Nacional, por la cual se señala y fija el monto de la partida diaria de alimentación para el personal de soldados e infantes de marina, Alféreces, guardiamarinas, pilotines, Cadetes, alumnos de las escuelas de formación de Suboficiales de las Fuerzas Militares, Agentes y Auxiliares de la Policía Nacional y Oficiales y Suboficiales de la Fuerza Pública.

La Resolución 2400 de 1979 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. En el capítulo V Evacuación de residuos o desechos, donde se establece el manejo para la recolección o acumulación de los desperdicios o basuras susceptibles de descomposición y que pueden llegar a afectar la salud de los colaboradores, los procedimientos para la evacuación y eliminación bajo las disposiciones higiénico-sanitarias y las medidas de limpieza y protección de los empleados que manipulan estos materiales.

La Resolución 2674 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social tiene por objeto establecer los requisitos sanitarios que deben cumplir las personas naturales y/o jurídicas que ejercen actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos y materias primas de alimentos y los requisitos para la notificación, permiso o registro sanitario de los alimentos, según el riesgo en salud pública, con el fin de proteger

la vida y la salud de las personas y que estas disposiciones se aplican en todo el territorio nacional.

El Decreto 4741 de 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial que regula parcialmente la prevención y manejo de los residuos peligrosos generados en la gestión integral. Este decreto busca prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos y regular el manejo de los residuos generados para proteger la salud humana y el ambiente. Las disposiciones del decreto se aplican en el territorio nacional a las personas que generen, gestionen o manejen residuos o desechos peligrosos.

El Plan de Gestión Ambiental de la ciudad de Cali como instrumento de articulación para la planeación de largo plazo para el territorio caleño que permite organizar y orientar la gestión ambiental construida por los actores estratégicos de diversos sectores, todo ello se encuentra alineado con norma nacional y la Constitución Política de Colombia en los artículos 8, 79, 80 y 81, donde se manifiesta que toda organización deberá proteger el medio ambiente y propender porque sus trabajadores protejan los recursos naturales, así como la construcción de la Política Ambiental y la implementación de programas ambientales.

Por último, es relevante mencionar el PGIRS como elemento de unión de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades, encaminadas a dar un tratamiento adecuado a los residuos generados de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, y desde el punto de vista ambiental e industrial mirar las posibilidades de su recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final. Este plan, comprende las operaciones de recogida, almacenamiento, transporte, tratamiento y eliminación o transformación necesaria para la reutilización o reciclaje (Alcaldía de Cali, 2020).

Metodología

La presente investigación es de tipo descriptivo-aplicado, con un enfoque cuantitativo, orientado a caracterizar el funcionamiento del comedor del Grupo Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” (EMAVI) y evaluar el impacto ambiental derivado del uso de activos ambientales, especialmente los residuos generados en las fases de entrada, procesamiento y salida de alimentos (Guevara, Verdesoto, & Castro, 2020).

Se empleó el método de análisis, que permitió descomponer el sistema alimentario institucional en sus componentes operativos, identificar puntos críticos de generación de residuos y proponer estrategias de mejora (Rodríguez & Pérez, 2017). El enfoque de investigación es cuantitativo, este utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Las técnicas de recolección de información incluyeron la observación directa de los procesos desarrollados en el comedor del Grupo Cadetes, lo cual permitió registrar prácticas de manejo de alimentos y residuos, así como procedimientos logísticos, operativos y normativos. Esta observación fue complementada por diálogos informales

con el ecónomo y el personal de cocina, quienes facilitaron la comprensión detallada del funcionamiento cotidiano del sistema alimentario.

Asimismo, se llevó a cabo una revisión documental de fuentes secundarias relevantes, como normativas institucionales (Resolución 1976 de 2018; Resolución 2674 de 2013; Decreto 4741 de 2005), el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Cali (PGIRS), literatura académica y estudios de caso. Finalmente, se incorporó una revisión exploratoria de experiencias comparativas en otras instituciones militares a nivel nacional e internacional, con el objetivo de enriquecer la propuesta de intervención y valorar la aplicabilidad del modelo en contextos similares.

La investigación se desarrolló en tres fases:

- Fase I. Caracterización del funcionamiento del comedor, incluyendo procesos de planeación, compra, almacenamiento, producción, entrega, consumo y disposición de residuos.
- Fase II. Diagnóstico del uso de residuos sólidos, identificando puntos críticos de generación y prácticas de manejo en cada etapa.
- Fase III. Propuesta de plan de trabajo para el aprovechamiento de residuos orgánicos e inorgánicos, considerando alternativas como compostaje, biodigestores y entrega a terceros.

Adicionalmente, se realizó una revisión exploratoria de experiencias documentadas en unidades militares nacionales e internacionales en relación con la gestión de residuos sólidos, especialmente aquellas relacionadas con la implementación de tecnologías de aprovechamiento (biodigestores, compostaje) y sistemas de separación en la fuente. Esta revisión, de carácter cualitativo y documental, permite establecer referentes comparativos relevantes para enriquecer la propuesta de plan de mejora y proyectar la aplicabilidad del modelo en otros contextos institucionales similares.

Para Maranto & González (2015) las fuentes de información contienen información original, de primera mano, resulta de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones y en esta investigación, la fuente de información principal fue el ecónomo, como responsable de los procesos administrativos y logísticos del comedor del Grupo Cadetes. Esta información fue complementada con fuentes secundarias, tales como libros, informes técnicos, artículos científicos, documentos institucionales y experiencias internacionales en gestión de residuos, que aportaron insumos relevantes para enriquecer el análisis y formular propuestas contextualizadas con base en referentes reales y aplicables en el ámbito militar.

1. Caracterización del funcionamiento del comedor del Grupo Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

En el comedor del Grupo Cadetes se desarrollan diferentes procesos para optimizar el funcionamiento. En primera instancia es importante conocer la capacidad del comedor, que actualmente alimenta a unos 411 comensales entre Alféreces y Cadetes. A continuación, en la Figura 1 se presenta el diagrama de flujo donde se describe el proceso o actividades realizadas en el comedor, que consta de siete (7) fases: planeación,

compra, almacenaje, producción, entrega, consumo y salida, detalladas para conocer su contenido.

Figura 1. *Procesos comedor Grupo Cadetes*



Fuente: Ibargüen & Jiménez (2024).

1.1 Planeación

Planeación es la primera fase de la caracterización del funcionamiento del comedor del Grupo Cadetes, en la cual se integran otros procesos como presupuesto y cotización. La planeación contempla la programación del menú semanal para el personal de Alféreces y Cadetes, teniendo en cuenta el presupuesto que asigna la Nación, esta planificación semanal debe cumplir los requerimientos alimenticios para el normal desarrollo de las actividades físicas y académicas. Además, se deben tener en cuenta los porcentajes de los valores nutricionales, tomando como base el esquema alimentación que emite el Establecimiento de Sanidad Militar.

El menú establece claramente la carga nutricional entre macronutrientes, micronutrientes y carbohidratos, discriminando cada grupo de alimentos en unidades de medidas: proteína 120 gr, carbohidratos 100 gr, cereales 100 gr, adicional a la porción de verduras y la bebida o hidratación. En la organización del menú se debe tener en cuenta aspecto como la conservación o refrigeración de proteínas animales, ya que de no mantener la cadena de frío se descomponen que representa pérdida del producto, mientras los granos y abarrotos solo requieren almacenamiento a temperatura ambiente para la conservación.

En la organización de los menús se tienen en cuenta aspectos de conservación como: requerimientos de refrigeración y cadena de frío específica de los alimentos, por el proceso de descomposición de las proteínas animales (pescado, carnes y mariscos), razón por la cual, la rotación debe tener más frecuencia para evitar la pérdida del producto. La rotación de alimentos como granos y abarrotos es más amplia por su condición, ya que no necesita un cuidado por temperaturas y los lapsos de tiempo de su descomposición no son tan rápidos.

1.2 Presupuesto

Para la adquisición de los alimentos del comedor del Grupo Cadetes se cuenta con una partida presupuestal establecida por el Ministerio de Defensa Nacional mediante Resolución No. 1976 de 2018, según artículo 2, la cuantía económica para las partidas alimentarias de las Fuerza Militares es de Diez mil trescientos sesenta y ocho pesos m/cte. (\$10.368) diarios para alimentación, la cual debe cubrir a cabalidad los requerimientos alimenticios del personal de Alféreces y Cadetes, en la cual se incluyen tres (03) raciones diarias (desayuno, almuerzo y cena) más refrigerio e hidratación para las prácticas deportivas.

1.3 Cotización

La cotización es el proceso de previsualizar los precios de los productos en el mercado, convirtiéndose en una base para dar un veredicto al escoger al o a los posibles proveedores para comprar alimentos del comedor del Grupo Cadetes, para cumplir el presupuesto establecido. La cotización permite comparar precios entre proveedores y crear una base de costos para la licitación, para evaluar y seleccionar la mejor oferta que satisfaga las necesidades presupuestales y de calidad de los activos ambientales a adquirir.

1.4 Compra

Compra es el conjunto de las operaciones que permiten poner a disposición de la empresa o institución, en tiempo oportuno, en cantidad y calidad deseadas, todos los materiales, productos y servicios necesarios para el cumplimiento de sus objetivos en forma eficaz; todo ello al menor costo posible, sin desmejorar la calidad (González, 2002). Al realizar la compra se espera dar respuesta a la necesidad inicialmente identificada el Departamento de Contratos de la EMAVI dando cumplimiento a lo establecido en la Resolución 1976 de 2018 el monto total de presupuesto asignado debe ser invertido en lo que establece la partida, en este caso en la compra de los alimentos.

1.5 Almacenaje

El almacenaje es la actividad de depósito y manipulación de los productos, componentes, materiales y materias primas para poder garantizar el buen funcionamiento de la actividad empresarial (Brenes, 2015). El almacén es la instalación que, junto con los equipos de almacenaje, de manipulación, medios humanos y de gestión, nos permite regular las diferencias entre los flujos de entrada de mercancía (la que se recibe de proveedores, etc.) y los de salida (mercancía que se envía a la producción). Estos flujos suelen no estar coordinados y esa es una de las razones por las que se precisa definir una óptima logística de almacenamiento (Mecalux S.A., 2021).

Para el comedor del Grupo Cadetes se tiene dispuesto lugares físicos para el almacenamiento y conservación de los alimentos: dos cuartos para granos y abarrotes y dos refrigeradores a temperatura de menos (-5° y -3°) de congelación y refrigeración respectivamente, para carnes, frutas, verduras y productos lácteos. El almacenaje como actividad logística del comedor resulta ser más estricta dependiendo del tipo y

característica de los alimentos, ya que se requiere rotación para mantener el producto fresco y buen estado para la producción de los diferentes menús o el consumo directo del mismo.

En vista de lo anterior, se tiene un ciclo de rotación de 15 días para granos y abarrotes, mientras que la mitad del tiempo para carnes, frutas, verduras y lácteos, pero también está ligada a la temporada de alta o baja producción del alimento. Igualmente, el ciclo tiene como plan la organización de las existencias, la actualización del inventario, el uso de productos más antiguos antes que los nuevos, con el fin de reducir los costos de producción, el desperdicio de alimentos y la transmisión de enfermedades o intoxicaciones por alimentos en mal estado o descompuestos.

1.6 Producción

La producción se entiende como “la creación de un bien o servicio mediante la combinación de factores necesarios para conseguir satisfacer la demanda” (Montoyo & Marco, 2012). En el comedor del Grupo Cadetes el proceso de transformación de los alimentos a productos terminado-aptos para la ingesta de los usuarios humana se realiza gracias a que se cuenta con personal idóneo y calificado para las diferentes actividades de producción. El equipo de trabajo del comedor está compuesto por 11 personas con funciones específicas que facilitan que las actividades para la producción de los productos sean coordinada y eficiente.

El personal para la producción y por ende de manipulación de los alimentos del comedor del Grupo Cadetes cuenta con la capacitación requerida y cumplen las normas de higiene personal estipuladas en las directrices dadas por la Nación, entre las que se encuentran las NTS-USNA 001 para preparar alimentos según la orden de producción, NTS-USNA 003 de control en el manejo de materia prima e insumos en el área de producción de alimentos según requisitos de calidad.

1.7 Entrega

La entrega en el comedor del Grupo Cadetes está contemplada como cesión del producto final al usuario. Los Alféreces y Cadetes pueden acceder a los alimentos mediante buffet autoservicio, donde el comensal sirve los alimentos que desea sin exceder el máximo permitido según la tabla de alimentación sugerida por el establecimiento de Sanidad Militar establecimiento o entrega directa, los alimentos están dispuestos en samovares y el personal del comedor sirve en las porciones estipuladas y el usuario se limita a recibir para la ingesta.

1.8 Consumo

Se estipula un tiempo de 10 minutos para la toma de alimentos en el interior del Grupo Cadetes en los diferentes momentos del día, para lo que los Alféreces y Cadetes deben organizarse y cumplir con los horarios establecidos. La ingesta de alimentos en el comedor se da en tres tiempos diferentes: en la mañana (desayuno autoservicio), tarde (almuerzo samovares) y noche (cena autoservicio). Es de aclarar, que en el servicio de alimentos de la noche el orden para la asignación de los alimentos es diferente, ya que se prioriza por escuadrones y antigüedad, por tanto; el personal más antiguo es el primero en acceder a ellos.

1.9 Salida

La salida está contemplada como la recolección, tratamiento y disposición de los residuos sólidos de alimentos “la actividad consistente en recoger los residuos dispuestos en los sitios indicados y su carga en los vehículos recolectores” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). Se considera como el momento en el que el residuo del proceso de alimentación se recoge y desecha, ya que no tiene otro fin que convertirse en desechos. El método de recolección de residuos es en recipientes o contenedores clasificados para orgánicos e inorgánicos, que están en los cuartos de disposición final.

En los cuartos de disposición final hay recipientes donde se almacena todo el residuo sin considerar la separación de material orgánico e inorgánico. Después, los contenedores se llevan a la UTAR (Unidad Técnica de Almacenamiento de Residuos) donde se acumulan, para evitar riesgo a la salud y al medio ambiente esperando que el camión recolector los traslade hasta disposición final o relleno sanitario. Promovalle y Promocali S.A. E.S.P. son las empresas prestadoras de servicios de recolección de residuos sólidos urbanos, transporte y procesamiento de estos, encargada de esta labor en la EMAVI.

2. Diagnóstico del uso de los residuos sólidos en el proceso de entrada, procesamiento y salida de los alimentos del comedor del Grupo Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

En este diagnóstico se podrá ver más el proceso de entrada, procesamiento y salida de los alimentos del comedor del Grupo Cadetes, ya que en cada etapa se generan residuos orgánicos e inorgánicos para determinar el impacto ambiental de las actividades en las que participan Alféreces, Cadetes y personal administrativo.

2.1 Entrada

En el proceso de entrada se realiza la compra de los alimentos, posterior a la celebración del contrato, se empieza a solicitar los productos necesarios para cumplir con lo planificado para la alimentación de los Alféreces y Cadetes. Los alimentos son entregados en las condiciones pactadas y durante este proceso se genera desecho inorgánico producto de la envoltura y sobre-empaquetadura para la protección del producto (cartón, papel y plástico) las cuales deben desecharse para facilitar el almacenamiento, en ocasiones también se genera chatarra por latas de conservas o refrescos.

El personal administrativo asignado a la cocina del comedor del Grupo Cadetes (despensero y ayudantes de cocina) son los encargados de la revisión y separación de los alimentos de los desechos inorgánicos. Durante la revisión el personal de cocina puede detectar alimentos sufridos durante el traslado a la EMAVI magulladuras o en estado de descomposición, de ser así, se deben separar antes de almacenar para evitar que dañe prematuramente los productos que se encuentran en óptimas condiciones, por tanto, también se pueden generar desechos orgánicos en esta etapa.

2.2 Procesamiento

En el proceso de producción se generan residuos orgánicos como cáscaras de frutas y verduras, pero también inorgánicos producto de envoltorios y empaques de los alimentos como cartón, papel, plástico y espuma de plástico (cartones de huevos). El dispensero es la persona encargada de la distribución de los alimentos a utilizar para preparar para las raciones diarias del menú a la hora del desayuno, almuerzo y cena, adicional al manejo de inventario de las despensas. Los ayudantes de cocina son los encargados de limpiar, porcionar y/o pelar los alimentos para la cocción, siendo esta etapa donde se genera la mayor cantidad de los residuos orgánicos e inorgánicos.

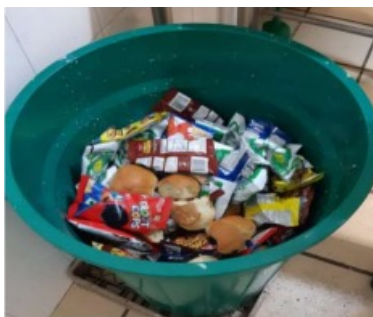
Adicionalmente, se generan residuos orgánicos por la limpieza de cárnicos y piel de aves, también en la preparación de bebidas que en su mayoría son hechas con base de refrescos en polvo, se producen residuos inorgánicos. Todos estos desechos orgánicos e inorgánicos resultantes de los alimentos y otros elementos los separa el personal de cocina en los recipientes del área del comedor del Grupo Cadetes para llevarlos a la UTAR para la disposición final de la empresa prestadora del servicio de recolección de residuos.

2.3 Salida

En el proceso de salida de los activos ambientales del comedor de Grupo Cadetes de la EMAVI se generan residuos orgánicos e inorgánicos resultantes de los alimentos preparados y entregado al personal de Alféreces y Cadetes. En el grupo de los orgánicos se encuentran las sobras de comida y en el de inorgánicos los empaque y bolsas de snack, botellas plásticas y de vidrio. En esta etapa no hay una separación de los residuos, ya que los comensales depositan los desechos de alimentos y otros elementos de forma indiscriminada en los recipientes dispuestos para ello, sin importar la modalidad de la modalidad de entrega (autoservicio o samovares).

La Figura 1 muestra la mezcla de residuos en esta etapa del proceso y la poca cantidad de recipientes o contenedores disponibles para separar los residuos orgánicos e inorgánicos.

Figura 1. *Disposición de residuos*



Fuente: (Jiménez M., 2019).

3. Plan de trabajo enfocado al uso de los residuos orgánicos del comedor del Grupo Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

Teniendo en cuenta los residuos generados en el comedor del Grupo Cadetes durante los procesos de entrada, procesamiento y salida, se puede proponer un plan de trabajo para el uso eficiente de los mismos, sin embargo, en la recolección se trata de cumplir los requerimientos establecidos en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) para Santiago de Cali, donde se definen los lineamientos de planificación para gestionar alternativas frente a la recolección, manejo, tratamiento, aprovechamiento y/o disposición final de los residuos sólidos.

El presente documento puede convertirse en una guía para establecer estrategias para el aprovechamiento de los residuos, teniendo como eje central la reutilización y otras actividades que generen valor y/o minimicen el impacto ambiental. Lo primero, es minimizar y segregar adecuadamente los residuos de forma técnica, ambiental y sanitariamente viable. La separación en la fuente es la base de la gestión adecuada de residuos y consiste en la clasificación y disposición de los residuos en los recipientes, contenedores y bolsas plásticas, según el código de colores establecido por el Ministerio de Ambiente de Colombia, Resolución 2184 de 2019.

La separación en la fuente de los residuos sólidos de acuerdo con el código de colores (blanco, negro y verde) establece el tipo de material a disponer en el mismo y la adecuada presentación. El recipiente blanco está dispuesto para residuos aprovechables limpios y secos; como plástico, vidrio, metales, papel y cartón; negro para residuos no aprovechables como el papel higiénico, servilletas, papeles y cartones contaminados con comida y papeles metalizados, también para residuos Covid-19, como tapabocas y guantes, por último; verde para residuos orgánicos aprovechables como restos de comida, residuos de corte de césped y poda de jardín, entre otros.

En la siguiente Tabla 1 se muestran los colores de los recipientes para clasificar los desechos y el material reciclaje, para facilitar la clasificación, aumentar la cantidad de material recuperado y mejorar la eficiencia de los procesos de recolección.

Tabla 1. Código de colores para separar y reciclar residuos sólidos en Colombia

	Color blanco	Color negro	Color verde
Materiales	Plástico	Papel higiénico	Residuos orgánicos
	Vidrio	Servilletas	aprovechables como
	Papel	Comida preparada	cáscaras de frutas,
	Cartón	Residuos COVID-19 (tapabocas, guantes, etc.)	verduras y restos de alimentos crudos.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Un segundo aspecto que considerar en este proceso es la adquisición de los recipientes o contenedores para la disposición de los residuos sólidos, según el código de colores (blanco, negro y verde) establecido por el Ministerio de Ambiente vigente desde 2019,

ya que las actuales son verdes. Además, se deben realizar campañas de informativa y de concientización para reducir, reutilizar y reciclar los activos ambientales resultantes de cada etapa a partir de la separación en la fuente como actividad colaborativa y complementaria para el aprovechamiento.

De acuerdo con el diagnóstico realizado en la etapa de entrega es donde más se presentan combinación de los residuos, lo que dificulta la separación y aprovechamiento, con las campañas visuales donde se recuerde la importancia de los códigos de colores de los contenedores de residuos, elementos que pueden depositarse en cada uno de ellos y la relevancia de estas acciones en la reducción del impacto en el aforo de residuos sólidos y su contribución con el medio ambiente. Realizar charlas sobre los residuos aprovechables y no aprovechables que se generan en el comedor del Grupo Cadetes.

El Decreto 1713 de 2002 en relación con la Gestión Integral de los Residuos Sólidos establece que los residuos sólidos o desechos deben ser separados en aprovechables y no aprovechables. Los aprovechables son cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido sin valor directo o indirecto para quien lo genere, pero susceptible de incorporación a un proceso productivo, se debe tener un manejo especial desde la separación en la fuente si se busca que se reutilicen de forma óptima, lo cual redundaría en la disminución del aforo, los costos y el impacto medioambiental.

Este mismo decreto establece que los desechos no aprovechables son todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. No tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y, por lo tanto, generan costos de disposición. Es por ello por lo que de la correcta clasificación de los residuos depende la reducción significativa de este tipo de desecho en el comedor del Grupo Cadetes.

Otra alternativa es evaluar la implementación de un biodigestor, con el cual se podría reducir considerablemente el aforo de desechos orgánicos y los costos de disposición final. Los biodigestores son sistemas diseñados para optimizar la producción de biogás por medio de desechos orgánicos, lo que permite obtener energía limpia, renovable y de bajo costo a partir de una fuente renovable. El uso de esta tecnología no es nuevo, pero en los últimos años ha cobrado gran interés debido a la actual crisis energética producto del agotamiento de los combustibles fósiles (Rivas Solano, Faith Vargas, & Guillén Watson, 2010).

Los residuos de la industria alimentaria y de las actividades agrícolas en particular, son excelentes como sustratos para la digestión anaerobia, ya que no contienen contaminantes, patógenos, ni metales pesados (Rivas Solano, Faith Vargas, & Guillén Watson, 2010). El biodigestor convierte los residuos en biomasa para producir biogás, que podría reemplazar parcialmente o total el consumo de gas natural o domiciliario para preparar los alimentos en el comedor del Grupo Cadetes. Así, la EMAMI se convertiría en una auto generadora del combustible.

Entre las alternativas viables para aprovechar residuos orgánicos está el compostaje con los residuos del comedor, materiales susceptibles de reincorporarse al suelo para uso en jardines ornamentales y productivos, agricultura urbana, recuperación de tierras degradadas, entre otros. En otras palabras, el compostaje y la lombricultura conforman uno de los mejores usos que se le puede dar a los residuos orgánicos, ya que su empleo como recurso primario es fundamental para la formación de la vida en plantas (UAESP, 2014).

Por último, se puede contemplar la alternativa de entregar los residuos orgánicos a un tercero que se encargue de la destinación final para la alimentación de animales, de hecho, se han adelantado estudios donde se crean dietas balanceadas para el crecimiento y engorde de los animales en forma sana. En la investigación “Alimentos balanceados para animales a partir de residuos orgánicos” se utilizó como materia prima los residuos orgánicos (esqueleto de pescado, cascarón de huevo, olote, tortilla), para balancear los constituyentes del producto que servirá de alimento para animal domésticos o mascota (pollo, cerdo, perro, gato) y que además sea de un alto valor nutricional y elaborado a muy bajo costo (Vidales Olivo, Chávez Santillan, García Rodríguez, & Gómez García, 2004).

Por último, la opción de entrega del material orgánico a un tercero para ser utilizado en la alimentación de animales aprovechando los nutrientes que aún contienen estos residuos, siendo esta una alternativa potencial de alimentación diferente y que conlleva beneficios para el tercero receptor de los residuos para la Institución. Para el tercero representa una reducción en los costos de insumos para alimentación de animales, mientras para la EMAVI como emisor, la reducción del aforo de desechos que se traduce en menor costo económico del servicio de recolección de basuras y en la posible proliferación de plagas de insectos y roedores por la acumulación de residuos.

En cuanto a los residuos inorgánicos, que se definen como “aquellos materiales de desecho cuyo origen no es biológico, es decir, han sido fabricados en procesos industriales y artificiales” (Servicios Medioambientales de Valencia, 2021), por lo tanto, no se descomponen fácilmente y pueden volver a ser utilizados en procesos productivos. En este caso, resulta de vital importancia realizar la separación en la fuente de generación, por ser material potencialmente aprovechable debe ser clasificado (papel, cartón, plástico, chatarra, vidrio) como lo establece el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Cali (Alcaldía de Santiago de Cali, 2021, p. 316).

3.1 Referentes comparativos en contextos militares: aportes al fortalecimiento de la gestión ambiental en la EMAVI

Los resultados obtenidos en la evaluación del comedor del Grupo Cadetes de la EMAVI muestran avances significativos en la estructuración de los procesos logísticos y alimentarios, pero también revelan oportunidades de mejora en la gestión integral de residuos, especialmente en la separación en la fuente y el aprovechamiento de residuos orgánicos.

Estas oportunidades pueden fortalecerse mediante el análisis comparativo con otras experiencias exitosas en contextos militares. Por ejemplo, la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla” ha desarrollado un sistema de separación en la fuente con clasificación por color, recolección diferenciada y alianzas con recicladores, logrando reducir significativamente el volumen de residuos y fortaleciendo la cultura ambiental de su comunidad formativa (Armada de Colombia, 2022).

A nivel internacional, el Ejército Brasileño ha implementado el Sistema de Gestión Ambiental del Ejército Brasileño (SIGAEB), que articula legislación, formación institucional y planes operativos para la gestión sostenible en unidades militares. En el 7º Batallón de Ingeniería de Combate, se ha incorporado un sistema de compostaje institucional que transforma más de 3.500 kg de residuos orgánicos en abono, utilizado en huertos comunitarios y áreas verdes internas (Franca, Lucena, & Costa, 2025). Estas prácticas han reducido tanto el impacto ambiental como los costos asociados a la disposición final.

La comparación con estas experiencias permite concluir que la EMAVI puede fortalecer su plan de gestión ambiental institucional mediante: la implementación de un sistema integral de separación con puntos limpios, la adopción de tecnologías como compostaje o biodigestores con enfoque comunitario, la generación de alianzas con actores locales (recicladores, universidades, sectores agropecuarios), la incorporación de indicadores y programas de formación ambiental como parte de la doctrina institucional. Estas medidas contribuirían no solo al cumplimiento del PGIRS de Cali y las políticas nacionales, sino también a la consolidación de una cultura ambiental sólida dentro del contexto militar colombiano.

Conclusiones

El funcionamiento del comedor del Grupo Cadetes de la EMAVI es bueno, ya que cada proceso (planeación, compra, almacenaje, producción, entrega, consumo y salida) se realiza satisfactoriamente y cada eslabón evaluado tiene procedimientos específicos que se cumplen a cabalidad.

En los procesos de entrada, procesamiento y salida del comedor del Grupo Cadetes de la EMAVI, se mantienen buenas prácticas en la separación de residuos por parte del personal que desarrolla las funciones en cada etapa (dispensero y auxiliares de cocina), pero en la entrega de alimentos se genera residuo orgánico e inorgánico no separados en la fuente de generación, lo que aumenta la cantidad de desechos y el aforo de basuras y los costos de recolección.

Al no existir una adecuada gestión en cuanto a la separación de los residuos en la fuente, el almacenamiento de estos se ha complejo, puesto que se mezclan residuos orgánicos e inorgánicos que podrían ser aprovechados o reutilizados y la EMAVI no cuenta con un centro de acopio bien estructurado acorde con los requerimientos de la demanda. Es por ello, que se realizó una solicitud de apoyo presupuestal por parte del Comandante de la Escuadrilla Medio Ambiente del Grupo de Apoyo Logístico (GRUAL) para la adecuación de la UTAR, a fin de cumplir con los estándares neces-

rios para la buena gestión de los residuos en cuanto a la separación e higiene.

Hay referentes de campañas para concienciar a la comunidad sobre la importancia de disminuir el aforo de desechos con la separación de residuos en la fuente, ya que al clasificarse se pueden aprovechar sus capacidades en nutrientes (orgánicos) o reutilizar por sus propiedades (inorgánicos). De forma paralela la disminución del aforo redundará en beneficios económicos para el generador de los residuos en cuanto a costos de recolección de desechos.

Recomendaciones

Realizar campañas de fomentar la separación y clasificación de los residuos en las fuentes de generación para aprovecharlos, considerando la importancia en la reducción del aforo de desechos y los costos de recolección, pero también la promoción de la conciencia ambiental y el cuidado del medio ambiente.

Crear un biodigestor para el aprovechamiento de los residuos orgánicos los cuales se convertirán en biomasa para generar biogás. Este tipo de energía renovable no convencional es un tipo de gas combustible amigable con el medio ambiente que puede tener diferentes usos como “calderas, para producir calor, como combustible para vehículos en el transporte, en motores o turbinas para generar electricidad, purificado para introducirlo en redes de gas natural, o como material base para la síntesis de metanol, un producto de alto valor agregado” (Redagricola, 2017).

En la planeación para contratar proveedores de los alimentos, se puede solicitar empaques o envoltorios amigables con el medio ambiente para reducir la generación de desechos en esta etapa del proceso de funcionamiento del comedor del Grupo Cadetes, así se disminuye el aforo de basura y los costos por recolección.

La adecuación del centro de acopio de desechos generará múltiples beneficios para la EMAVI, ya que habrá un espacio adecuado para almacenar los residuos inorgánicos aprovechables, considerando que el material se clasificará en la fuente de generación. El ajuste a la UTAR de acuerdo con los requerimientos técnicos del PGIRS garantizará el adecuado manejo de higiene generación y proliferación de insectos y roedores, además de evitar que los residuos inorgánicos aprovechables se mezcle y contamine con los desechos.

Referencias bibliográficas

- Aguiar Garcés, H. D., & Álvarez Jiménez, R. A. (2015). Valoración Económica de Bienes Ambientales. *Semestre Económico* Vol. 5 Núm. 9, 1-12. Obtenido de <file:///D:/DESCARGAS/1358-Texto%20del%20art%C3%ADculo-5467-2-10-20151118.pdf>
- Alcaldía de Santiago de Cali. (10 de 2020). *Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Obtenido de *Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. <https://www.cali.gov.co>

- Alcaldía de Santiago de Cali. (2021). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS 2021-2027*. Cali: Alcaldía de Santiago de Cali.
- Anzar Bellver, J., & Estrucch Guitart, V. (2020). *Valoración de activos ambientales: teoría y casos*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Armada de Colombia. (03 de 03 de 2022). *Obtenido de Comprometidos con el medio ambiente: Escuela Naval de Cadetes recicla siete toneladas de residuos sólidos*: <https://www.armada.mil.co/es/content/comprometidos-con-medio-ambiente-escuela-naval-Cadetes-recicla-siete-toneladas-residuos>
- Behar, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. Editorial Shalom.
- BID-SECAD-CINDA. (1990). *Programa de Fortalecimiento de la Capacitación en Gestión y Administración de Proyectos y Programas de Ciencia y Tecnología en America Latina*. Centro Interuniversitario de Desarrollo.
- Brenes, P. (2015). *Técnicas del almacén*. EDITEX.
- CAM. (1987). *Cuadernos divulgativos en materia de residuos*. Madrid: Dirección general de medio ambiente y patrimonio arquitectonico.
- Campins Eritja, M. (1994). *La Gestión de los residuos peligrosos en la Comunidad Europe*. J.M Bosch Editor S.A., 29-54.
- Cerda Urritia, A., Vásquez Lavín, F., & Orrego Suaza, S. A. (1997). Valoración Económica de Bienes Ambientales. *Ensayos de Economía* Vol. 7 Núm 13 Facultad de Ciencias humanas, Universidad Nacional, Sede de Medellín., 9-31. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ede/article/view/23816/24504>
- CORANTIOQUIA. (2000). *Manual para el manejo de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos de la plaza minorista José María Villa del municipio de Medellín*. Medellín: CORANTIOQUIA.
- DANE. (2017). *Las cuentas ambientales y económicas en Colombia*. Bogotá - Colombia: DANE. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/informacion-general.pdf
- Escorsa Castells, P., & Valls Pasola, J. (2003). *Tecnología e Innovación en la empresa*. Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya .
- Fernandes, P., Victor Moscoso, Adam Price, Jiro Yoshino, & Jingyi Zhang. (2011). Brasil- Aeronautics Cluster. EEUU: Harvard Bussiness school.
- Franca, G., Lucena, S., & Costa, L. (2025). Gerenciamento de residuos orgánicos utilizando a compostagem no 7º. Batalhão de Engenharia de Combate. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v.18, 1-22.
- González, I. (2002). *Compras y almacenamiento (aprovisionamiento)*. Colombia: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 163-173.

- Gutierrez Rojas, M. E. (30 de 10 de 2012). *EDUTEKE* Universidad ICESI. Obtenido de EDUTEKE Universidad ICESI: <http://eduteka.icesi.edu.co/proyectos.php/2/10735>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Jiménez M., J. (16 de octubre de 2019). *Evaluación activos ambientales en el comedor del Grupo Cadetes de la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez*. Cali, Colombia.
- Koontz, H., & Weihrich, H. (1998). *Administración, una perspectiva global*. México: McFraw-Hill.
- Lopera Londoño, M. E., & Quiroz Gil, N. L. (2013). *Caracterización de un modelo de Gestión del Conocimiento aplicable a las funciones Universitarias de investigación y extensión: caso Universidad CES*. Medellín: Universidad CES-Universidad del Rosario.
- Maranto, M., & González, M. E. (2015). Fuentes de Información. México D.F.: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>
- Mecalux S.A. (2021). Mecalux S.A. Obtenido de <https://www.mecalux.es/manual-almacen/almacen>
- Mendez, C., Romero, J., León, F. J., & Hernández Arce, J. (2014). *Clúster Aeroespacial de Sonora*. Congreso Internacional de Investigación Científica , (pág. 6). Chihuahua.
- MINDEFENSA. (2015). Programa de Gestión Documental - (PGD) “Hacia la implementación del Sistema de Gestión de Documentos Electrónicos de Archivo - SGDEA. Bogotá: República de Colombia. Obtenido de https://www.mindefensa.gov.co/irj/go/km/docs/Mindefensa/Documentos/descargas/Sobre_el_Ministerio/archivo/ProgramaGestionDocumental2015.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Argentina.gob.ar. Obtenido de Argentina.gob.ar: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/control/rsu/etapas>
- Minsalud. (14 de 06 de 2021). Minsalud. Obtenido de Calidad e inocuidad de alimentos: <https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/inocuidad-alimentos.aspx>
- Montoyo, A., & Marco, M. (2012). *Proceso de producción*. Alicante: Universidad de Alicante.
- Naciones Unidas. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo “Nuestro futuro común”*. Río de Janeiro: Oxford University Press.
- NQA Organismo de Certificación Global. (29 de 02 de 2020). Gestión aeroespacial. Obtenido de <https://www.nqa.com/es-es/certification/standards/as-standards>

- Porter, M. (1991). *La ventaja competitiva de las naciones*. Buenos Aires: Javier Vergara Editor Grupo Z.
- Porter, M. (1999). *La ventaja competitiva de las naciones*. Vergara.
- Porter, M., Heredia Soto, M., Miranda López, A., Pico González, B., & Cortés, Z. J. (2015). *Estrategia competitiva : técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*. Mexico: Grupo Editorial Patria.
- QuestionPro. (2021). *¿Qué es la investigación empírica?* Obtenido de ¿Qué es la investigación empírica?: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-empirica/>
- Redagrícola. (21 de 03 de 2017). *Lo básico para entender el biogás*. Obtenido de <https://www.redagricola.com/cl/lo-basico-entender-biogas/>
- Rivas Solano, O., Faith Vargas, M., & Guillén Watson, R. (2010). Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. *Tecnología en marcha*, 39-46.
- Rodríguez, A., & Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios* Núm. 82, 1-26.
- Rodríguez, S. (2011). Residuos sólidos en Colombia: su manejo es un compromiso de todos. *L'esprit Ingénieux*. Vol. 2 Núm. 1, 1-6. Obtenido de <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/issue/view/9>
- Romero, C. (1994). *Economía de los recursos ambientales y naturales*. Madrid: Alianza Editorial Madrid.
- Servicios Medioambientales de Valencia, S. (18 de 09 de 2021). SMV. Obtenido de <https://www.smv.es/que-son-residuos-inorganicos/>
- UAESP . (2014). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.
- Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-. (10 de 2020). *Re-lleño Sanitario*. <https://www.uaesp.gov.co/transparencia/informacion-interes/glosario/relleno-sanitario>
- Vera Garnica, J. R., & Ganga Contreras, F. A. (16 de Agosto de 2007). Los Clúster industriales: precisión conceptual y desarrollo teórico. *Cuadernos de Administración- Pontificia Universidad Javeriana*. Obtenido de Cuadernos de Administración.
- Vidales Olivo, A., Chávez Santillán , V., García Rodríguez, E., & Gómez García, M. (2004). *Alimentos balanceados para animales a partir de residuos orgánicos*. Conciencia Tecnológica.

CAPÍTULO 3.

Estudio de viabilidad para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico para las aulas de la Escuela Militar de Aviación

OD18. Alexandra Ibargüen Asprilla⁸

alexandra.ibarguen@emavi.edu.co

Código ORCID: 0000-0001-8117-3154

TE. Delgado Bárcenas Santiago⁹

santiago.delgado@fac.mil.co

ST. (RA) Rueda Arias Bryan Camilo¹⁰

Resumen

Este capítulo tiene como marco la sostenibilidad y eficiencia energética, dirigido a las aulas de clase del campus académico de la Escuela Militar de Aviación – (EMAVI), el cual busca determinar el nivel de viabilidad en la transición de un sistema de energía tradicional, las cuales incluyen el consumo de recursos naturales como: agua, carbón, petróleo, gas y carbón, por uno alimentado por una fuente de energía renovable y limpia como la proveniente del sol, la cual se obtiene a partir del aprovechamiento directo de la radiación solar mediante un panel solar, que a su vez la transforma en energía eléctrica.

Todo esto se logra mediante estudios que permitan identificar los requerimientos técnicos para tener un panorama completo de las necesidades energéticas de las aulas de clase, luego estudiar eficientemente la oferta del mercado de energía solar, para determinar la opción mejor adaptada a las necesidades del campus académico. Finalmente, se evalúa el impacto ambiental derivado de la implementación de un sistema de generado por una fuente de energía renovable frente al sistema actual cuya fuente de energía es tradicional.

Los diferentes estudios que se van a realizar en este proyecto pretenden evaluar factores técnicos, económicos y ambientales, a partir de una base teórica experimental, que permitirá suministrar información para construir un panorama claro sobre el impacto

8 Tecnóloga en Gestión Ejecutiva, Administradora de Empresas y magíster en Administración de la Universidad del Valle, Docente de planta de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, Programa de Administración Aeronáutica, Coordinadora del Semillero de Investigación en Logística e Industria Aeronáutica, SILOGA. Curso Método del Caso FAC en INALDE Business School.

9 Administrador Aeronáutico de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” y máster en Responsabilidad Social Corporativa por la Universidad Abierta de Cataluña, Especialista en Acción Integral de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, experiencia en el desarrollo de operaciones de sensibilización y proyectos productivos basados en el desarrollo sostenible de los territorios.

10 Administrador Aeronáutico de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”. Curso Operaciones Psicológicas en la Escuela de Misiones Internacionales y Acción Integral. Contador Público de la Universidad Santiago de Cali.

que tendría un proceso de transición de una fuente de energía tradicional para las aulas del campus académico a una fuente de energía renovable, de esta manera abrir un umbral para realizar estudios en otras áreas o dependencias de la EMAVI para la implementación de sistemas de energías renovables amigables con el medio ambiente y proyectarlo entre otras unidades de la Fuerza Aeroespacial Colombiana – (FAC).

Introducción

Las limitaciones de presupuesto y la búsqueda constante por reducir los costos de operación son denominadores de las organizaciones, adicional a los desafíos del entorno de Responsabilidad Social Empresarial para que los procesos de las empresas sean sustentables con el medio ambiente, considerando las problemáticas ambientales globales generadas por la sobreexplotación de los recursos naturales involucrados en los procesos productivos y diariamente de las personas. Es por ello, que estudiar alternativas para mitigar el impacto de los procesos operativos en la EMAVI redundará no solo en beneficios ambientales, sino también económicos y sociales.

El proyecto se basa en un marco de sostenibilidad y eficiencia energética, al evaluar el entorno de la EMAVI para determinar la viabilidad de un proceso de transición de una fuente de energía tradicional a una renovable en las aulas del campus académico, con estudios que permitirán identificar los requerimientos técnicos, luego estudiar la oferta del mercado de energía renovable, a partir de esta información se podrá determinar la opción mejor adaptada a los del área de investigación. Finalmente, evaluar el impacto ambiental derivado de la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico.

Los estudios a realizar en esta investigación pretenden evaluar factores técnicos, económicos y ambientales de la implementación de una fuente de energía renovable, a través de estudios contruidos por medio de una base teórica experimental, que contribuya al proceso de toma de decisiones sobre la oferta que más se ajuste a las necesidades de la EMAVI y a su vez, permita generar una disminución de los costos del servicio de energía eléctrica y por otro lado, impacte positivamente el medio ambiente, adicionalmente repercute en la imagen de la Institución y de la FAC frente a la sociedad.

Revisión de literatura

El sol como elemento esencial para el desarrollo de la vida ha estado presente desde las culturas más primitivas, por ejemplo, la civilización Maya que se valió del sol, las estrellas y los planetas para establecer los ciclos solares y lunares, el calendario y construyeron templos para el estudio de la astronomía (Magraner, 2020). Así como esta, existieron otras civilizaciones en diferentes regiones del mundo (Grecia, Egipto, Mesopotamia, Imperio Inca, Imperio Azteca, entre otros) que crearon religiones que giraban en torno al astro solar.

El astro solar ha inspirado múltiples estudios. En 1797, el científico suizo Horece Bénédicte De Saussure inventó lo que se conoce hoy como helitermómetro, que es un aparato para medir la radiación solar (Cumbre Pueblos, 2019). En 1866, el investigador francés Augustin Mouchot produjo el primer colector solar parabólico del mundo que convertía la energía solar en energía mecánica, luego, fue mejorando su invención hasta llegar al generador solar de vapor, por ello, es considerado un pionero del diseño sostenible (Estevez, 2018).

En 1833 aparece la energía solar fotovoltaica en la historia de la energía solar, gracias al físico francés Alexandre Edmond Becquerel quien descubrió por primera vez el efecto fotovoltaico al experimentar con una pila electrolítica con electrodos de platino que al exponerla al Sol subía la corriente eléctrica. Luego, el ingeniero eléctrico inglés Willoughby Smith en 1873, descubrió el efecto fotoeléctrico en sólidos sobre el Selenio, más tarde en 1877, el profesor inglés William Grylls descubre que cuando se expone el Selenio a la luz genera electricidad, de esta forma creó la primera célula fotovoltaica con este elemento químico (Planas, 2015).

En 1953, Daryl Chapin, Calvin Fuller y Gerald Pearson, físicos de los Laboratorios Bell, descubrieron que el silicio es más eficiente que el selenio, creando la primera célula solar práctica, con un 6 % de eficiencia, lo cual permitía el funcionamiento de pequeños equipos eléctricos. Luego de años de estudios, en 1958 la energía solar fue utilizada en equipos de exploración espacial, lanzando el Vanguard 1, primer satélite alimentado por energía solar (Distribución Activa Multisectorial SL, s.f.).

A pesar de los estudios y la vertiginosa evolución de la industria solar, los altos costos hicieron que fuera perdiendo importancia frente a la aparición de los combustibles no renovables como el carbón, el gas natural y el petróleo que eran inferiores en cuanto a costos de extracción, pero causante de Gases de Efecto Invernadero – (GEI) de alto impacto como el dióxido de carbono CO_2 . Existen diferentes sectores de la economía que contribuyen con las emisiones en el planeta, por ejemplo, la producción energética 60 % y 70 %, la industria del petróleo 31 %, el transporte 24 %, tráfico aéreo 2 %, industria de la moda por el consumo de agua y productos químicos y el sector alimentario con el 10,1 % (Ramos, 2021).

Desde hace varias décadas se han evidenciado los efectos y perjuicios de los combustibles fósiles para el entorno, en consecuencia, la medición de estas emisiones resulta imperioso para conocer el impacto en el medio ambiente. La huella de carbono representa el volumen total de GEI emitidos a la atmósfera que producen las actividades económicas y cotidianas del ser humano (Iberdrola S.A., 2020), nace como una medida de cuantificar y generar un indicador (expresado en toneladas de CO_2 emitidas) de las actividades antrópicas sobre el cambio climático.

La huella de carbono se define como el conjunto de emisiones de GEI producidas, directa o indirectamente, por personas, organizaciones, productos, eventos o regiones geográficas y se mide a partir de la generación de toneladas de CO_2 por tres alcances principales: 1) Fuentes directas de emisiones fijas, como calderas y, fuentes de emisión móviles, como vehículos. 2) Representa las emisiones indirectas de las centrales de producción de electricidad por el consumo de energía. 3) Otras emisiones indi-

rectas, como residuos biodegradables, reciclables, ordinarios, químicos e infecciosos (UNAL, 2022).

La huella de carbono se define como el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero producidas, directa o indirectamente, por personas, organizaciones, productos, eventos o regiones geográficas, en términos de CO₂ equivalentes, y sirve como una útil herramienta de gestión para conocer las conductas o acciones que están contribuyendo a aumentar las emisiones, cómo mejorarlas y realizar un uso más eficiente de los recursos

La reducción de las emisiones de GEI, como el CO₂ se ha convertido en el reto más importante de cientos de países y empresas, a partir de la medición de la huella de carbono se pueden conocer que conductas están contribuyendo a aumentar las emisiones, gestionar acciones para mitigar los efectos sobre el calentamiento global y hacer uso más eficiente de los recursos naturales, es por ello, que se ha potenciado en muchos países el uso de energías renovables para tratar de mitigar las problemáticas medioambientales.

Las energías renovables son un tipo de energía, cuya fuente se puede encontrar de forma natural en el medio ambiente o con la utilización de recursos naturales: el sol, el viento, el agua, el calor de tierra o la biomasa vegetal o animal, las cuales luego de su explotación se pueden regenerar de forma espontánea, sin la intervención del hombre y se destacan por su naturaleza inagotable, renovable y su utilización libre de polución (Cortés y Arango, 2017). Las fuentes de energía renovable abundan y las encontramos en cualquier entorno.

La energía solar es la que más abunda y, además, también puede obtenerse aún con el cielo nublado. Las tecnologías solares pueden producir calor, refrigeración, luz natural, electricidad y, también, combustibles para multitud de aplicaciones. Estas tecnologías convierten la luz solar en energía eléctrica, ya sea mediante paneles fotovoltaicos o a través de espejos que concentran la radiación solar (Naciones Unidas, s.f.), convirtiéndose en una alternativa ilimitada, disponible y amigable con el medio ambiente.

La energía solar fotovoltaica es una alternativa de energía renovable y limpia que responde a las necesidades no solo de los ODS, sino que realiza grandes avances en la cobertura de energía eléctrica en aquellas zonas donde el acceso a este recurso energético es complejo por los costos de la red de distribución de la zona, localización geográfica, costos del servicio, costos mantenimiento de redes, entre otros. Por ello, se requiere de la maximización y mayor focalización en cuanto a la asignación de los recursos de los Fondos de Apoyo Financiera para la Energización de las Zonas Rural Interconectadas (FAER).

Actualmente, la energía solar fotovoltaica se erige como alternativa para cubrir las necesidades energéticas de las comunidades. Según Ossa (2016) la energía como recurso natural renovable puede ser convertida y transformada en una fuente inagotable de bienestar para la sociedad, siendo un bien de consumo necesario para el desarrollo social y económico de la humanidad y del mundo entero, es por ello, que el hombre se

encuentra en constante búsqueda de alternativas viables para el aprovechamiento de una fuente inagotable de energía como es el sol.

Una alternativa es el sistema fotovoltaico, es un sistema eléctrico especial que produce energía a partir de una fuente renovable e inagotable: el sol. Existen diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos, de conexión de red, autónomos y de bombeo (Enelx, s.f.).

El principal componente de este sistema es el módulo fotovoltaico, a su vez compuesto por células capaces de transformar la energía luminosa incidente en energía eléctrica de corriente continua. El resto de los equipos incluidos en un sistema fotovoltaico depende en gran medida de la aplicación a la que está destinado (Perpiñán, 2020).

Un Sistema Fotovoltaico de Conexión a Red (SFCR) es un sistema cuya función es producir energía eléctrica en condiciones adecuadas para poder ser inyectada en la red convencional y se compone del generador fotovoltaico, un inversor DC/AC y un conjunto de protecciones eléctricas. Un sistema fotovoltaico autónomo (SFA) produce energía eléctrica para satisfacer el consumo de cargas eléctricas no conectadas a la red, empleando un sistema de acumulación energético para hacer frente a los períodos en los que la generación es inferior al consumo y un sistema fotovoltaico de bombeo (SFB) emplea un generador fotovoltaico para alimentar una motobomba y extraer agua de un pozo, almacenarla en un depósito o transportarla de un lugar a otro (Perpiñán, 2020, p. 65).

En Colombia, las condiciones están dadas para desarrollar energías renovables no convencionales por su ubicación geográfica y alta radiación solar. En 2021 el país duplicó su potencia instalada fotovoltaica con la operación de cinco parques que sumaron al sistema nacional 74,66 MW, lo que significó un incremento de potencia en esta tecnología del 55,2 %. Esta potencia significa el 0,76% de toda la matriz eléctrica colombiana, que consta de 17.761,67 MW, constituida predominantemente por energía hidráulica (11.944,79 MW) y térmica (5.470,74 MW) (Gubenilli, 2022).

Cinco (5) décadas atrás el cuidado del medio ambiente y el desarrollo económico eran temas aislados, debido la alta demanda de bienes y servicios por parte de la población, el afán de la industria por satisfacerlas y la inexistente evaluación del impacto ambiental que conlleva al uso indiscriminado de los recursos naturales. Para el año 1987, nace un nuevo concepto que fraterniza estos elementos y lleva a la reflexión del cuidado de la casa común, a la búsqueda de estrategias para producir aprovechando el potencial de las riquezas de la naturaleza de forma racional al minimizar la contaminación, que se traduce en “Desarrollo duradero o sostenible”.

El concepto de Desarrollo Sostenible se define en el Informe Brundtland de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (ONU, 1987, p. 23). En el informe, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo propone establecer estrategias de coordinación, cooperación y responsabilidad entre los países en desarrollo para perpetrar acciones que propendan por la protección del medio ambiente a largo plazo, para alcanzar un desarrollo sostenido.

Desde entonces se desarrollaron conferencias dirigidas por la ONU para promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible, entre las que se encuentran; Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro (1972) para proteger el medio ambiente y evaluar los impactos ambientales, Convención sobre la Diversidad Biológica (1992) por la conservación de la biodiversidad en ecosistemas, especies y recursos genéticos, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992) para estabilizar las concentraciones de gases efecto invernadero y la Agenda Local 21 (1992) como instrumento para aplicar políticas ambientales, económicas y sociales locales.

La Agenda Local 21 establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para ratificar el compromiso de los gobiernos a nivel mundial, incluyendo a Colombia, por alcanzar el equilibrio entre el desarrollo económico y el cuidado de los recursos naturales para el año 2030. El objetivo No. 7 “Energía asequible y no contaminante” que busca garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos (Naciones Unidas, 2018), para ello se requiere el aumento de la cobertura y la eficiencia energética, sumado a la implementación de energías renovables y limpias a partir de recursos naturales inagotables como la solar, eólica y térmica.

El mundo está avanzando hacia la consecución del Objetivo 7 con indicios alentadores de que la energía se está volviendo más sostenible y ampliamente disponible. El acceso a la electricidad en los países más pobres ha comenzado a acelerarse y la eficiencia energética continúa mejorando, para el año 2015 el 17,5 % del consumo final de energía fue de energías renovables, cifras que dan cuenta de los buenos resultados para el sector eléctrico, sin embargo; el 13 % de la población mundial aún no tiene acceso a servicios modernos de electricidad y más de 3000 millones de personas dependen de la madera, el carbón, el carbón vegetal o los desechos de origen animal para cocinar y calentar la comida (Naciones Unidas, 2022).

Para las Naciones Unidas se ha avanzado hacia el logro de este objetivo, ya que la energía se está volviendo más sostenible y ampliamente disponible, por ello se impulsa el uso de energías renovables definidas como “un tipo de energía derivadas de fuentes naturales que llegan a reponerse más rápido de lo que pueden consumirse” (Naciones Unidas, s.f.) por ser fuentes que se renuevan continuamente y se plantea garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, viables y modernos principalmente en países pobres, poniendo de relieve a África subsahariana donde viven sin acceso a la electricidad o es muy limitada y poco confiable.

Tener acceso a servicios energéticos asequibles y no contaminantes requiere el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias. Además, conlleva a ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles, elementos que constituyen las metas de este objetivo para el año 2030 (Naciones Unidas, s.f.).

Es importante mencionar que el ODS de energías asequibles y no contaminantes se encuentra entrelazado con la sostenibilidad ambiental. Según la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) como agencia especializada de las Naciones

Unidas que lidera los esfuerzos internacionales para vencer el hambre, al considerar que “los recursos naturales básicos y los ecosistemas se deben gestionar de manera sostenible, a fin de satisfacer la demanda alimentaria de la población y otras necesidades ambientales, sociales y económicas” (FAO, s.f.) y las energías limpias son un recurso natural que contribuye a la gestión ambiental.

La gestión ambiental es un proceso que está orientado a resolver, mitigar y/o prevenir los problemas de carácter ambiental, con el propósito de lograr un desarrollo sostenible, entendido éste como aquel que le permite al hombre el desenvolvimiento de sus potencialidades y su patrimonio biofísico y cultural y, garantizando su permanencia en el tiempo y en el espacio (Agudelo, 2018), por consiguiente; se requiere una buena gestión y manejo de las actividades del ser humano que influyen sobre el medio ambiente, a través de planes, programas y acciones que contribuyan a reducir el impacto.

La FAC aportando en la solución de la problemática mundial sobre protección del medio ambiente y el manejo racional de los recursos naturales renovables y no renovables ha impulsado proyectos que permiten optimizar el uso de la energía eléctrica y el aprovechamiento de la energía solar, entre los cuales se encuentran: El programa piloto en el Comando Aéreo de Combate No. 5 (CACOM-5), donde reemplazaron las bombillas de sodio por lámparas LED en los hangares, este proyecto ya había sido implementado en Estados Unidos y Canadá por la compañía Rudd Lighting, al igual que los sistema de paneles solares.

Otro proyecto liderado por el Comando de la Fuerza Aérea Colombiana (COFAC) es el Proyecto Marandúa 7 – 4 – 43 en el Grupo Aéreo del Oriente (GAORI), cuenta con Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Planta de Agua Potable, Embotelladora de Agua Marandúa, Manejo de Residuos Sólidos y Campañas de sensibilización para proteger los ecosistemas de la región, lo que ha posicionado a la Unidad Militar a la vanguardia en temas de protección del medio ambiente. El Proyecto está destinado a la producción y aprovechamiento del aire, el agua y el alimento, por ello cuento con: ganadería a menor escala, proyecto porcícola y granja integral con vivero y siembras de cultivos de mango, ahuyama y sandía (Fuerza Aérea Colombiana, 2015).

Es necesario destacar que, en el desarrollo de iniciativas que buscan mitigar las problemáticas ambientales las universidades han jugado un papel representativo en la promoción y planificación de las ciudades de América Latina, además, han creado redes de cooperación como la “Red Iberoamericana de Estudios Ambientales Urbanos” y la “Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe” que han permitido crear una sistema de cooperación compuesto por catorce centros de investigación en diferentes universidades, que tienen como finalidad el desarrollo académico e investigativo en numerosos programas de formación ambiental.

El desarrollo sostenible y la eficiencia energética en Colombia, se ha visto reflejado en diferentes proyectos liderados por Instituciones de Educación Superior (IES), por ejemplo, al suroccidente del país la Universidad Autónoma de Occidente (UAO) con el proyecto Campus Sostenible del Plan Estratégico de Desarrollo del año 2015, donde se implementaron paneles solares que cubren aproximadamente el 14 % de la demanda energética del campus académico. Adicional a este, adelantaron otros proyec-

tos ligados al desarrollo sostenible como lo son el tratamiento de agua, clasificación de residuos y la creación de una cultura institucional que responde a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Otro caso exitoso es la Pontificia Universidad Javeriana en Cali, comprometida con la implementación de energías limpias, el uso eficiente de la energía eléctrica y su adecuada gestión con la instalación de 379 paneles solares que cubre el 5 % de la demanda energética de la red eléctrica, lo cual representa una reducción de 136 toneladas de CO₂ que se han dejado de emitir a la atmósfera. Paralelamente han realizado la siembra de más de 1.879 árboles que contribuyen a la reducción de gases de efecto invernadero a través de la captura de carbono, acciones que dan cuenta de la responsabilidad social de la Institución con la preservación del medio ambiente.

Metodología

Esta investigación es tipo exploratorio. Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. “Los estudios exploratorios en pocas ocasiones constituyen un fin en sí mismos. Generalmente determinan tendencias, identifican áreas, ambientes, contextos y situaciones de estudio, relaciones potenciales entre variables; o establecen el “tono” de investigaciones posteriores más elaboradas y rigurosas” (Hernández, Baptista & Fernández, 2014, p. 91).

En este estudio se busca explorar la viabilidad de reemplazar el sistema de energía convencional con el que se alimentan las aulas del campus académico de la EMAVI por uno alimentado por una fuente de energía renovable como el solar fotovoltaico; que se exploraran las variables del proceso técnico, financiero y ambiental.

El método de investigación es no experimental. Según Hernández, Fernández y Baptista (2010, p. 149) la investigación no experimental, consiste en estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. En punto, se medirán los consumos de energía eléctrica de las aulas del campus académico de la EMAVI en el horario de clase 06:30 a 14:00 horas, cuando los Alféreces y Cadetes usan los dispositivos electrónicos y el sistema de aire acondicionado Chiller, para aclarar la viabilidad del proyecto.

El enfoque de investigación es cuantitativo. El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías (Hernández, Baptista & Fernández, 2014). Los datos de las mediciones de consumo de energía del campus académico de la EMAVI se analizarán y compararán con el sistema fotovoltaica propuesto para determinar la viabilidad de su implementación, considerando las variables del estudio técnico, económico y ambiental.

El proyecto contará con tres (3) etapas metodológicas para determinar la viabilidad de implementación.

1. **Etapla Técnica:** con las mediciones se obtendrá la demanda energética de las aulas del campus académico, se requerirán implementar y se determinarán condiciones con la estadística inferencial para identificar la demanda energética.
2. **Etapla Financiera:** se evalúan los modelos de inversión EPC (Engineering, Procurement, and Construction) y PPA (Power Purchase Agreements) que contienen indicadores económicos necesarios para determinar la viabilidad del proyecto.
3. **Etapla Impacto ambiental:** se evaluará el impacto ambiental del sistema de energía eléctrica actual y el sistema fotovoltaico con la medición de la huella de carbono.

Diagnóstico técnico del diseño de un sistema solar fotovoltaico para las aulas del campus académico de la EMAVI

El diagnóstico realizado incluyó las condiciones y requisitos técnicos de las aulas del campus académico, teniendo en cuenta aspectos como: localización, tamaño, alcance e ingeniería del proyecto. Además de un estudio de eficiencia energética para cuantificar el consumo energético.

- **Localización del proyecto**

La EMAVI es una Unidad Militar ubicada en la ciudad de Cali, en la comuna 7 y a su vez, es una Institución de Educación Superior donde se forma de manera integral al futuro Oficial de la FAC. El campus académico comprende un área de 3.165 M², distribuidos como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Área disponible para la implementación de paneles solares



Fuente: Google Maps, 2024.

Las áreas delimitadas con rojo corresponden a las cubiertas de los techos de las aulas del campus académico, cuyas áreas están divididas por bloques así:

- ✓ Área 1: Primer bloque de aulas, extensión: 585 m²
- ✓ Área 2: Segundo bloque de aulas, extensión: 705 m²
- ✓ Área 3: Tercer bloque de aulas, extensión: 485 m²
- ✓ Área 4: Cuarto bloque de aulas, extensión: 570 m²
- ✓ Área 5: Aula Máxima (auditorio) extensión: 840 m

El área que se pretende utilizar comprende las cubiertas de los 4 bloques de aulas de clase y el Aula Máxima. Se seleccionaron las cubiertas para optimizar espacio, producir la mínima afectación al ecosistema, teniendo en cuanta las zonas verdes, la fauna y flora. Adicionalmente, la radiación solar llegaría de forma directa, evitando al máximo posibles sombras, causadas por vegetación cercana, lo cual obstruye el proceso de captación de radiación solar.

- **Tamaño del proyecto**

Las áreas para intervenir para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico comprenden:

- ✓ Consumo de cuatro bloques de aulas de clase del campus académico, con su respectivo sistema de aire acondicionado.
- ✓ Consumo por aire acondicionado del auditorio “Aula Máxima” interrelacionado con la demanda energética del sistema de aire acondicionado Chiller.

El Chiller es un sistema de aire acondicionado que enfría agua para enviar aire a través de una Unidad Manejadora de Aire - (UMA) a las aulas de clase y auditorio “Aula Máxima” (AIRSON Ingenieros, 2022).

- **Disponibilidad de tecnologías**

En el mercado existen paneles fotovoltaicos según su tecnología y el silicio del que están compuestos las células solares pueden ser: Monocristalinos, Policristalinos, Amorfo y “Flexibles”.

- ✓ Monocristalinos PERC: Con una eficiencia de entre 19% - 20,7%, muy comercializados por su relación calidad/precio.
- ✓ Monocristalinos Tipo N: Son módulos de porcentaje de conversión superior a los convencionales, como los paneles solares sunpower maxeon, compuestos por material de mayor calidad y tienen una eficiencia de 19 a 21%
- ✓ Monocristalinos IBC: O también llamados de células de contactos traseros. Generalmente son células tipo-n y además con los contactos por la parte posterior de la célula. Por tanto, su eficiencia, durabilidad es muy superior al resto de 20 a 22,7%.
- ✓ Policristalinos: con porcentaje de conversión entre el 17-19%, tienen mejor relación calidad precio, pero su rendimiento es menor y se están dejando de fabricar.

- ✓ Amorfos (o Capa fina): en desuso, tienen rendimiento bajo y no son adecuados para instalaciones en viviendas (FEDER, 2015).

- **Alcance**

Disponibilidad de insumos y materia prima

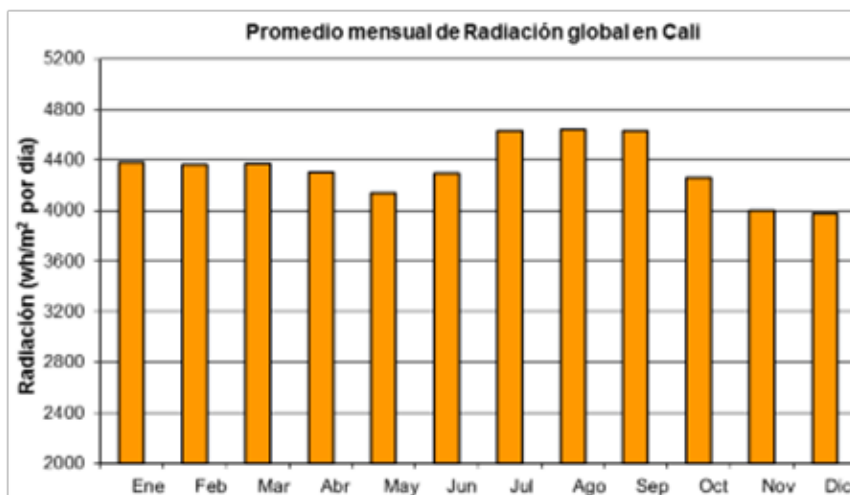
La materia prima se considera como el componente principal para la generación de energía a través del sistema fotovoltaico, en este caso el insumo fundamental para el proceso es la radiación y el brillo solares.

Radiación solar

La radiación solar es la materia prima en el proceso de generación de energía eléctrica a través de los paneles fotovoltaicos, debido a que el sol emite energía, ésta atraviesa la atmósfera, y sólo una tercera parte llega a la superficie del planeta, pues la atmósfera actúa como un filtro de mucha radiación luminosa (Montealegre B., 2014).

Como se mencionó anteriormente, Colombia por su ubicación geográfica se encuentra favorecida para la captación de la radiación solar. Teniendo en cuenta que la implementación del sistema se realizará en la EMAVI, ubicada en Cali, es importante conocer el promedio mensual de radiación en la ciudad, lo cual se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Promedio mensual de Radiación Global en Cali



Fuente: Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia – IDEAM.

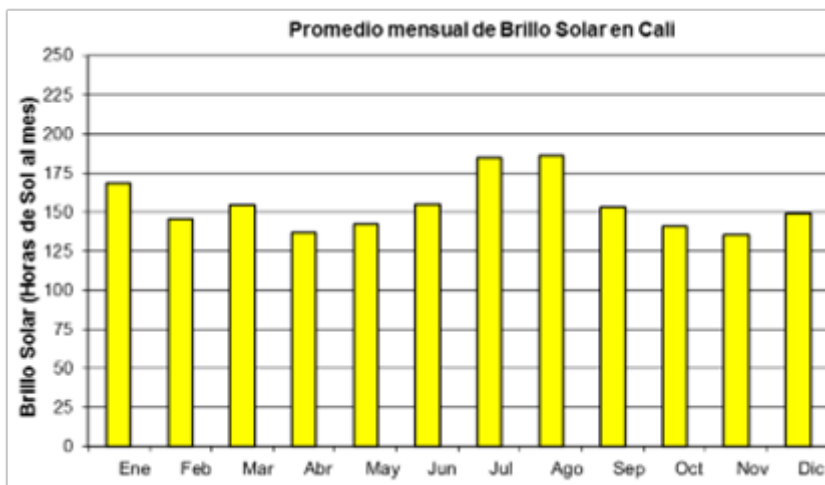
A partir de la ilustración se puede inferir que en la ciudad la radiación solar se encuentra entre 4300 y 4500 Wh/m² por día, lo cual representa un índice alto, solo por debajo de los departamentos de Guajira, Cesar y Atlántico. Los meses de mayor radiación son julio, agosto y septiembre.

Brillo solar

Una de las condiciones que determina la cantidad de energía recolectada, son las horas de exposición en la que se encuentran los paneles solares para la generación de energía fotovoltaica. La duración del brillo solar en horas representa el tiempo total durante el cual incide luz solar directa sobre el sistema de energía solar fotovoltaico, entre el amanecer y el atardecer.

Como Colombia no tiene cuatro estaciones en el año, la meteorología en nuestro país es muy variada por la ubicación geográfica, ya que no está en ninguno de los dos trópicos, sino en la línea ecuatorial. De acuerdo con información del IDEAM (2022) la ciudad tiene un brillo solar de 4-5 horas al día, por lo que se hace necesario establecer el brillo solar al mensual. La Figura 3 muestra el promedio mensual.

Figura 3. Promedio Mensual de Brillo Solar en Cali



Fuente: Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia – IDEAM, 2024.

El promedio de horas de brillo solar mensual es mayor en los meses de julio, agosto y septiembre con un promedio entre 125 y 175 horas, se puede tener un estimado de energía solar fotovoltaica de acuerdo con la cantidad de paneles instalados, esto infiere que el promedio por mes es de 150 horas de brillo solar por 5 horas pico al día.

Ingeniería del proyecto

La energía solar es una de las principales fuentes de energías del planeta, que de potenciarse adecuadamente sustentará la demanda energética de toda la población a nivel mundial. La tierra durante su movimiento de traslación puede recibir en su atmósfera una cantidad de energía superior a los 1000 vatios por metro cuadrado (w/m^2), pero vale aclarar que este número puede variar dependiendo de las condiciones

ambientales y de la época del año en la cual se encuentre el planeta, por lo tanto, es correcto decir que, la superficie terrestre recibe en promedio 340 w/m^2 durante todo el año (González, 2009).

La energía solar según su proceso de obtención puede clasificarse de dos formas calórica y fotovoltaica, la energía térmica puede clasificarse en 3 niveles según su intensidad baja, media y alta intensidad. Los sistemas de calefacción suelen usar la de baja intensidad, entendiéndose por calefacción la capacidad de subir o bajar la temperatura de un ambiente específico. Por otra parte, los sistemas de alta y media temperatura son capaces de producir energía eléctrica “mediante centrales de torre a través de colectores cilindro parabólicos en donde se calienta el fluido que transporta el calor, para después generar energía eléctrica por medio de una turbina y un alternador (Edenhofer, Pichs-Madrugay Sokona, 2011).

Según la Universidad de Murcia existen 2 campos de acción para la generación de energía eléctrica a partir de módulos fotovoltaicos, la primera corresponde a instalaciones aisladas y la segunda a instalaciones que se encuentran conectadas a la red eléctrica.

En el caso de las instalaciones aisladas se debe disponer de baterías para poder almacenar la energía producida, y de esta manera pueda estar disponible cuando sea necesario, este tipo de instalaciones cuenta con una potencia que oscila entre los 3 y 5 kWp, y es necesaria la presencia de un convertidor que se encargará de transformar la corriente continua en corriente alterna para que pueda ser utilizada en los equipos o electrodomésticos.

Por otra parte, las instalaciones conectadas a la red eléctrica cuentan con una potencia superior a los 1000 kWp, la cual debe contar también con un convertidor de potencia igual que se encargue de transformarla en energía alterna. Otro factor determinante al momento del diseño del sistema es el grado de inclinación de los paneles solares, para obtener el mayor nivel de eficiencia del sistema fotovoltaico, los paneles deben tener un grado de inclinación de 6 grados con orientación hacia el sur debido a que Colombia se encuentra sobre la línea ecuatorial (Cortés y Arango, 2017).

Elementos de un sistema de energía solar fotovoltaico

Módulo solar (panel solar) fotovoltaico

Componente encargado de transformar la radiación solar en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico. Están hechos principalmente por semiconductores (silicio) mono-cristalinos o poli-cristalinos. Los de mejor precio y mayor disponibilidad en el mercado internacional y colombiano es el policristalino, estos se caracterizan por su potencia nominal o potencia máxima que puede generar este panel en condiciones ideales (radiación de 1 kW/m^2 y temperatura de 25°C) (Alonso A. , 2005).

Regulador de carga

Es el encargado de controlar la tensión e intensidad con la que se cargan las baterías y de proteger la vida útil del sistema (AutoSolar, 2022).

Batería

La energía eléctrica de los paneles, una vez regulada va a las baterías. Estas almacenan la electricidad para poder usarla en otro momento, su comercialización es basada en la capacidad de almacenar energía y es medida en Amperios hora (Ah).

Inversor

Este componente convierte la corriente continua y bajo voltaje (12v o 24v típicamente) proveniente de las baterías o controlador en corriente alterna, para el caso de Colombia 120 V, de forma simplificada se puede decir que transforma la corriente continua en un tomacorriente convencional. Suele comercializarse según su potencia en Watts, calculada como el voltaje por corriente ($P=VI$). Corresponde a la demanda máxima de (potencia) de los equipos que se van a conectar.

Soportes

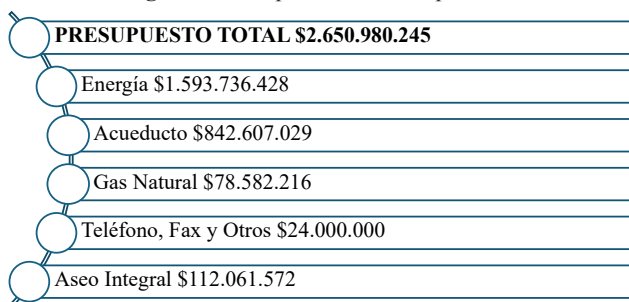
Este es un componente pasivo de los sistemas de energía solar. Encargado de mantener en su lugar los módulos fotovoltaicos y debe estar proyectado para soportar la intemperie de forma constante, expansiones térmicas durante mínimo 25 años (Sun Supply, 2021).

Estudio de eficiencia energética

Consumo general aulas de clase de la EMAVI

El estudio de eficiencia energética se realizó en las instalaciones de la EMAVI, para con datos suministrados del año 2019 por la Escuadrilla Servicios Públicos del Grupo de Apoyo Logístico - (GRUAL), máxime si se tiene en cuenta que 2020-2021 con la pandemia por COVID-19 no se tendría un dato real de la demanda energética. Según lo anterior, se basa en la información del presupuesto total de servicios públicos para el mismo año, que se representa en la Figura 4.

Figura 4. Presupuesto servicios públicos



Fuente: Elaboración propia, a partir de información GRUAL.

De la ilustración se puede inferir que el rubro de energía representa el 60,11% del presupuesto total asignado a la Unidad Militar para servicios públicos.

Gracias al apoyo del Ing. Andrés Felipe Luligo de la empresa KAMDA SEGURIDAD Y REDES se realizaron las mediciones para establecer la demanda energética de las aulas del campus académico durante el periodo 2018-2019, los cuales se discriminan en la Tabla 1.

Tabla 1. Consumo mensual periodo 2018-2019

MES	CONSUMO 2018	CONSUMO 2019	DIFERENCIA	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR kWh 2018	VALOR kWh 2019	DIFERENCIA
Enero	332.640	299.640	-33.000	kWh	\$390,78	\$431,03	\$40,25
Febrero	232.320	261.360	29.040	kWh	\$399,83	\$432,02	\$32,19
Marzo	303.600	289.080	-14.520	kWh	\$398,07	\$442,59	\$44,52
Abril	286.440	295.680	9.240	kWh	\$399,50	\$462,52	\$63,02
Mayo	281.160	297.000	15.840	kWh	\$417,62	\$469,12	\$51,50
Junio	298.320	298.320	0	kWh	\$421,15	\$451,91	\$30,76
Julio	267.960	300.960	33.000	kWh	\$411,71	\$430,72	\$19,01
Agosto	303.600	297.840	-23.760	kWh	\$413,42	\$429,03	\$15,61
Septiembre	281.160	170.280	-110.880	kWh	\$412,33	\$432,33	\$20,00
Octubre	304.920	273.680	-31.240	kWh	\$409,60	\$438,75	\$29,15
Noviembre	322.080	313.404	-8.676	kWh	\$418,56	\$385,91	(\$32,65)
Diciembre		293.944		kWh		\$364,98	

Fuente: Elaboración propia, a partir de información GRUAL.

Actualmente, la EMAVI cuenta con un sistema de aire acondicionado Chiller integrado que suple todas las aulas de aire acondicionado. La Figura 5 muestra la estructura del sistema.

Figura 5. Sistema Aire Acondicionado Chiller



Fuente: Elaboración propia.

Las mediciones realizadas el día 04 de septiembre 2019, durante la jornada académica (06:30 a 14:00 horas), en la planta de energía que se encuentra en la parte trasera de campus académico de la EMAVI se encontraron dos sistemas Chillers, que representa alto consumo de energía.

El consumo se calculó en diez (10) horas, correspondientes al tiempo en que los Alféreces y Cadetes usan las aulas del campus académico, incluyendo el tiempo de estudio en horario nocturno, especificado en la Tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones y consumo Chillers

Item	Especificaciones	Consumo
CHILLER 1	440 V	199 KWh
	3 líneas	
	60 Hz	
	325 A	
CHILLER 2	440 V	220 KWh
	3 líneas	
	60 Hz	
	373 A	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Teniendo en cuenta que el funcionamiento de los dos sistemas Chillers dispuestos para climatizar las aulas del campus académico, se calcula que estos equipos representan 419 KWh diario por este concepto.

El funcionamiento de estos equipos demanda una gran cantidad de energía. En la tabla 3, se presentan los consumos por unidad del sistema Chiller, considerando el consumo diario de 419 KWh y el uso de las aulas del campus académico que son veintiséis (26) días al mes, los cuatro (4) días restantes, corresponden al excedente de energía inyectada a la red.

Tabla 3. Consumo del periodo en relación con el sistema Chiller

Mes	Consumo 2019	Consumo Chiller	Representación
	(KWh)	(KWh)	%
Enero	299.640	10.894	3,64%
Febrero	261.360	10.894	4,17%
Marzo	289.080	10.894	3,77%
Abril	295.680	10.894	3,68%
Mayo	297.000	10.894	3,67%
Junio	298.320	10.894	3,65%
Julio	300.960	10.894	3,62%
Agosto	297.840	10.894	3,89%
Septiembre	170.280	10.894	6,40%
Octubre	273.680	10.894	3,98%
Noviembre	313.404	10.894	3,48%
Diciembre	293.944	10.894	3,71%
TOTAL	3.373.188	130.728	3,87%

Fuente: Elaboración propia, a partir de información GRUAL, 2024.

El valor del consumo del año 2019, el total del año es de 3.373.188 KWh, y el consumo del sistema Chiller de 130.728 KWh anuales, por lo que se puede deducir que el consumo anual representa el 3,87 % del consumo total de la EMAVI. En consecuencia, las aulas del campus demandan un consumo mayor de energía cuando estas se encuentran ocupadas por los Alféreces y Cadetes haciendo uso de los equipos electrónicos, la Tabla 4 muestra el consumo de las aulas de clase con diferentes dispositivos.

Tabla 4. Especificaciones de consumo aulas de clase

Elemento	Cantidad	Consumo	Consumo aula por hora
Lámpara LED	16	18 W	288 W
Laptop	20	200 W	4.000 W
Tablero Inteligente	1	3 W	3 W
Parlantes	1	1.2 W	1.2 W
Proyector	Video 1	140 W	140 W
Beam			
TOTAL			4.429,2 W

Fuente: Elaboración propia, 2024.

El consumo de los dispositivos electrónicos instalados en las aulas del campus académico corresponde a 4,429.2 W, 45 KWh diarios, equivalente a 14.040 KWh anuales y un 0,4 % con respecto al consumo total de la EMAVI. con respecto al consumo total de energía anual de 144.768 KWh. Por lo anterior, se puede determinar que la demanda energética de las aulas teniendo en cuenta el consumo del sistema Chiller (419 KWh) y los dispositivos electrónicos (45 KWh) es de 464 KWh diarios.

De acuerdo con las entrevistas realizadas al Ingeniero Andrés Felipe Luligo experto en ingeniería eléctrica con amplia capacitación en sistemas de energía fotovoltaicos, el umbral de cantidad de KWh debe ser mayor al demandado para que cubra eventualidades de los requerimientos energéticos. En este proyecto ese umbral se debe aumentar 40 KWh, así la demanda total energética requerida por las aulas del campus académico de la EMAVI es de 504 KWh, que representa el 4,29 % del consumo total de energía de la Unidad Militar.

• Capacidad de producción de energía fotovoltaica del sistema

La capacidad de producción de energía fotovoltaica varía en relación con las horas del día, considerando que la luz solar permanece entre las 06:00 y las 18:00 horas la potencia depende de las horas pico en la ciudad de Cali. Por razones de eficiencia y considerando datos del IDEAM sobre brillo solar, solo se considerarán las cinco horas máximas diarias para consolidar la capacidad de producción del sistema, que tendría una producción de 2520 KWh al día.

Viabilidad económica del sistema solar fotovoltaico para las aulas del campus académico de la EMAVI

• Mercado

En Colombia el mercado de energía solar fotovoltaica está creciendo, debido a que la transición energética es una de las prioridades del Gobierno Nacional incluido en el Plan Nacional de Desarrollo – (PDN). Este interés ha generado una serie de beneficios tributarios como los establecidos en la Ley 1715 de 2014, la cual otorga incentivos como: la exención del IVA, aranceles, depreciación acelerada y descuento en la Renta para quienes hacen estos desarrollos en energías renovables.

Además, es una fuente de energía ideal para el país, pues al estar ubicado en el trópico, siempre tiene buenos índices de radiación solar: el promedio local es de 4,5 horas pico, mientras que en el resto del mundo es de 3,9, de acuerdo con la organización ambientalista Fondo Mundial para la Naturaleza – WWF siglas en inglés (Echeverri, 2016).

• Modelos económicos

Modelo de compra de energía (PPA)

Los acuerdos de compra de energía o PPA's (Power Purchase Agreements) es un tipo de contrato de compraventa que le permite a nuestros clientes adquirir la energía eléctrica a un precio mucho más bajo que el estándar del mercado mediante una negociación de tarifa a largo plazo. El cliente no realiza ninguna inversión y con el beneficio de que el cliente será dueño de la planta al finalizar el contrato (Greenyellow, 2019).

Modelo venta de proyecto (ECP)

El modelo de inversión total directa para la implementación del sistema o modelo EPC (Engineering, Procurement, and Construction), requiere el 100% de la inversión para la implementación y mantenimiento, en este caso, la EMAVI sería generador de energía. En este modelo la compañía de energía solar se compromete a suministrar los equipos necesarios, instalarlos y ponerlos en funcionamiento, en el lugar y tiempo acordados con el contratante o cliente (Allianza Energy, 2020).

Indicadores Financieros

Los indicadores económicos determinan la viabilidad económica del proyecto para este caso la rentabilidad y la tasa de descuento con relación al consumo de 2019. En las facturas de energía el valor del KWh promedio es \$430.91, la rentabilidad del proyecto es igual a la cantidad de energía demandada por el sistema de energía solar fotovoltaico, esto quiere decir; que la utilidad es igual al consumo de KWh de las aulas del campus académico, siendo el sistema el que reemplace el consumo de energía tradicional suministrado por EMCALI, tal como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Consumo de energía reemplazada por energía solar

Tiempo	Cantidad (KWh)	Valor en pesos
	1	\$430,91
1 día	2.520	\$1.085,89
1 mes	75.600	\$32.576.796
1 año	907.200	\$390.921.552

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En relación con los modelos de inversión de energía solar PPA y EPC, el retorno de inversión es el mismo. El modelo PPA la utilidad o el retorno de inversión es igual al ahorro que realiza al reemplazar el consumo de energía eléctrica por solar fotovoltaica, con el condicionante de que se compra el KWh con tarifa estable al proveedor dueño del proyecto y, en el EPC la utilidad o retorno de inversión es el 100% de ahorro, al reemplazar el consumo de la energía tradicional.

• **Tasa de descuento**

La tasa de descuento es el coste de capital que se aplica para determinar el valor presente de un pago futuro (Vásquez B., 2015). Bajo el modelo EPC donde no se cuenta con la tasa de interés y de depreciación, excluyendo mantenimiento y eventualidades externas, la tasa se calcula sobre la vida útil del proyecto. Según la cotización de la empresa KAMDA SEGURIDAD Y REDES, el valor total del proyecto sería de US\$547.923 dólares, en pesos colombianos con un valor promedio de \$3.782 año 2019 equivale a \$2.072.244.786 y el mantenimiento anual de aproximadamente \$10.000.000, lo que generaría una tasa de descuento del 0,48 %.

• **Rentabilidad**

La rentabilidad económica es el beneficio que obtiene una empresa por las inversiones realizadas y suele expresarse como un porcentaje (Westreicher , 2020).

En el modelo PPA la inversión es \$0 y el costo del KWh es más económico frente a la empresa que presta el servicio de energía eléctrica, pero no es mayor al 10 %, esto quiere decir, que la rentabilidad está dada por KWh que es igual a \$44 pesos. Con esta información se determina el consumo en KWh de un mes treinta (30) días como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Rentabilidad de los modelos de inversión

PPA		Cantidad de EPC ahorro		Cantidad producida	
	1 KWh	\$44		1 KWh	\$430,91
1 día	2.520 KWh	\$110.880	1 día	2.520 KWh	\$1.085.893
1 mes	75.600 KWh	\$3.326.400	1 mes	75.600 KWh	\$32.576.796
1 año	907.200 KWh	\$39.916.800	1 año	907.200 KWh	\$390.921.552
Valor en dólares		US\$10.554,41	Valor en dólares		US\$10.554,41
% ahorro 10%			Rentabilidad		18,8%

Fuente: Elaboración propia, 2024.

De la tabla anterior podemos inferir que, ambos modelos de inversión son viables, pero el modelo PPA se obtiene la energía solar por un valor menor que la energía tradicional (10 %) y no requiere inversión económica por parte de la EMAVI. El precio se relaciona con el pago de las facturas del año 2019 del rubro de servicio de energía, lo cual se muestra en la Tabla 7 de relación de consumos y pagos.

Tabla 7. Relación consumo- pagos modelo PPA

Mes	Consumo 2019	Consumo campus KWh (4,29%)	Capacidad máxima generada por el sistema KWh/mes	Valor KWh sin PPA	Costo total sin PPA	Valor KWh con PPA (-10%)	Costo total con PPA
Enero	299.640	11.608	75.600	\$430	\$32.508.000	\$386	\$29.181.600
Febrero	261.360	10.125	75.600	\$430	\$32.508.000	\$386	\$29.181.600
Marzo	289.080	11.199	75.600	\$430	\$32.508.000	\$386	\$29.181.600
Abril	295.680	11.455	75.600	\$430	\$32.508.000	\$386	\$29.181.600
Mayo	297.000	11.506	75.600	\$430	\$32.508.000	\$386	\$29.181.600
Junio	298.320	11.557	75.600	\$430	\$32.508.000	\$386	\$29.181.600
Julio	300.960	11.659	75.600	\$430	\$32.508.000	\$386	\$29.181.600
Agosto	297.840	10.841	75.600	\$430	\$32.508.000	\$386	\$29.181.600
Septiembre	170.280	6.597	75.600	\$430	\$32.508.000	\$386	\$29.181.600
Octubre	273.680	10.602	75.600	\$430	\$32.508.000	\$386	\$29.181.600
Noviembre	313.404	12.141	75.600	\$430	\$32.508.000	\$386	\$29.181.600
Diciembre	293.944	11.387	75.600	\$430	\$32.508.000	\$386	\$29.181.600
TOTAL	3.373.188	144.768	907.200		\$390.096.000		\$350.179.200

Fuente: Elaboración propia, 2024.

A partir de la Tabla 7 se concluye que, si en 2019 se hubiera implementado un sistema de energía solar fotovoltaica con un modelo PPA, los pagos realizados por servicio de energía solar serían de \$350.179.200 frente a los pagos de energía tradicional de \$390.096.000, lo que representaría un ahorro del 10 %.

Evaluación del impacto ambiental de la implementación de un sistema solar fotovoltaico para las aulas del campus académico de la EMAVI

Para continuar con el desarrollo de este proyecto es indispensable hacer un análisis comparativo entre el impacto ambiental generado por el uso de energía tradicional que actualmente se obtiene a través de la red Sistema Eléctrico Interconectado Nacional – (SIN) y el generado por un sistema alimentado por una fuente de energía solar fotovoltaica.

Con la intención de realizar este análisis, se tomará como base el modelo propuesto por la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá para el cálculo y reporte de la huella de carbono corporativa según ISO 14064. Cabe aclarar que la medición se centrará solo en el cálculo de los factores de emisión de la red eléctrica. Este proceso de medición se va a llevar a cabo por medio de 4 fases:

1. Definición de los límites de la medición.
2. Definición año base histórico.
3. Cuantificación de las emisiones.
4. Análisis de resultados y conclusiones.

Definición de los límites de la medición

Para la definición de los límites se evaluarán los tres alcances planteados para la medición de la huella de carbono: Alcance 1 emisiones directas de GEI, Alcance 2 emisiones indirectas de GEI y Alcance 3 otras emisiones indirectas derivadas de las emisiones indirectas restantes.

Límites operacionales

A continuación, se definen los límites de acuerdo con las emisiones directas o indirectas que se generan en las aulas del campus académico de la EMAVI, y se determina el nivel de relevancia dentro de la medición de huella de carbono, lo cual se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Definición Alcances y su nivel de Pertinencia en la medición

Tipo de emisión	Descripción	Aplica	No Aplica
Emisiones directas Alcance 1	En este alcance se incluyen las emisiones directas como el consumo de combustibles fósiles de gasolina, así como el uso de extintores		X
Emisiones indirectas Alcance 2	En este alcance se incluyen las emisiones indirectas que corresponden al uso de aparatos y equipos eléctricos para el desarrollo de las actividades	X	
Otras emisiones indirectas Alcance 3	En este alcance se incluyen las emisiones indirectas producto de los viajes realizados por los servidores por motivos laborales, así como el consumo de papel en la entidad		X

Fuente: Elaboración propia, a partir de información Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, 2024.

Según la transversalidad del proyecto, se definieron como objeto de estudio las Emisiones Indirectas Alcance 2 correspondientes al uso de equipos eléctricos y electrónicos en las aulas campus académico de la EMAVI por parte de Alféreces y Cadetes para desarrollar actividades diarias.

Año base histórico seleccionado

Para el cálculo de la huella de carbono en las aulas del campus académico de la EMAVI el año base es 2019, debido a que se cuenta con información completa y precisa del consumo de energía eléctrica suministrada por la Escuadrilla Servicios Públicos del GRUAL.

Cuantificación de emisiones

En la Tabla 9, se presentan las principales emisiones de GEI generadas por el consumo de energía eléctrica en las aulas del campus académico de la EMAVI en 2019, según el Alcance 2 emisiones indirectas.

Tabla 9. Consumo de energía eléctrica

Categoría	Carga	Ambiental	Fuente	Cantidad	% Participación
Energía eléctrica	Energía adquirida	Eléctrica	Consumo de energía eléctrica producto de las actividades diarias del campus académico de la EMAVI	144.768 KWh	4,29%
Energía eléctrica	Energía adquirida	Eléctrica	Consumo de energía eléctrica producto de las actividades diarias desarrolladas en la EMAVI año 2019	3.228.420 KWh	95,71%
TOTAL				3.373.188 KWh	100%

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Cuantificación de Emisiones Indirectas Alcance 2

El consumo de energía calculado en las aulas del campus académico de la EMAVI incluyendo el sistema de aire acondicionado Chiller, generaron 31,292.252 KgCO₂, que corresponde al 4,18 % del total de emisiones de CO₂ generados por la Unidad Militar.

Este cálculo se realizó utilizando la calculadora FECOC 2016, que nació de una iniciativa del Gobierno Nacional para afianzar su compromiso con el Convenio de la Naciones Unidas sobre el cambio climático. Esta calculadora tiene como objetivo “Facilitar el cálculo de emisiones de CO₂ generados por el aprovechamiento energético de los combustibles que actualmente hacen parte importante de la canasta energética colombiana” (UPME, 2019).

A continuación, en la Tabla 10 se presentan las emisiones de CO₂ año 2019 para las aulas del campus académico de la EMAVI y las correspondientes al resto de las instalaciones de la Unidad Militar de Alcance 2.

Tabla 10. Emisiones EMAVI 2019

Alcance	Fuente	Emisiones CO2 / año	Porcentaje del total
2	Energía adquirida – Aulas del campus	23.796,9638 KgCO ₂	4,29%
2	Energía adquirida – Unidad Militar EMAVI	554.484,643 KgCO ₂	95,71%

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos Calculador FECOC, 2016.

Análisis de Resultados y Conclusiones

Conforme a la medición de huella de carbono y rigiéndose a los estándares de la NTC ISO 14064–1 de 2006 y el Protocolo Gases Efecto Invernadero (GHG) siendo ambas referentes generales para calcular la huella de carbono corporativa, se determinó que las aulas del campus académico de la EMAVI emiten el 4,29 % de las emisiones indirectas de Alcance 2, correspondiente a la adquisición de energía eléctrica con un equivalente de 23.796,9638 KgCO₂.

Impacto ambiental sistema de energía fotovoltaico

El uso de un sistema de energía fotovoltaico puede repercutir de forma positiva y negativa dentro del ecosistema donde está instalado.

Existen numerosos factores ambientales que afectan de forma positiva el ambiente, uno de los más representativos es el efecto que tiene en la disminución de GEI, ya que su factor de emisión es mucho menor al que se genera por el uso de cualquier combustible fósil o de otra fuente de energía convencional. Según Serrano-Guzmán et al. (2017) las emisiones generadas por un sistema fotovoltaico son de 0,00631 de KgCO₂, frente a las de un sistema de energía convencional de 0,16438 de KgCO₂.

Entre los factores que pueden afectar negativamente al ambiente, están los derivados de la sobreexplotación de suelos, lo que puede desencadenar la migración forzada de algunas especies animales, por la obstaculización de su movilidad y la intromisión en sus hábitats. Por otra parte, la remoción de la capa vegetal por la instalación de las celdas solares repercute en la fertilidad del suelo y, por último, los compuestos de las celdas solares que son metales pesados como Níquel, Arsénico y Plomo que contienen un alto nivel de toxicidad.

Por último, los protocolos de limpieza de las celdas solares se requieren el uso de agua (0.02 m³) por megavatio hora de energía. El agua utilizados en el proceso de lavado termina con sedimentos y son vertidos al suelo, lo cual puede afectar la cobertura vegetal y desencadenar su erosión.

Conclusiones

El sistema de energía solar fotovoltaico para las aulas del campus académico de la EMAVI estará compuesto por 1.400 paneles, que cubren un área aproximada de 2.800 m², y será capaz de producir 504KWh para satisfacer la demanda del proyecto que corresponde a 464 KWh.

Los paneles fotovoltaicos estarán ubicados en las cubiertas de las aulas del campus académico y Aula Máxima (auditorio), para optimizar espacio y evitar posibles efectos sombra causado por árboles, estructuras o agentes cercanos que impidan que la luz solar se obtenga uniformemente.

Para 2019, la EMAVI paga el KWh por \$430,91, pero al implementarse el sistema fotovoltaico bajo un modelo de compra de energía PPA, el mismo servicio se contrataría por \$386,91 por KWh, obteniendo un ahorro de unos 10 %, equivalente a \$350.179.200, frente a un consumo de \$390.096.000 de energía tradicional, lo cual hubiera generado un ahorro de \$39.916.800 anuales. Sin embargo, si se opta por modelo de inversión EPC, la Unidad Militar tendría que hacer una inversión de \$2.072.244.786, pero obtendría un retorno de inversión pasado 5,45 años recuperando el 100% y percibiendo un porcentaje de ahorro del 18,34 %.

La adquisición de energía eléctrica genera altas emisiones de GEI, por el desarrollo de las actividades diarias en las aulas del campus académico de la EMAVI, resulta viable técnico, económico y ambientalmente la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en las áreas del proyecto.

El sistema de energía solar fotovoltaico genera una reducción de la huella de carbono en las Emisión Indirectas Alcance 2 correspondiente al uso de aparatos y dispositivo eléctricos para el desarrollo de las actividades de formación del personal de Alféreces y Cadetes, de implementarse este sistema se lograría una disminución radical de las emisiones de 23.796,9638 KgCO₂/KWh a 913,48608 KgCO₂/KWh.

Recomendaciones

Entre las características de un sistema de energía solar fotovoltaico es su potencial de expansión para aumentar su capacidad de generación de energía, sin que esto represente un perjuicio para el activo fijo inicial instalada, lo que nos lleva a la proyección de este tipo de sistemas con fuentes alternativas para satisfacer la necesidad energética de toda la Unidad Militar.

La FAC de potencializar y apoyar el desarrollo de iniciativas y/o proyectos de investigación enfocados al Desarrollo Sostenible, lo cual resulta de vital importancia para que la Institución se encuentre a la vanguardia en la proyección, estudio e implementación de planes y acciones encaminadas al uso eficiente de los recursos naturales.

La implementación de un sistema de energía fotovoltaico es una alternativa a evaluar para ser implementada no solo en la EMAVI, sino en otras Unidades Militares donde la intermitencia del flujo de energía eléctrica o la dependencia a un sistema de energía termoeléctrico, generan una cantidad representativa de emisiones de GEI sumado a los costos elevados para garantizar su funcionamiento.

El modelo económico propuesto para la implementación del sistema de energía fotovoltaico es el de contratación PPA, teniendo en cuenta que: no se requiere ninguna inversión, por lo tanto, el presupuesto anual de la EMAVI no se vería afectado y, segundo la empresa con la cual se contrate el servicio, asume todos los gastos de mantenimiento preventivo de los equipos y las pólizas de seguro todo riesgo del activo, en caso de daño o averías en el sistema.

Referencias bibliográficas

- Agudelo, C. (2018). *Economía y Gestión Ambiental: Unidad 1 Gestión Ambiental*. Fundación Universitaria Los Libertadores. <http://hdl.handle.net/11371/2154>.
- AIRSON Ingenieros . (2022). *¿Qué es un Chiller?*. <https://www.airsoningenieros.com/que-es-un-chiller-funcionamiento-y-mantenimiento/>
- Allianza Energy. (06 de 02 de 2020). *Engineering Procurement and Construction*. <https://allianzenergy.com.co/>
- Alonso A. , M. (2005). *Sistemas Fotovoltaicos*. Madrid: Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas - CIEMAT.
- AutoSolar. (2022). Energía Solar: <https://autosolar.es/>
- Cortés, S., & Arango , A. (2017). Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía. *Revista Ciencias Estratégicas*, 375-390.
- Cumbre Pueblos . (26 de 07 de 2019). *Historia de la energía solar*. Obtenido de <https://cumbrepuebloscop20.org/energias/solar/historia/>
- Distribución Activa Multisectorial SL. (s.f.). JAB. Obtenido de Historia de las células solares y su evolución tecnológica. <https://www.grupojab.es/historia-de-las-celulas-solares-y-su-evolucion-tecnologica/>
- Echeverri, M. (11 de 06 de 2016). La República. Obtenido de Empresas que apuestan por la energía solar: <https://www.larepublica.co/>
- Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., & Sokona, Y. (2011). *Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- Enelx. (s.f.). *¿Qué es un sistema fotovoltaico y cómo funciona?*: <https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/how-does-a-photovoltaic-system-work>
- Estevéz, R. (08 de 05 de 2018). EcoinTELigencia. *Pioneros del diseño sostenible: Augustin Mouchot*. <https://www.ecointeligencia.com/2018/05/pioneros-dise-no-sostenible-augustin-mouchot/>
- FAO. (s.f.). *Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/mdg/goal-7/es/#:~:text=Objetivo%20de%20Desarrollo%20del%20Milenio,necesidades%20ambientales%2C%20sociales%20y%20econ%C3%B3micas>.
- FEDER. (2015). Sunfields Europe. Obtenido de Tipos de Paneles Solares: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/tipos-de-placas-solares/>
- Fuerza Aérea Colombiana. (16 de Enero de 2015). *Fuerza Aérea comprometida con el medio ambiente*. www.fac.mil.co

- González V., J. (2009). *Energías Renovables*. Cádiz: Editorial Reverté.
- Greenyellow. (2019). Greenyellow. Obtenido de Energía Solar PPA. <https://www.greenyellow.co/>
- Gubenilli, G. (18 de 02 de 2022). *Energía Estratégica*. <https://www.energiaestrategica.com/colombia-duplico-toda-su-potencia-instalada-fotovoltaica-solo-durante-el-2021/#:~:text=Esto%20signific%C3%B3%20un%20incremento%20de,MW%20solares%20fotovoltaicos%20en%20operaciones>.
- Iberdrola S.A. (2020). *¿Qué es la huella de carbono y por qué es vital reducirla para frenar el cambio climático?*. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/huella-de-carbono#:~:text=La%20huella%20de%20carbono%20representa,y%20cotidianas%20del%20ser%20humano>.
- Magraner, X. (26 de 02 de 2020). Lavanguardia. *Calendario maya: una civilización ligada a la astronomía*. <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20200224/473752233497/calendario-maya-astronomia-sol-estrellas-profecia.html>
- Montealegre B., J. (2014). *Actualización del componente meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico*. Bogotá: IDEAM.
- Naciones Unidas. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Noruega: Naciones Unidas .
- Naciones Unidas. (04 de 05 de 2022). Noticias ONU Mirada global Historias humanas. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2022/05/1508092>
- Naciones Unidas. (Consultado 21/06/2022 de 2022). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Acción por el clima*. <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy#:~:text=Las%20energ%C3%ADas%20renovables%20son%20un,estas%20fuentes%20se%20renuevan%20continuamente>.
- Naciones Unidas. (s.f.). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- ONU. (1987). *Desarrollo y Cooperación Económica Internacional: Medio Ambiente*. Noruega: Naciones Unidas.
- Ossa O., G. (06 de 10 de 2016). Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de Estudio técnico y financiero para la implementación de sistemas solares de alumbrado público en las zonas comunes de conjuntos residenciales: <https://hdl.handle.net/11059/6603>

- Perpiñán, O. (2020). *Energía Solar Fotovoltaica*. España: Creative Commons.
- Planas, O. (16 de 12 de 2015). *Energía Solar*. Obtenido de <https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/historia>
- Ramos, P. (05 de 07 de 2021). Los 5 sectores que más emisiones de CO2 producen al planeta. El tiempo. <https://www.eltiempo.es/noticias/los-5-sectores-que-mas-emisiones-de-co2-producen-al-planeta>.
- Serrano-Guzmán, M., Pérez-Ruiz, D., Galvis-Martínez, J., Rodríguez S., M., & Correa T., S. (2017). *Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia*. *Investigación y Ciencia*, vol. 25, núm. 71, 85-93.
- Sun Supply. (02 de 07 de 2021). *Componentes de un sistema de energía solar*. <https://www.sunsupplyco.com/>
- UNAL. (09 de 10 de 2022). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de Huella de Carbono: <https://ogabogota.unal.edu.co/huella-de-carbono/>
- UPME. (2019). *Unidad de Planeación Minero Energética*. Obtenido de Calculadora FECOC 2016: http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html
- Vásquez B., R. (26 de 11 de 2015). *La tasa de descuento*. <https://economipedia.com/>
- Westreicher, G. (25 de 04 de 2020). *Rentabilidad económica*. <https://economipedia.com/>

CAPÍTULO 4.

Análisis de la adopción de energía solar en los alojamientos del Grupo Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

OD18. Alexandra Ibargüen Asprilla¹¹

alexandra.ibarguen@emavi.edu.co

Código ORCID: 0000-0001-8117-3154

ST. Gómez Vargas Gabriela¹²

gabriela.gomezv@fac.mil.co

Resumen

A nivel mundial existe gran preocupación por la pérdida progresiva de los recursos naturales, por ellos los gobiernos han tomado el compromiso y responsabilidad de proteger y propender por su cuidado, teniendo en cuenta que la escasez de estos conlleva consecuencias para la calidad de vida de los seres vivos que habitan el planeta.

En Colombia, la problemática ha sido abordada no solo por el Gobierno Nacional, sino también por la fuerza pública y la Fuerza Aeroespacial Colombiana – FAC en su *Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial 2042 – EDAES 2042* en el marco de las Políticas Institucionales de Soporte contempla la PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE al establecer que “a través de la construcción de capacidades y el desarrollo de operaciones, apoyará a la preservación y defensa del agua, la biodiversidad y el medio ambiente, considerados activos de interés estratégico de la nación” (FAC, 2021, p. 12) .

La Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” – EMAVI como Institución de Educación Superior – IES donde se forman los futuros Oficiales de la FAC se encuentra inmersa en este marco de acción, máxime si se tiene en cuenta la búsqueda de alternativas para la reducción del consumo de energía eléctrica, sin que se afecte el normal desarrollo de las actividades y operaciones. En ese sentido, el Grupo Cadetes – GRUCA es el área donde se instala al personal de Alféreces y Cadetes en proceso de formación, por ende, el consumo energético es más elevado por las actividades que se desarrollan en el día a día.

11 Tecnóloga en Gestión Ejecutiva, Administradora de Empresas y magíster en Administración de la Universidad del Valle, Docente de planta de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, Programa de Administración Aeronáutica, Coordinadora del Semillero de Investigación en Logística e Industria Aeronáutica, SILOGA. Curso Método del Caso FAC en INALDE Business School.

12 Administradora Aeronáutica y Especialización en Gestión del Talento Humano de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, curso programa de Desarrollo Estratégico en Gestión del Talento Humano en Universidad de Los Andes. Jefe Departamento Desarrollo Humano del Grupo Aéreo del Caribe - GACAR.

En este capítulo de libro expone el análisis de la adopción de un sistema de energía solar para los alojamientos del GRUCA de la EMAVI, a través de una caracterización de los aparatos eléctricos y electrónicos utilizados por los Alféreces y Cadetes. Luego, se determinarán los costos del suministro energético con respecto a las actividades diarias, y finalmente, se estimará el impacto económico y ambiental de la sustitución por una fuente de energía renovable.

Palabras clave: Alojamientos, Energía solar, Grupo Cadetes, Impacto, Medio ambiente.

Introducción

La EMAVI se abastece de una red interconectada que suministra la energía eléctrica necesaria para el desarrollo de las actividades diarias, en las diferentes áreas de la Unidad Militar, sin embargo; la reducción de los costos económicos por el consumo energética y la protección del medio ambiente establecido como Política Institucional de la FAC, conlleva a la búsqueda de alternativas en fuentes de energía renovable como la radiación solar.

La energía solar es aquella que se obtiene de la radiación solar que llega a la Tierra en forma de luz, calor o rayos ultravioleta (Significados.com, 2023). Este tipo de energía es considerada limpia, renovable e ilimitada, pues proviene del Sol y estas características hacen de esta fuente de energía un potencial de alto desarrollo ambiental y económico. Según informes de las Naciones Unidas la energía solar tiene capacidad para producir 98 gigavatios (GW) adicionales, una contribución superior al de otras fuentes como las plantas de carbón 35 GW, las de gas 38 GW, las de petróleo 3GW y la energía nuclear 11GW (ONU, 2018), concluyendo que, la energía solar es el sector donde más se puede aumentar la capacidad para producir electricidad.

La electricidad producida a partir de la energía solar requiere un proceso de transformación, ya que la radiación electromagnética que proviene del Sol debe recolectarse a través de colectores térmicos o células fotovoltaicas. En la primera, se aprovecha la radiación de forma directa para generar energía solar térmica, mientras en la última, se aprovecha de forma indirecta a través de paneles fotovoltaicos “cuando la energía solar sea absorbida, las células fotoeléctricas transforman esa energía en corriente continua, para luego a través del inversor transformarse en corriente alterna, y así darles uso a los equipos eléctricos” (Ecofener, 2018).

La energía solar fotovoltaica se reconoce limpia por proceder de una fuente natural y ecológica, por tanto, no contamina, pues no emite gases de efecto invernadero, contribuyendo así a reducir el calentamiento global, por ser una tecnología eficiente contra el cambio climático. Además, la adopción de este tipo de sistema presume la reducción de costos económicos a largo plazo, comparado con el sistema de energía eléctrica tradicional que tiende al alza en costos, de hecho, la ministra de Minas confirmó que las tarifas de energía en el país se incrementarían con la llegada del fenómeno de El Niño y hasta un posible desabastecimiento en el servicio de energía (El País, 2023).

La adopción de este sistema se encuentra asociado con las condiciones climáticas (radiación solar) y la ubicación geográfica de la EMAVI en la ciudad de Cali puede ser un elemento determinante para su eficiencia. El clima de Cali oscila entre cálido y seco, la temperatura promedio es de 23.9 °C, al medio día la temperatura máxima media oscila entre 30 y 31 °C. En la madrugada la temperatura mínima está entre 19 y 20 °C. El sol brilla cerca de 4 horas diarias en los meses lluviosos (marzo, abril, mayo, septiembre y octubre), pero en los meses secos (enero, febrero, julio y agosto) la insolación llega a 6 horas diarias, en promedio (IDEAM, s.f.).

En definitiva, la energía solar puede resultar una buena alternativa para generación de energía eléctrica por ser ilimitada, renovable, limpia, amigable con el medio ambiente, frente a fuentes de energía primaria no renovables y que en nuestro país representan el 90,4 % de la producción y que se encuentra distribuida en Petróleo 40.6 %, Carbón mineral 33.1 %, Gas natural 16.7 %, Hidroenergía 4.3 %, Leña 2.5 %, Bagazo 2.2 %, mientras la producción de energía secundaria como la eléctrica del Sistema Interconectado Nacional – S.I.N obtenida de fuentes primarias, transformada por medios técnicos representa el 26.9% (Más Colombia, 2022).

Revisión de literatura

Los desarrollos tecnológicos han sido un aliado en el desarrollo del hombre y en el mejoramiento de su calidad de vida. La energía es el “combustible” necesario para el crecimiento económico y la mejora del bienestar, por su incidencia directa en la productividad, la salud, la educación, el abastecimiento de agua potable, los servicios de comunicación, y demás beneficios y servicios (TotalEnergies, 2020).

Desde el descubrimiento del petróleo como mezcla de compuestos orgánicos, principalmente diferentes hidrocarburos (Wikipedia, 2023) el hombre ha buscado el aprovechamiento de cada uno de sus componentes y actualmente, el petróleo se ha convertido en la principal fuente de energía, y la materia prima más importante objeto de comercio entre los países. Más de la mitad de la energía que mantiene en actividad a nuestra civilización proviene de esta fuente energética no renovable (REPSOL, 2019)

Actualmente, el petróleo como recurso estratégico presenta carencia, lo cual afecta la economía de muchos países y Colombia no es la excepción, aunque es productor de hidrocarburos. Sin embargo; la economía colombiana tiene una enorme dependencia a este recurso, aunque existe una gran precariedad de las reservas probadas y la dinámica de su crecimiento está al vaivén del comportamiento de los precios internacionales del crudo, que son bastante volátiles (Acosta, 2018). Adicionalmente, los efectos adversos en el medio ambiente por la incineración de este combustible fósil.

Frente a este panorama el Gobierno Nacional, la industria, la academia y grupos de interés se han dado a la búsqueda de fuentes de energía alternativa y métodos para disminuir el consumo de derivados del petróleo y otros combustibles fósiles como el carbón y el gas natural por ser los principales emisores de dióxido de carbono causante del efecto invernadero y el cambio climático, que conlleva a altas temperaturas, escasez de agua, sequías intensas, deshielo de polos, aumento del nivel del mar, incen-

dios, disminución de la biodiversidad, entre otras consecuencias que ponen en peligro la calidad de vida de los seres vivos.

A continuación, se describen conceptos fundamentales para el desarrollo de la investigación.

Energía solar es aquella que se obtiene a partir de la radiación solar que llega a la Tierra en forma de luz, calor o rayos ultravioletas (Significados.com, 2023).

Energía solar fotovoltaica. El efecto fotovoltaico se produce cuando los fotones que viajan a través de la luz del sol chocan con las celdas de los paneles solares y producen electrones. Los electrones se desplazan intercambiando posiciones y creando un flujo de electricidad entre las capas del panel solar. Cuanto más intensa es la luz, mayor es el flujo de electricidad (REPSOL, 2023).

Paneles solares son módulos fotovoltaicos individuales que captan la energía que proporciona el sol convirtiéndola en electricidad. Están formados por celdas solares que a su vez contienen células solares individuales hechas de materiales semiconductores como el silicio (cristalino y amorfo) que transforman la luz (fotones) en energía eléctrica (electrones) (CELSIA, 2018).

Sistema fotovoltaico es el conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. En este caso, el principal componente de este sistema es el módulo fotovoltaico, a su vez compuesto por células capaces de transformar la energía luminosa incidente en energía eléctrica de corriente continua (Perpiñán, 2023)

Per Cápita es considerado como el indicador que se utiliza para estimar la cantidad promedio de consumo de cualquier producto o servicio en la población de un país o de un segmento de mercado específico, en un período determinado (Plan de Negocios Perú, 2020).

Impacto ambiental, acción o actividad que produce una alteración favorable o desfavorable en el ambiente o en alguno de sus componentes (aire, agua, suelo, rocas, relieve, paisaje, vegetación, animales) (Pérez, 2017, p. 37).

Energía renovable son fuentes de energía limpias, inagotables y crecientemente competitivas, se diferencian de los combustibles fósiles principalmente por su diversidad, abundancia y potencial de aprovechamiento en cualquier parte del planeta. Sin embargo, la razón más importante se considera la no producción de gases de efecto invernadero, causantes del cambio climático, ni emisiones contaminantes (IEA, 2023).

Energía no renovable es aquella en la que los recursos de suministro son limitados. El suministro proviene de la propia Tierra y, debido a que tarda millones de años en desarrollarse, es finito (CEMAER, 2019).

Generador fotovoltaico es el sistema encargado de transformar la energía del sol en energía eléctrica, se encuentra formado por varios módulos fotovoltaicos conectados en serie y/o paralelo, y cada módulo está formado por células fotovoltaicas (Abella, 2005).

Batería de acumulación, la energía producida por el generador es acumulada por este sistema, las baterías de acumulación, para que la energía transformada durante las horas de sol se pueda utilizar durante el horario con ausencia de sol o cuando no haya suficiente radiación solar (Abella, 2005).

Regulador de carga, este elemento protege las baterías contra sobrecargas o sobre descargas excesivas; en otras palabras, el funcionamiento de este sistema se basa cuando el regulador detecta que la batería está siendo sobrecargada, se desconecta el generador y cuando detecta que la batería está siendo sobre descargada, se desconecta los consumos (Abella, 2005).

Inversor, este elemento electrónico se encarga de transformar la energía de corriente continua procedente del generador fotovoltaico en corriente alterna (Abella, 2005).

Metodología

Este proyecto es una investigación de tipo aplicado “se orienta a conseguir un nuevo conocimiento destinado que permita soluciones de problemas prácticos” (Álvarez Risco, 2020, p. 3), para procesos de producción, distribución, circulación y consumo de bienes y servicios de cualquier actividad humana. En nuestro caso, el consumo de energía eléctrica es una necesidad básica para las personas y el normal desarrollo de actividades cotidianas, por tanto; se espera que la transición de un sistema de energía tradicional a uno solar contribuya a mejorar la calidad de vida de las personas en concordancia con el cuidado del medio ambiente.

La investigación aplicada mejora el funcionamiento de sistemas, reglas tecnológicas según los avances de la ciencia y la tecnología y el aprovechamiento de la energía solar como fuente para abastecer las necesidades energéticas del GRUCA es una opción determinante que favorece el cuidado del medio ambiente.

El método de investigación es deductivo, ya que a partir de la deducción o el encadenamiento lógico de proposiciones llega a una conclusión (Carvajal, 2023), partiendo de que la energía solar es una fuente ilimitada, natural y limpia, la cual puede ser captada a través de paneles fotovoltaicos para sustentar las necesidades energéticas del GRUCA frente a un sistema tradicional de energía de alto costo.

El enfoque de investigación es mixto. Es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos, esta combinación de perspectivas permite darle profundidad al análisis y comprender mejor los procesos (Hamui-Sutton, 2013). En esta investigación se establecerá el consumo de energía eléctrica en el GRUCA y se estimará el impacto económico y ambiental de la adopción de un sistema alimentado por una fuente ilimitada como la energía solar.

Identificación de los elementos eléctricos y electrónicos que generan consumo de energía en los alojamientos de Alféreces y Cadetes del GRUCA

Los alojamientos del personal están compuestos por seis (06) edificaciones de dos (02) pisos con capacidad para albergar 540 personas aproximadamente con diferencias en la extensión de las áreas como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1. Área alojamientos GRUCA

Alojamiento	Area M ²	Número de dormitorios	Número de personas	Condición
CACOM 1	404 M ²	8	80	Habitado
CACOM 2	468 M ²	8	80	Habitado
CACOM 3	281 M ²	4	40	Habitado
CACOM 4	449 M ²	8	80	Habitado
CACOM 5	410 M ²	8	80	Habitado
CACOM 6	733 M ²	16	180	Habitado

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Después, se realiza el conteo físico de los aparatos eléctricos y electrónicos de los Alféreces y Cadetes por cada alojamiento, obteniendo la caracterización presentada en la Tabla 2.

Tabla 2. Caracterización aparatos eléctricos y electrónicos por alojamiento

Alojamiento	Computador	Celular	Plancha	TV	Lavadora	Bombilla	Lámpara	Bebedero	Ventilador de techo
CACOM 1	80	80	80	-	-	40	48	1	16
CACOM 2	80	80	80	1	-	40	48	1	16
CACOM 3	40	40	40	1	6	20	24	1	16
CACOM 4	80	80	80	1	6	40	48	1	8
CACOM 5	80	80	80	1	4	40	48	1	16
CACOM 6	180	180	180	-	5	80	96	1	36
TOTAL	540	540	540	4	21	260	312	6	108

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Por la caracterización y conteo físico de los aparatos eléctricos y electrónicos utilizados por los Alférez y Cadetes en los cuatro alojamientos que ocupan, 231 elementos entre computadores, celulares, lavadoras, televisores, bebederos, planchas, bombillas, lámparas y ventiladores de techo que requieren suministro eléctrico para operar durante el horario que permanecen en el GRUCA.

Determinación de los costos del suministro energético con respecto a las actividades diarias de los Alféreces y Cadetes del GRUCA

Después de la caracterización de los aparatos eléctricos y electrónicos de los Alféreces y Cadetes del GRUCA se determina el consumo de energía respecto a las actividades

diarias del personal. Para ello, se utilizará el modelo aplicado por la SBR. Gómez Vargas (2021) de una per cápita con referencia a las actividades diarias del personal y el uso de los aparatos que generan consumo de energía, y empleando la ecuación No.1 se determina el consumo mensual de energía.

CM: CONSUMO MENSUAL DEL PRODUCTO

CC: CANTIDAD DE CONSUMIDORES DE ENERGÍA.

CPC: CONSUMO PER CÁPITA

$$\text{Consumo per cápita (CPC)} = \frac{CM}{CC}$$

Ecuación 1

$$\text{Consumo per cápita (CPC)} * CC = CM$$

Ecuación 2

Para la ejecución de la per cápita se selecciona un (01) Cadete, se registran los aparatos eléctricos y electrónicos que utiliza durante el horario de régimen interno (04:45 horas a 23:00 horas) del GRUCA, se indicara el número de horas en un día de actividades normal como se describe en la Tabla 3.

Tabla 3 Consumo per cápita de un Cadete

Hora	Actividad	Elemento	Horas de uso
04:45	DIANA	Lámparas y bombillas	2 horas
05:15	Planchar cama	Plancha	1 hora
06:15	- Actividades académicas	Campus académico	Campus académico
13:50			
14:00	Cargar celular	Cargador celular	2 horas
15:00	Tiempo Escuadrón	Tiempo Escuadrón	Tiempo Escuadrón
16:00	- Deportes	Deportes	Deportes
18:00			
18:00	DIANA	Lámparas, bombillas	5 horas
18:00	Cargar celular	Cargador celular	2 horas
19:00	- Tiempo de Estudio	Computador, ventilador de techo	4 horas
23:00			
23:00	- Descanso	Ventilador de techo	6 horas
05:00			

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Por la caracterización de los aparatos eléctricos y electrónicos en los alojamientos del GRUCA, hay elementos de uso general como lavadoras, televisores, bebederos y ventiladores de techo. Las lavadoras requieren un alto consumo de energía, teniendo en cuenta que se lavan las prendas del personal de Alféreces y Cadete. En la Tabla 4, se establecen las horas consumos de energía de los elementos de uso general durante el horario de régimen interno.

Tabla 4. Per cápita elementos de uso general

Hora	Actividad	Elemento	Horas de uso
04:45 – 06:15	DIANA	Bombillas, lámparas	2 horas
06:00 – 20:00	Lavado de ropa	Lavadoras	14 horas
20:00 – 23:00	Tiempo libre	Televisores	3 horas
Siempre conectado	Enfriadores de agua	Bebedores	24 horas
18:00 – 23:00	Tiempo de estudio	Bombillas, lámparas	5 horas
19:00 – 05:00	Tiempo estudio y descanso	Ventilador de techo	10 horas

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Los aparatos eléctricos y electrónicos del complejo de alojamientos del GRUCA tienen un consumo de energía, que según la potencia se establece en vatios (W), luego se convirtieron a kW para determinar el consumo de energía según el tiempo de uso. En la Tabla 5 se indica el consumo promedio diario y mensual determinado mediante la conversión de potencia de cada elemento, multiplicado por el número de horas de uso, considerando que en el momento de medir hay 523 personas entre Alféreces y Cadetes.

Tabla 5. Consumo promedio diario

Elemento	Consumo energético (kW)	Tiempo de uso al día (horas)	Consumo eléctrico al día (kWh)	Tiempo de uso al mes (horas)	Consumo eléctrico al mes (kWh)
Computador - cargador	0.065	4	0.26	120	7.8
Celular - cargador	0.03	4	0.12	120	3.6
Plancha	1.2	1	1.2	30	36
Total			1.58		47.4
523 personas			826.34		27.709
540 capacidad total			853.2		25.596

Fuente: Elaboración propia, 2024.

De acuerdo con los valores establecidos en la Tabla 5 y aplicando la Ecuación 2 podemos calcular los consumos per cápita parcial mensual, teniendo en cuenta el personal presente al momento de la medición y el consumo per cápita mensual en la capacidad total de los alojamientos.

*Consumo per cápita (CPC) * CC = CM* *Ecuación 2*

*CPC = 47.4 kWh * 523 Cadetes = 24.790 kWh*
*CPC = 47.4 kWh * 540 Cadetes = 25.596 kWh*

El consumo eléctrico al medirse es de 1,58 kWh, multiplicado por 523 (Alfereces y Cadetes) arroja 826,34 kWh y por la capacidad total de los alojamientos de 540 personas es de 853,2. El consumo mensual es de 47,4 kWh, por el personal presente al momento de la medición 24.790 kWh y por la capacidad total de 25.596 kWh.

Hasta al momento, se ha calculado el gasto energético de los aparatos eléctricos y electrónicos de uso individual de los Alfereces y Cadetes, ahora se procede a los elementos de uso general para cuantificarlos en vatios (W) y realizar la conversión a kW para determinar el consumo promedio diario y mensual teniendo en cuenta el tiempo de uso como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. *Consumo diario y mensual de elementos generales*

Elemento	Gasto de energía	Tiempo de uso al día (horas)	Número de elementos	Consumo eléctrico al día	Tiempo de uso al mes (horas)	Consumo eléctrico al mes
Lavadora	0.4 kW	14	21	117.6 kWh	420	3.528 kWh
Televisor	0.16 kW	3	4	1.92 kWh	90	57.6 kWh
Bebedero	0.05 kW	24	6	7.2 kWh	720	216 kWh
Lámpara	0.06 kW	7	312	131.04 kWh	210	3.931 kWh
Bombilla	0.04 kW	7	260	72.8 kWh	210	2.184 kWh
Ventilador	0,6 kW	10	108	648 kWh	300	19.440 kWh
Total				978.56 kWh		29.356 kWh

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Según los cálculos de la Tabla 6, el consumo diario de elementos de uso general en los alojamientos del GRUCA es de 978.56 kWh y mensual de 29.356 kWh. Luego, se suma el consumo eléctrico de aparatos eléctricos y electrónicos individuales y generales para establecer los consumos con capacidad actual de personas y la capacidad total de los alojamientos.

<i>Consumo aparatos individuales (523 Cadetes)</i>	<i>27.709 kWh</i>
<i>Consumo aparatos generales</i>	<i>29.356 kWh</i>
<i>Consumo aparatos individuales (540 Cadetes)</i>	<i>25.596 kWh</i>

Se realizó la suma de la energía consumida mensualmente de los elementos eléctricos y electrónicos generales e individuales con personal parcial (523) y capacidad total (540) arrojando los siguientes resultados.

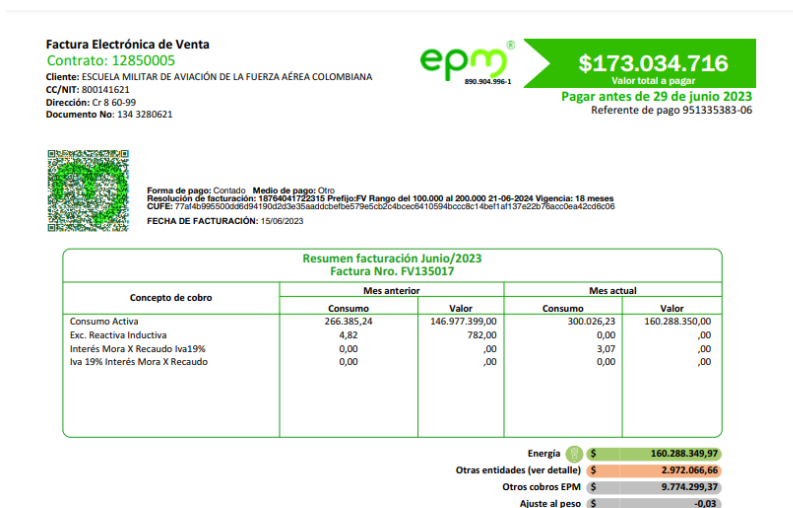
Consumo mensual 523 Cadetes 27.709 kWh + 29.356 kWh = 57.065 kWh

Consumo mensual 540 Cadetes 25.596 kWh + 29.356 kWh = 54.955 kWh

Los cálculos arrojan que el consumo mensual de energía per cápita con 523 Cadetes en los alojamientos es de 57.065 kWh y en la capacidad total con 540 Cadetes es de 54.955 kWh. La fijación de consumos de energía en promedio mensual en el área del GRUCA permitirá definir el valor mensual cancelado por este servicio, considerando que los medidores instalados no son exclusivos, sino que abarcan varias áreas y la empresa prestadora Empresas Públicas de Medellín – EPM emite una factura global para toda la Unidad Militar.

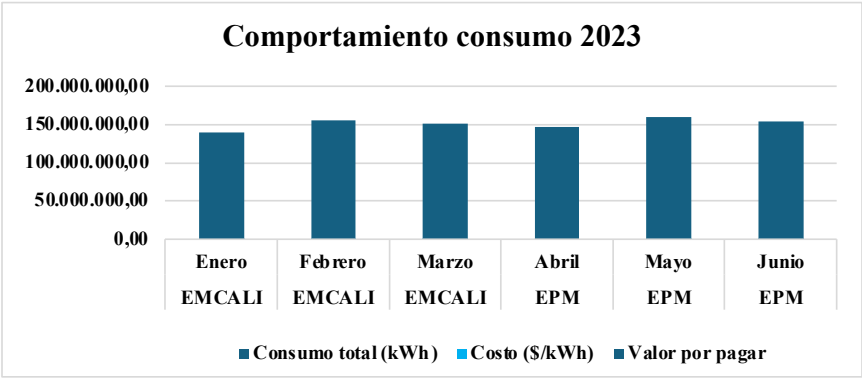
Hasta febrero 2023 la empresa prestadora del servicio de energía para la Unidad Militar era Empresas Municipales de Cali–EMCALI, pero por contrato central FAC desde abril pasó a ser Empresas Públicas de Medellín–EPM. Finalmente, se estiman los consumos promedios mensuales, para conocer el impacto económico del servicio en un sistema de energía tradicional. En mayo, la tarifa establecida por EPM para el sector oficial según la Comisión Reguladora de Energía y Gas-CREG es de 534,25 dólares para Grandes Clientes.

Figura 1. Factura servicio de energía EMAVI



Cr 8 60-99 - Cali-Valle Del Cauca									
Energía Eléctrica servicio suscrito 131381636									
Información Básica					Información Técnica				
Instalación: 900760000010001224 - Cr 8 60-99 - Cali-Valle Del Cauca - Plan: Mercado					Operador: epm - Dir: Operarcarrera - 58 - No: 42 - 325 - Tel:				
No Regulado - Categoría: Oficial - Nivel De Tensión: 2 - Generación: Fact_emavi -					Oper: 60944444115-0180000415115 - Nu: - Circuito: - Transfer: - Grupo: - Dia:				
Consumo Del 01 May Al 31 May - Días De Consumo: 31					Gara: - Flu Gara: - Dis: - Cae: - Cef: - Net: - Dt: - T. Compe: - Hc: - Vc: -				
Comportamiento Componentes del Costo					Valores Facturados				
Consumo					Consumo				
Componentes Activa					Consumo Activa				
May-23					300.026,23 Kwh				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				
May-23					160.288.350,00				
Jun-23					160.288.350,00				

Figura 2. Comportamiento valores facturados 2023



Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la Figura 2, existen periodos de consumo más elevado que otros, lo cual podría contrastar con actividades del GRUCA como la llegada del personal de Cadetes en el mes de febrero, un descenso leve en abril por receso de Semana Santa y junio periodo de vacaciones o cierre de semestre.

A partir de la información del consumo general promedio de energía de la Unidad Militar y la tarifa establecida para el sector oficial por parte de EMCALI y EPM, se puede inferir el porcentaje de consumo y los costos a pagar por el GRUCA con una regla de tres simple como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Consumos y porcentaje GRUCA

Concepto	Consumo (kWh)	Costo (\$)	Porcentaje (%)
Consumo promedio mensual EMABI	272.313,78	\$151.310.215	100%
Consumo promedio mensual GRUCA	54.955	\$30.535.196	20.18%

Fuente: Elaboración propia

A partir de la información contenida en la Tabla 8 se puede establecer que del 100% del consumo facturado para la Unidad Militar el 20,18 % corresponde al consumo de los alojamientos del GRUCA.

Estimación del impacto económico y ambiental de la sustitución del suministro de energía tradicional por una renovable

La adopción de un sistema de energía fotovoltaico para disminuir los costos del sistema de energía tradicional y el impacto medioambiental puede resultar beneficioso para la EMABI, por ello; se estudió la oferta comercial de la empresa prestadora del servicio de energía a partir de una fuente renovable como el Sol.

La propuesta a verificar para el suministro de energía limpia por parte de EPM a 20 años bajo el modelo PPA. Este modelo es un tipo de contrato de compraventa que le permite a los clientes adquirir la energía eléctrica a un precio mucho más bajo que el estándar del mercado mediante una negociación de tarifa a largo plazo (Greenyellow, 2019), con una tarifa para el sector oficial y la capacidad a suministrar en kWh como lo muestra la Tabla 9.

Tabla 9. *Valores oferta económica EPM energía solar*

Proyecto	Tarifa (\$/kWh)	Energía (kWh)	Porcentaje (%)
Adopción energía solar	\$ 591	119.048,86	36%

Fuente: EMCALI adopción de energías limpias.

Si se cuantifican el ahorro económico de la adopción del sistema fotovoltaico, teniendo en cuenta la disminución de la tarifa oficial por parte de EPM para la EMAVI comparado con el sistema tradicional utilizado actualmente la reducción podría proyectarse con respecto al modelo de la oferta económica.

Tabla 10. *Comparativo económico sistema tradicional y sistema fotovoltaico*

Sistema	Consumo (kWh)	Tarifa oficial (\$/kWh)	Costo (\$)	Ahorro mensual (\$)
Tradicional	54.955	555,64	\$30.535.196	
Fotovoltaico	54.955	590,00	\$32.423.450	\$-1.888.254

Fuente: elaboración propia.

Para determinar el impacto ambiental del proyecto se realizó el cálculo de las emisiones de CO₂ considerando el consumo de energía eléctrica de los alojamientos del Cadetes y Alféreces del GRUCA, para ello; se utilizará la fórmula básica:

$$\text{Emisiones CO}_2 = \text{Consumo eléctrico (kWh)} \times \text{Factor de emisión (kg CO}_2\text{/kWh)}$$

Esta fórmula para calcular las emisiones de CO₂ a partir del consumo de electricidad tiene como base principios de la contabilidad del carbono y análisis del ciclo de vida de la energía.

La contabilidad del carbono permite medir, reportar y gestionar las emisiones de carbono (CO₂) y otros GEI de una organización, ciudad, producto o actividad y tiene como objetivo entender la huella de carbono y encontrar estrategias para reducirla. Existen diferentes tipos de emisiones en la contabilidad de carbono según el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero.

- Alcance 1: Emisiones directas (por combustión en fuentes propias, como calderas, vehículos, etc.).
- Alcance 2: Emisiones indirectas por electricidad comprada.
- Alcance 3: Otras emisiones indirectas (transporte de empleados, fabricación de insumos, desechos, etc.) (IBM, s.f.).

Por otro lado, el análisis del ciclo de vida es una herramienta que sirve para estudiar los impactos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto, proceso o actividad. Considera toda la historia del producto o actividad a estudiar, desde su origen hasta que termina siendo un residuo, además; permite la identificación de los principales impactos ambientales (vertidos, residuos, emisiones a la atmósfera, consumos de materias primas y de energía), posteriormente; realizar el análisis de alternativas en procesos productivos y la implementación de criterios ambientales en estrategias (Eurofins, 2024).

En cuanto al factor de emisión de la red para inventarios de GEI o Huella de Carbono que refleja la intensidad de emisiones de la generación de energía eléctrica en un periodo de un año, sirve para estimar las emisiones indirectas asociadas al consumo de energía eléctrica del Sistema Interconectado Nacional – SIN en los inventarios de GEI para Colombia, el valor de este factor para el año 2023 es de: 0.177 tCO₂eq/MWh. (UPME, 2025).

Aplicamos la fórmula básica para calcular las emisiones de CO₂ en los alojamientos del GRUCA de la EMAVI a partir del consumo de energía eléctrica mensual.

$$\text{Emisiones CO}_2 = 54.955 \text{ kWh} \times 0.177 \text{ tCO}_2\text{eq/MWh}$$

Conversión del factor de emisión:

1 MWh = 1.000 kWh, por lo que:

$$0.177 \text{ tCO}_2\text{/MWh} = 0.177 \times 1.000 = 0.177 \text{ kg CO}_2\text{/kWh}$$

Cálculo de emisiones:

$$\text{Emisiones CO}_2 = 54.955 \times 0.177$$

$$\text{Emisiones CO}_2 \text{ mensuales} = 9.73 \text{ toneladas o } 9,727 \text{ kg}$$

El consumo de 54.955 kWh al mes, el alojamiento de los Cadetes y Alféreces del GRUCA de la EMAVI genera aproximadamente 9.73 toneladas de CO₂ en emisiones eléctricas.

Conclusiones

El proyecto de adopción del sistema fotovoltaico para los alojamientos del GRUCA no muestra inicialmente ahorro, sin embargo; a largo plazo con los incrementos tarifarios del sector energético “entre 2021 y 2024, las tarifas eléctricas residenciales en Colombia aumentaron a un promedio anual del 15,3 %, el mayor incremento en 23 años, debido a la indexación de precios, el impacto del Fenómeno de El Niño y otros factores que afectaron el sector energético” (Corficolombiana, 2024) puede ser un gran aliado no solo a nivel ambiental, sino también económico por los factores climáticos propios de cada ciudad.

La evolución tarifaria del sector energético ha ido en aumento en el país sobre todo en ciudades donde las condiciones climáticas de trópico seco como “Barranquilla conllevan a que la temperatura sea entre 26°C y 28°C” (IDEAM, s.f.) con alzas hasta del “18 %” (Corficolombiana, 2024) en los últimos tres (3) años. Cali con clima tropical cálido y seco tiene temperaturas de 24°C, pero que con los cambios climáticos producidos por la reducción de lluvias puede ser de 34°C e ir en aumento.

Cali, al ubicarse al norte del Valle de Cauca, tiene un clima principalmente tropical, caracterizado por ser cálido y seco. En la ciudad la temperatura promedio es de 24°, pero durante el día está puede oscilar entre 30° y 31° y en la noche descender hasta los 19° y 20°. Según informes del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, no obstante; el cambio climático a nivel global ha modificado notablemente estas pautas y la ciudad ha experimentado atemporales de calor y lluvia, en julio de 2024 fue de 37,7°, mientras febrero, junio y octubre con mayor precipitaciones con temperaturas fueron de 12,6° superando registros históricos de temperaturas máximas y mínimas en los municipios del país según Weather Spark (2024).

El análisis del impacto ambiental del proyecto podría considerar un acierto la adopción de la energía solar para contribuir en la reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, beneficiando el medio ambiente y posicionando a la Fuerza Aeroespacial Colombiana como referente entre las Fuerzas Militares del país en el uso de energías renovables aportando significativamente a los Objetivos del Desarrollo Sostenible - ODS en energía asequible y no contaminante para aumentarla capacidad de generación con energías limpias.

Referencias bibliográficas

- Abella, M. (2005). *Máster en Energías Renovables y Mercado Energético*. Madrid: Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
- Acosta M., A. (10 de 11 de 2018). *La dependencia del petróleo*. La República. <https://www.larepublica.co/analisis/amytkar-d-acosta-m-557896/la-dependencia-del-petroleo-2792214>
- Agudelo, C. (2018). *Economía y Gestión Ambiental: Unidad 1 Gestión Ambiental*. Fundación Universitaria Los Libertadores. <http://hdl.handle.net/11371/2154>.

- AIRSON Ingenieros . (2022). *¿Qué es un Chiller?*. <https://www.airsoningenieros.com/que-es-un-chiller-funcionamiento-y-mantenimiento/>
- Allianza Energy. (06 de 02 de 2020). *Engineering Procurement and Construction*. <https://allianzenergy.com.co/>
- Alonso A. , M. (2005). *Sistemas Fotovoltaicos*. Madrid: Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas - CIEMAT.
- Álvarez Risco, A. (2020). *Clasificación de las investigaciones*. Lima: Universidad de Lima, Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas, Carrera de Negocios Internacionales.
- AutoSolar. (2022). Autosolar Energía y Servicios S.L.U. Energía Solar. <https://auto-solar.es/>
- Carvajal R., L. (13 de julio de 2023). *El método deductivo de investigación*. <https://www.lizardo-carvajal.com/el-metodo-deductivo-de-investigacion/>
- CELSIA. (05 de mayo de 2018). *Paneles solares ¿Cómo funcionan y qué son?*. <https://www.celsia.com/es/blog-celsia/paneles-solares-como-funcionan-y-que-son/>
- CEMAER. (2019). Centro de Estudios en Medio Ambiente y Energías Renovables. Obtenido de Energía No Renovable: Definición y clasificación. <https://www.cemaer.org/energia-no-renovable/>
- Corficolombiana (2024). *Una mirada a la evolución tarifaria de la energía*. Equipo Macroeconomía y Mercados. Bogotá: Corficolombiana.
- Cortés, S., & Arango , A. (2017). Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía. *Revista Ciencias Estratégicas*, 375-390.
- Cumbre Pueblos . (26 de 07 de 2019). *Historia de la energía solar*: <https://cumbrepuebloscop20.org/energias/solar/historia/>
- Distribución Activa Multisectorial SL. (s.f.). JAB. *Historia de las células solares y su evolución tecnológica*. <https://www.grupojab.es/historia-de-las-celulas-solares-y-su-evolucion-tecnologica/>
- Echeverri, M. (11 de 06 de 2016). *Empresas que apuestan por la energía solar*. La República. <https://www.larepublica.co/>
- Ecofener. (29 de 10 de 2018). *¿Cómo se convierte la energía solar en energía eléctrica?* <https://ecofener.com/blog/kw-se-convierte-la-energia-solar-energia-electrica/>
- Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., & Sokona, Y. (2011). *Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

- El País. (16 de 06 de 2023). *Ministra de Minas confirmó que las tarifas de energía subirán por el fenómeno de El Niño*. <https://www.elpais.com.co/colombia/atencion-ministra-de-minas-confirmo-que-las-tarifas-de-energia-subiran-por-el-fenomeno-de-el-nino-1617.html>
- Enelx. (s.f.). *¿Qué es un sistema fotovoltaico y cómo funciona?*. <https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/how-does-a-photovoltaic-system-work>
- Estevéz, R. (08 de 05 de 2018). *Ecointeligencia. Pioneros del diseño sostenible: Augustin Mouchot*. <https://www.ecointeligencia.com/2018/05/pioneros-dise-no-sostenible-augustin-mouchot/>
- Eurofins. (22 de marzo de 2024). *Environment Testing Spain. Análisis de Ciclo de Vida (ACV): qué es y para qué sirve*. <https://www.eurofins-environment.es/es/analisis-de-ciclo-de-vida-que-es/>
- FAO. (s.f.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/mdg/goal-7/es/#:~:text=Objetivo%20de%20Desarrollo%20del%20Milenio,necesidades%20ambientales%2C%20sociales%20y%20econ%C3%B3micas>.
- FEDER. (2015). *Sunfields Europe. Tipos de Paneles Solares*. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/tipos-de-placas-solares/>
- Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (2021). *Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial 2042*. Bogotá: FAC.
- Fuerza Aérea Colombiana (FAC). (26 de Enero de 2018). *Fuerza Aérea comprometida con el medio ambiente*. Comunicaciones Estratégicas GACAR
- Gómez V., G. (2021). *Análisis de la adopción de energía solar en los alojamientos del Grupo Cadetes en la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”*. Cali: Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”.
- González V., J. (2009). *Energías Renovables*. Cádiz: Editorial Reverté.
- Greenyellow. (2019). *Greenyellow. Obtenido de Energía Solar PPA*: <https://www.greenyellow.co/>
- Gubenilli, G. (18 de 02 de 2022). *Energía Estratégica*. Obtenido de <https://www.energiaestrategica.com/colombia-duplico-toda-su-potencia-instalada-fotovoltaica-solo-durante-el-2021/#:~:text=Esto%20signific%C3%B3%20un%20incremento%20de,MW%20solares%20fotovoltaicos%20en%20operaciones>.
- Hamui-Sutton, A. (2013). *Un acercamiento a los métodos mixtos de investigación en educación médica*. Investigación en educación médica. Vol. 2 Num. 8.
- Hernández Sampieri, R., Baptista Lucio, P., & Fernández Collado, C. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGraw-Hill.

- Hernández, R., Baptista, P., & Fernández, C. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Iberdrola S.A. (2020). *¿Qué es la huella de carbono y por qué es vital reducirla para frenar el cambio climático?* <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/huella-de-carbono#:~:text=La%20huella%20de%20carbono%20representa,y%20cotidianas%20del%20ser%20humano>.
- IBM. (s.f.). *¿Qué es la contabilidad del carbono?*. <https://www.ibm.com/es-es/topics/carbon-accounting>
- IDEAM. (s.f.). *Características climatológicas de ciudades*. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>
- IDEAM. (s.f.). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <https://www.ideam.gov.co/>
- IEA. (Consultado el 14 julio 2023 de 2023). Agencia Internacional de la Energía. Obtenido de www.iea.org
- Magraner, X. (26 de 02 de 2020). Lavanguardia. Obtenido de Calendario maya: una civilización ligada a la astronomía: <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20200224/473752233497/calendario-maya-astronomia-sol-estrellas-profecia.html>
- Más Colombia. (25 de agosto de 2022). *¿Qué tan dependiente es Colombia de los combustibles fósiles?*. <https://mascolombia.com/que-tan-dependiente-es-colombia-de-los-combustibles-fosiles/>
- Montealegre B., J. (2014). *Actualización del componente meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico*. Bogotá: IDEAM.
- Naciones Unidas. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Noruega: Naciones Unidas .
- Naciones Unidas. (04 de 05 de 2022). *Noticias ONU. Mirada global Historias humanas*. <https://news.un.org/es/story/2022/05/1508092>
- Naciones Unidas. (Consultado 21/06/2022 de 2022). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Acción por el clima*. <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy#:~:text=Las%20energ%C3%ADas%20renovables%20son%20un,estas%20fuentes%20se%20renuevan%20continuamente>.

- Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- ONU. (1987). *Desarrollo y Cooperación Económica Internacional: Medio Ambiente*. Noruega: Naciones Unidas.
- ONU. (05 de abril de 2018). Naciones Unidas. La energía solar, renovable y rentable: <https://news.un.org/es/story/2018/04/1430451>
- Ossa Ossa, G. (2016). *Estudio técnico y financiero para la implementación de sistemas solares de alumbrado público en las zonas comunes de conjuntos residenciales*. Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11059/6603>
- Pérez, J. (2017). Identificación y evaluación de impactos ambientales en el Campus Ciudad Universitaria. *Acta Universitaria*, 27(3), 36-56. Universidad Autónoma del Estado de México, Cerro de Coatepec, Toluca México, 36-56.
- Perpiñán O. (2023). *Energía solar fotovoltaica*. España: Creative Commons.
- Plan de Negocios Perú. (15 de marzo de 2020). *Asesoría en Planes de Negocios que funcionan*. <https://plandenegociosperu.com/2020/03/calcular-el-consumo-per-capita/>
- Planas, O. (16 de 12 de 2015). Energía Solar. Obtenido de <https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/historia>
- Ramos, P. (05 de 07 de 2021). Los 5 sectores que más emisiones de CO2 producen al planeta. *Eltiempo.es*. <https://www.eltiempo.es/noticias/los-5-sectores-que-mas-emisiones-de-co2-producen-al-planeta>.
- REPSOL. (2019). *El petróleo. El recorrido de la energía*. Madrid: Comunidad de Madrid.
- REPSOL. (2023). *¿Qué es la energía solar y qué beneficios tiene?*: <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/transicion-energetica/energia-solar/index.cshtml>
- Serrano-Guzmán , M., Pérez-Ruíz, D., Galvis-Martínez, J., Rodríguez S., M., & Correa T., S. (2017). *Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia*. *Investigación y Ciencia*, vol. 25, núm. 71, 85-93.
- Significados.com. (10 de julio de 2023). Significados.com. Obtenido de Energía Solar : <https://www.significados.com/energia-solar/> Consultado: 10 de julio de 2023, 11:36 am.
- Sun Supply. (02 de 07 de 2021). *Componentes de un sistema de energía solar*. <https://www.sunsupplyco.com/>

- TotalEnergies. (18 de febrero de 2020). *La energía y el desarrollo de la humanidad*. <https://www.totalenergies.es/es/pymes/blog/la-energia-y-el-desarrollo-de-la-humanidad>
- UNAL . (09 de 10 de 2022). Huella de Carbono. <https://ogabogota.unal.edu.co/huella-de-carbono/>
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2019). Calculadora FECOC 2016. http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (Enero de 2025). *Factores de emisión del Sistema Interconectado Nacional – SIN para el año 2023*. https://www1.upme.gov.co/siame/Documents/Calculo-FE-del-SIN/Factores_de_emision_SIN_2023.pdf
- Valencia, O. (25 de enero de 2024). *Radiografía del Fenómeno de El Niño en Cali: Pocas lluvias e incendios forestales*. 90minutos.co. <https://90minutos.co/cali/radiografia-del-fenomeno-de-el-nino-en-cali-pocas-lluvias-e-incendios-forestales-25-01-2024/>
- Vásquez B., R. (26 de 11 de 2015). *La tasa de descuento*. <https://economipedia.com/>
- Weather Spark. (2024). *Datos históricos meteorológicos de 2024 en Cali Colombia*. <https://es.weatherspark.com/h/y/21493/2024/Datos-hist%C3%B3ricos-meteorol%C3%B3gicos-de-2024-en-Cali-Colombia>
- Westreicher , G. (25 de 04 de 2020). *Rentabilidad económica*. <https://economipedia.com/>
- Wikipedia. (20 de junio de 2023). *Petróleo*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Petr%C3%B3leo>

CAPÍTULO 5.

Avances de la Propuesta de una Sección de Protección Integral Ambiental (SEPIA) para la prevención, capacitación y lucha contra los delitos ambientales en la Fuerza Aeroespacial Colombiana

AF. Bolívar Fernández Juan Diego¹³
jsbolivar@emavi.edu.co

AF. Contreras Chica Miguel Ángel¹⁴
macontrerasc@emavi.edu.co

AF. Sánchez Carvajal Hernán Felipe¹⁵
hfsanchezc@emavi.edu.co

AF. Salazar Bolaños Érick Brandon¹⁶
ebsalazarb@emavi.edu.co

Resumen

Este capítulo se presentan los resultados parciales de un proyecto macro titulado “Caracterización de Misiones contra delitos ambientales en la Fuerza Aeroespacial Colombiana”¹⁷ desarrollado en la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, que cuenta con cuatro subproyectos. Tiene como objetivo general analizar las capacidades con las que debería contar la Fuerza Aeroespacial Colombiana para fortalecer las Operaciones de Protección Integral Ambiental (OPIA) en términos de capacitar, prevenir y combatir. El diseño metodológico se presenta primero, bajo el método inductivo, tipo de investigación descriptiva y el enfoque parte del paradigma cualitativo. Dentro de las técnicas de investigación se destacan el análisis documental y observación etnográfica no-participante. Entre las capacidades y formación necesarias para fortalecer las misiones ambientales en la Fuerza Aeroespacial Colombiana primero, frente a los procesos de capacitación en temas de legislación ambiental nacional e internacional, que incluye la comprensión de convenios internacionales. Incentivar la conciencia

13 Alférez del Programa Académico en Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”.

14 Alférez del Programa Académico en Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”.

15 Alférez del Programa Académico en Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”.

16 Alférez del Programa Académico en Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”.

17. Estos subproyectos se desarrollaron bajo la dirección de la doctora Andrea Falla Rubiano y contó con la participación también de los señores AF. Cruz Sebastián, AF. Díaz Juan Manuel, AF. Álvarez Juan Guillermo y AF. Cano Alejandro del Curso 98, a quienes les agradecemos todos sus aportes.

ambiental, es decir, sensibilizar a los miembros de la institución. Segundo, respecto a la prevención se destaca la importancia de la planificación anticipada y la prevención de impactos ambientales. Esto implica integrar consideraciones ambientales desde las etapas iniciales de la planificación de las misiones, evaluando los posibles riesgos y adoptando medidas preventivas para minimizar los impactos negativos. Tercero, frente a combatir delitos ambientales, sobre la importancia de la conservación y protección del medio ambiente, así como los impactos negativos de las actividades aéreas en los ecosistemas y las comunidades locales. Capacidades técnicas: se determinó la necesidad de fortalecer las capacidades técnicas del personal en áreas específicas, como la gestión de residuos peligrosos, la evaluación del impacto ambiental y la identificación de especies protegidas. Estas habilidades son fundamentales para llevar a cabo operaciones aéreas de manera sostenible y minimizar el impacto ambiental. Cooperación interinstitucional: se destacó la importancia de establecer y fortalecer la cooperación con otras entidades y organismos involucrados en la gestión ambiental, tanto a nivel nacional como internacional. Esto permite compartir buenas prácticas, recursos y experiencias, y facilita la colaboración en la respuesta a situaciones de emergencia ambiental. Uso de tecnología y equipos sostenibles: se recomendó invertir en tecnologías y equipos más sostenibles, como aeronaves con menor huella de carbono, sistemas de monitoreo ambiental y equipos de control de emisiones. Estas innovaciones pueden ayudar a reducir el impacto ambiental de las operaciones aéreas y mejorar la eficiencia energética.

Palabras clave: cooperación interinstitucional, cultivos ilícitos, deforestación, delitos ambientales, explotación ilegal de hidrocarburos, Fuerza Aeroespacial Colombiana, minería ilegal, Misiones de protección integral ambiental.

Introducción

En principio, tras la globalizada industrialización, la humanidad ha requerido de recursos medioambientales para su permanencia y supervivencia. Por lo que la gran cantidad de materia prima a extraer para la sostenibilidad de la sobrepoblación del globo es inmensa, en las actividades de procesamiento y extracción, como la deforestación, la minería ilegal, la explotación de hidrocarburos, el consumo excesivo del plástico, el narcotráfico, descuido de la fauna y flora, contaminación de la biosfera, entre muchas otras, denota una grave afectación a nivel global deteriorando y perjudicando el medioambiente a largo plazo.

En Colombia, no es excepción ninguna de ellas, se identifican notoriamente estas problemáticas dado el pobre y desigual contexto socioeconómico de la población, y el amplio conflicto armado visto desde más allá del siglo pasado. En virtud de ello, los grupos al margen de la ley son vitales para comprender la violencia y, en este caso, la contaminación de los ecosistemas en el país, la explotación de estos es su principal vía de financiación a aras de mantener sus ideales revolucionarios y políticos en las vastas regiones de Colombia donde se ubiquen. El narcotráfico y la minería ilegal son

entonces sus bases de ingreso más sólidas a lo largo del territorio colombiano debido a su factibilidad para la inversión en la guerra, dejando en medio del proceso serias consecuencias en las fuentes hídricas y elementos del medio ambiente colombiano.

El Estado colombiano fundamenta en su constitución política mantener un ambiente sano, y promulgar entre la población una debida participación, tal que su deber es: “proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.” (Constitución Política de Colombia [Const.], Art 79, 1991). Por ello, todas sus instituciones deben garantizar el cumplimiento de esta norma sin importar su enfoque. Las Fuerzas Militares deben, por tanto, procurar en el desarrollo del conflicto armado por la protección de los recursos naturales y el cuidado de la fauna silvestre, ejecutando acciones estratégicas en contra de los delitos ambientales perpetrados mayormente por grupos al margen de la ley sobre el territorio nacional.

En el caso de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, dentro de la proyección para el año 2042 (FAC, 2024), se ven estructuras que la Fuerza debe mejorar para el cumplimiento de sus misiones de corte ambiental en ayuda a los requerimientos solicitados por otras organizaciones nacionales. El Ejército, por ejemplo, suele solicitar imágenes aéreas o satelitales de alguna zona con sospecha de minería o cultivos ilícitos, por lo que este requerimiento de inteligencia es llevado a cabo por la Fuerza Aeroespacial a fin de simplificar la complejidad de esta operación ambiental. Por consiguiente, es necesario establecer relaciones con demás agencias ambientales de manera organizada y sistematizada a través de comunicaciones efectivas para operar las actividades ambientales de manera óptima. De acuerdo con la Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial 2042 (FAC, 2024), las capacidades institucionales que aplican son: Protección e Inteligencia.

El Centro Nacional de Observación Aeroespacial, es una capacidad distintiva de la Fuerza Aeroespacial Colombiana como parte del sector Defensa, fundamentado en las capacidades de recolección, procesamiento, análisis y difusión de productos aéreos y espaciales en múltiples escenarios; seguridad nacional y global; enmarcado en la priorización de las Zonas Estratégicas de Intervención Integral (ZEII) para la protección del agua, la biodiversidad y monitoreo del medioambiente como interés principal y prevalente de la nación en apoyo a entidades civiles tengan los mismo interés de protección ambiental.

El CENOA surge en el año 2021, a partir de la importancia de contar con información precisa y actualizada sobre diversos aspectos, como la protección del agua, la biodiversidad y el monitoreo del medioambiente, los cuales son considerados como intereses principales y prevalentes de la nación colombiana.

Mediante la observación aeroespacial, el CENOA busca fortalecer la capacidad del país para realizar análisis estratégicos, tomar decisiones informadas y actuar de manera oportuna en situaciones que requieran una respuesta.

Fundamentos teóricos

Las categorías de análisis desarrolladas en esta asistencia de investigación corresponden a: medio ambiente y delitos ambientales. El medio ambiente es el espacio en el que se desarrolla la vida de diversos organismos y favorece su interacción. Contiene elementos animados e inanimados, así como elementos artificiales hechos por la humanidad. En la primera categoría, agrupada bajo el nombre de factores bióticos, la parte -incluso los humanos y otros animales- es toda la flora y los hongos y pequeños organismos de la tierra, que realizan una representación esencial de las bacterias. En cuanto a los elementos no vivos, es decir, los factores abióticos, son necesarios para la supervivencia de los organismos vivos, forman el espacio físico del medio ambiente y son los componentes básicos del ecosistema, a saber, el agua, el aire y el suelo. Cuando se trata de la creación artificial de personas, vale la pena enfatizar las tradiciones, la urbanización o la cultura. Todo lo relacionado con el medio ambiente es estudiado por la ecología, rama de la biología que se especializa en el estudio de los seres vivos y sus interacciones con el medio ambiente. Los especialistas en esta disciplina tienen un problema importante en la silvicultura, ya que los árboles juegan un papel importante para la mayor parte de la fauna y las personas existentes, tanto es así que son los principales productores de oxígeno en los ecosistemas terrestres.

El 5 de junio de cada año se celebra el Día Mundial del Medio Ambiente con el objetivo de aumentar la conciencia pública sobre la importancia de garantizar una protección sostenible del planeta y sus recursos naturales. Los números hablan por sí solos: cada segundo se libera a la atmósfera 1.200 toneladas de dióxido de carbono, 8.000 personas en la Tierra mueren cada día por causas relacionadas con la contaminación del aire y unos 140.000 elefantes africanos han desaparecido en la última década, como consecuencia de la falta de acceso a la alimentación o al agua (BBVA, 2025, párr. 4).

Todo organismo recibe del medio que le rodea el alimento necesario para su supervivencia, no sólo alimento, sino también abrigo, aire o energía. Por lo tanto, es importante mantener un equilibrio para asegurar la vida tal como se conoce hoy. En cuanto a los humanos, necesitan consumir una gran cantidad de recursos naturales para comer, transportar e incluso producir herramientas y otros productos que luego se utilizan en la cotidianidad. Por lo tanto, cuidar los ecosistemas para utilizar estos recursos de manera sostenible y evitar que desaparezcan no es una simple filosofía de buena voluntad hacia el planeta en el que se vive, sino que la supervivencia de la especie humana depende de ello.

Sin la intervención humana, la mayoría de los ecosistemas, incluyendo la diversa flora y fauna que los componen, son autosostenibles gracias a un desarrollo equilibrado que garantiza su supervivencia a través de la biodiversidad. Pero la mano del hombre en el pasado ha sido fatal para ellos, ya que el hecho de no nutrir sus interacciones ha llevado a la extinción de especies o a la correspondiente disminución en el número de especímenes vivos. Por tanto, la conciencia global de la sociedad es fundamental para poder utilizar consciente y racionalmente el entorno con el que se interactúa.

De esta forma, además de asegurar la sustentabilidad, se promueve la preservación de los factores bióticos y abióticos para las generaciones futuras, de modo que a largo plazo se realice un trabajo colectivo para mantener, proteger y mejorar el ecosistema. Según el Banco Mundial, si el medio ambiente y los recursos naturales se gestionan adecuadamente, pueden sustentar un crecimiento sostenible e inclusivo y hacer una contribución crucial a la reducción de la pobreza. Además, la organización confirmó que un tercio de las 100 ciudades más grandes del mundo obtienen su agua de áreas protegidas, mientras que tres cuartas partes de los 115 cultivos alimentarios más grandes del mundo dependen de la polinización animal. En los países en desarrollo, los bosques, lagos, ríos y océanos proporcionan una gran proporción de los alimentos, el combustible y los ingresos de los hogares y proporcionan una valiosa red de seguridad social en tiempos de crisis, en particular para las personas pobres que viven en zonas rurales. (Grupo Banco Mundial, 2022, párr. 1)

Hoy, sin embargo, la tierra está experimentando graves afectaciones tanto en los ecosistemas donde se ha comprado que gran parte de la tierra se ha vuelto más árida. La revista TIME publicó un estudio hecho por la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNUCLD), donde se afirma que el cambio climático, causado principalmente por los seres humanos está generando un grave estado de sequedad en más del 70% de la superficie del globo terráqueo. Los recursos ambientales y naturales insuficientes pueden conducir a grandes pérdidas financieras.

La contaminación del aire por sí sola es el cuarto factor de riesgo principal de muerte prematura, ya que representa 1 de cada 10 muertes en todo el mundo y provoca enormes pérdidas en el bienestar y los ingresos. Según el último informe de The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), la naturaleza en su conjunto está amenazada, con aproximadamente 1 millón de los 8 millones de especies de plantas y animales en peligro de extinción, muchas dentro de una década.

Los organismos han seguido cambiando desde sus orígenes hace millones de años, por lo que algunos se adaptaron a las condiciones cambiantes de los ecosistemas mientras que otros desaparecieron con ellos. De esta forma, la vida en la Tierra ha logrado existir de forma natural a lo largo del tiempo, prosperando y triunfando en condiciones adversas como catástrofes climáticas, inundaciones de la corteza o violentas erupciones volcánicas. Todos estos procesos son el resultado de largos periodos inevitables que permiten que los ecosistemas y la propia biosfera se equilibren en el tiempo.

Desde mediados del siglo XVIII, el inicio de la revolución industrial significó la sobreexplotación de los recursos naturales, la presencia de factores químicos, físicos o biológicos que afectaron negativamente el equilibrio del ecosistema, y un aumento exponencial de la contaminación ambiental. La extracción y explotación descontrolada de minerales, la deforestación, el desarrollo de la agricultura y la ganadería intensivas, el crecimiento incesante de las ciudades o la apuesta por las fuentes de energía no renovables y el uso de combustibles fósiles han llevado en realidad a la degradación de muchos ecosistemas. En cuanto al agua, los desechos industriales y domésticos y la pesca descontrolada ha provocado la extinción masiva de muchas especies, alterando sistemas de equilibrio como el de la pirámide alimentaria.

En cuanto a los recursos naturales, el abuso de la extracción de petróleo o elementos industriales ha llenado muchos ecosistemas con desechos no biodegradables que tardarán siglos en eliminarse de forma natural. Por otro lado, el uso de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo o el gas natural en la industria, los sistemas de calefacción o el transporte libera diariamente a la atmósfera grandes cantidades de gases nocivos como el dióxido de carbono, lo que contribuye al calentamiento global. En cuanto al suelo, los pesticidas y los desechos plásticos han degradado casi irreversiblemente sus propiedades naturales.

Sobre los delitos

En rigor, el delito se define como un acto típico, acción u omisión (clasificada por la ley), ilegal (violación de la ley), culposo y punible. Prevé una violación de la ley penal, es decir, un acto u omisión que es típico y punible por la ley. Los crímenes están definidos por diferentes sistemas legales que se aplican dentro de un territorio o país.

Delitos ecológicos

El Gobierno Nacional de Colombia, el 29 de julio de 2021, sancionó la Ley 2111 de 2021 “Por medio de la cual se sustituye el Título XI ‘de los delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente’ de la Ley 599 de 2000, se modifica la Ley 906 de 2004 y se dictan otras disposiciones” (Ley de Delitos Ambientales). Esta norma introduce cambios al régimen legal de delitos ambientales, en el sentido de introducir nuevos delitos y de aumentar las penas y multas de los delitos que ya se encontraban contemplados en la Ley 599 de 2000 (Código Penal), y de modificar la Ley 906 de 2004 (Código de Procedimiento Penal), determinando los jueces penales que conocerán de los delitos ambientales y atribuyendo funciones a estos.

La Ley de Delitos Ambientales sustituye integralmente el Título XI del Código Penal, adicionando nuevos delitos tales como: 1) deforestación, 2) promoción y financiación de la deforestación, 3) ecocidio, 4) tráfico de fauna, 5) apropiación ilegal de baldíos de la nación, 6) financiación de la apropiación ilegal de los baldíos de la nación y 7) financiación de invasión de áreas de especial importancia ecológica. Cabe mencionar que uno de los delitos que fue eliminado con ocasión de la expedición de la Ley de Delitos Ambientales fue el delito de violación de fronteras para la explotación o aprovechamiento de los recursos naturales (que se encontraba estipulado en el artículo 329 del Código Penal). (Hollánd & Kenight, 2021, párr. 2)

Tráfico de especies protegidas

El tráfico ilegal de especímenes silvestres se considera mundialmente una de las principales causas de disminución de las poblaciones naturales y una de las actividades ilícitas con mayores sumas de dinero en movimiento anualmente.

Los preocupantes niveles de extracción de algunas especies han motivado la expedición de normas orientadas al control de tales actividades ilícitas y al fomento de

métodos alternativos de aprovechamiento con base en el principio de sostenibilidad. Al respecto, el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente Decreto Ley 2811 de 1974, proporciona instrumentos normativos de aplicación para la totalidad de especies presentes en el territorio colombiano. Adicionalmente, Colombia forma parte de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), ratificada a través de la Ley 17 de 1981, con lo cual ha asumido compromisos en el ámbito internacional tendientes a facilitar el comercio legal de especímenes silvestres, garantizando que dicho comercio no afecte las poblaciones (Minambiente 2002, p. 5).

Sobre la estructuración de la Fuerza Aeroespacial Colombiana

La Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC) tiene como misión “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”. Para lograr tal propósito la Fuerza Aeroespacial tiene dentro de su organigrama la siguiente distribución a nivel estratégico. (EDAES, 2020, p. 14) En primer lugar, se encuentra el Comando de Fuerza Aeroespacial Colombiana cuya misión, según la Estructura Organizacional de la FAC, consiste en “Comandar, instruir y liderar para el empleo de la Fuerza Aeroespacial Colombiana”. Así mismo, se contempla a la Inspección General Fuerza Aeroespacial Colombiana (IGEFA), la cual se especializa en “Verificar la eficacia, eficiencia y efectividad de la Fuerza Aeroespacial Colombiana y garantizar la Seguridad Operacional, para el mejoramiento continuo de la Institución”.

Por consiguiente, existe la Ayudantía General (AYUGE) la cual cumple con la misión de “Asistir al comandante de la Fuerza Aeroespacial Colombiana en aspectos relacionados con Gestión Documental, Protocolo, Patrimonio Histórico y el trámite de las solicitudes de la ciudadanía en apoyo a su gestión. Para hacer público el trabajo hecho por la FAC existe la Oficina Comunicaciones Estratégicas (OCOES), la cual se encarga de “Gestionar los procesos de comunicación organizacional y comunicación pública de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, para mejorar el flujo de información hacia el público interno y externo, fortaleciendo la legitimidad institucional”.

Incluso, con respecto a las operaciones ambientales, se conciben línea de acción con diferentes organizaciones, entes o instituciones internacionales para lograr mitigar los delitos ambientales, para tal fin existe la Oficina Asuntos Internacionales (OFASI) cuya misión es “Asesorar al alto mando en la gestión de la estrategia internacional, para fortalecer y proyectar las capacidades de la Fuerza”.

Por ende, ya teniendo unas directrices claras, se obtiene el Segundo Comando y Jefatura de Estado Mayor Fuerza Aeroespacial ayudando al Comando de la Fuerza Aeroespacial Colombiana (COFAC) a la toma de decisiones y órdenes a nivel operativo. En su estructura yacen ramas como la Subjefatura del Estado Mayor de Estrategia y Planeación, ejerciendo una orientación y asesoramiento al alto mando que aseguren el desarrollo de la Fuerza. Además, llevándolo a coalición con la problemática ambiental, el Centro de Gestión Ambiental (CEGEA), la cual depende del Comando

de Apoyo a la Fuerza (CODAF), siguiendo las órdenes y lineamientos emitidos por el nivel estratégico de la Fuerza, buscará “Dirigir la gestión ambiental de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, para propender la conservación de los recursos naturales como patrimonio de la Nación” con la ayuda de, por ejemplo, la Jefatura de Operaciones Espaciales, la cual ejerce el contrapoder espacial mediante la explotación de activos espaciales para garantizar la libertad de acción en el espacio, con el fin de proteger los intereses nacionales, proporcionando las imágenes satelitales necesarias para un requerimiento interagencial.

Metodología

Para el desarrollo de esta investigación se implementó el método deductivo que de acuerdo con el manual para la elaboración de trabajos de grado donde dice que es aquel que parte de un marco general hacia uno particular, utilizado para inferir de lo general a lo específico, de lo universal a lo individual, en este método de razonamiento se obtienen conclusiones, empezando de lo general siendo este válido, hacia aplicaciones particulares, se inicia con el análisis de postulados, teoremas, leyes, principios entre otras, de aplicación universal mediante la deducción, el razonamiento y las suposiciones (EMAVI, 2024, p. 32).

De acuerdo con lo anterior, se empleó este método ya que no se va a inventar algo nuevo, se tomó un sistema estructural que ya está hecho para transformarlo, adaptándolo a las necesidades que tiene la Fuerza Aeroespacial Colombiana para poder contar con la Sección de Protección Integral Ambiental (SEPIA). El tipo de investigación para este ejercicio investigativo es el tipo descriptivo que de acuerdo con Hernández-Sampieri (2014) el tipo de investigación descriptiva: busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas (Hernández, 2014, p. 92), partiendo de esto se busca proponer una sección de la Fuerza Aeroespacial que se encargue de la protección integral del medio ambiente y este requiere una estructura organizacional que mantenga el orden e indique sus procesos. El enfoque cualitativo de acuerdo con Sampieri busca comprender el fenómeno y explorarlo desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con su contexto (Hernández, 2014, p. 7).

Antecedentes

Esta investigación surge a raíz de la emergente preocupación a nivel global de las problemáticas ambientales en la actualidad respecto a la educación, cuidado y preservación del medio ambiente y sus recursos naturales. A raíz del interés por realizar la investigación, análisis, y posterior descripción, acerca de cómo la Fuerza Aeroespacial Colombia combate y coopera con otras instituciones en pro de la mitigación de los delitos ambientales y sus responsables en el país. Para tener un contexto de toda esta

problemática, se decide investigar en bases de datos virtuales como lo es el Sistema de Información de Bibliotecas de la Fuerza Pública o redes académicas virtuales como lo son Google Académico o Scielo, mediante las cuales, se realizó una búsqueda de información sobre delitos ambientales, conservación del medio ambiente y demás temas relacionados con el papel de la Fuerza Aeroespacial Colombiana en la protección de los ecosistemas colombianos, donde se consiguieron artículos publicados en el lapso entre 2018 hasta el año 2023, para así, tener un contexto actualizado de esta problemática. De igual forma, entre los criterios de búsqueda se tuvo por preferencia el idioma castellano, para encontrar información más asociada con el contexto socioambiental colombiano. Se rastrearon documentos tipo artículos científicos, tesis de pregrado y maestría, libros y normativa jurídica relacionada con el tema.

En el transcurso del último siglo, el agravamiento de la sobrepoblación ha generado serias afectaciones por sus actividades en pro del desarrollo económico y social. En Colombia, sin particularidad alguna, a pesar de ser una nación con un inmenso territorio de gran variedad en su relieve, naturaleza, y clima, el Estado ha administrado de forma irresponsable los recursos naturales del país en una pésima gestión de las políticas de sostenibilidad ambiental dada la ancha coyuntura del conflicto armado, la pobre educación integral ambiental y la corrupción de las instituciones colombianas. Para la presentación de los antecedentes se abordarán primero a partir del escenario institucional, luego, el escenario nacional y finalmente, algunos antecedentes internacionales.

Antecedentes Institucionales

La Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC) es una institución que ha contribuido en gran medida a la mitigación de los delitos ambientales que, junto a los demás miembros de la Fuerza Pública, trabajan constantemente con sus respectivas capacidades (terrestres, navales o aéreas) para así hacer frente a aquellos grupos que explotan indiscriminadamente la naturaleza. La FAC mediante la capacidad aeroespacial y espacial ha logrado identificar los territorios y ecosistemas afectados por la presencia de grupos al margen de la ley, para luego en conjunto con las demás fuerzas poder frenar y capturar a aquellos que son partícipes en los delitos ambientales. El señor Subteniente Ramos Ramírez Edgar Alejandro (2018), afirma, en su investigación de proyecto de grado, que:

La Fuerza Aeroespacial Colombiana durante toda su historia se ha caracterizado por la búsqueda continua del bienestar de la población de nuestro país y el mejoramiento continuo de sus procesos en pro de la comunidad. Por esta razón el medio ambiente ha sido un factor muy importante para tener en cuenta en la materialización de la misión y desarrollo operacional de la institución, y al observar el impacto que las labores realizadas diariamente por la Fuerza Aeroespacial Colombiana causan en la naturaleza y en todos los ecosistemas que posee nuestro país se vio la necesidad de darle la importancia que merece el sector ambiental, dando cumplimiento al objetivo estratégico de responsabilidad social (p. 17).

Por ende, se debe estructurar el proceso de llevar a cabo estos requerimientos en el apoyo interagencial frente a la sostenibilidad y protección ambiental. No obstante, como fundamental propósito de aquel escrito era determinar el grado de cumplimiento que la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez tiene con relación a la gestión ambiental establecida en la norma NTC-ISO 14001:2004 bajo una auditoría interna. Esta es una herramienta de evaluación internacional anual para verificar las actividades de carácter ambiental tomadas en la Unidad, comprobando los requerimientos que la norma exige en las instituciones del Estado

El señor Capitán Amador Pinilla Juan Pablo (2019) en su tesis de maestría “Escenarios Prospectivos de la Minería Ilegal de Oro en el Sur del Departamento de Bolívar y su relación con el medio ambiente y el desarrollo social en la región al año 2030” afirma que a raíz de las precarias condiciones sociales que hay en el sur del departamento de Bolívar, surgieron diversas economías ilegales entre las que se encuentra la minería ilegal, la cual es una de las fuentes más rentables para los Grupos Armados Organizados (GAO), quienes se aprovechan de las personas en condiciones de vulnerabilidad para reclutarlas en su actuar ilícito. Dicha actividad genera un impacto ambiental grave en los ríos y demás fuentes hídricas donde se extraen los minerales, por lo que el señor Capitán Amador expone qué estrategias debe llevar a cabo la Fuerza Aeroespacial para hacer frente a las consecuencias que la minería ilegal producirá para el año 2030.

La Fuerza Aérea Colombiana (2020), expone el documento *Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial 2042* (FAC, 2020), en el cual se propone un escenario ideal donde se lleven a cabo las operaciones en contra de los delitos ambientales para el año 2042, así planteando que la FAC debe “Participar en actividades con autoridades ambientales y judiciales para preservar los recursos naturales”. (FAC, 2020, p. 35). Cuidando de manera correcta los recursos naturales a través de sus políticas ambientales actuales y su cooperación interagencial.

La FAC se compromete a preservar los recursos naturales; previniendo, mitigando y compensando los impactos ambientales generados en el desarrollo de su misión, trabajando por el mejoramiento continuo del Sistema de Gestión Ambiental, dando cumplimiento a la legislación y normatividad vigente (Fuerza Aeroespacial Colombiana, 2019, párr. 1).

La Fuerza Aeroespacial Colombiana (2020) encuentra tipificado dentro de su doctrina institucional, más específicamente dentro del *Manual de Doctrina Básica Aérea, Espacial y Ciberespacial (DBAEC)*, cuáles son los tipos de doctrina en las que se desarrollan las operaciones militares teniendo en cuenta las alianzas que se establecen para llevar a cabo una operación, en los que se encuentran las doctrinas Conjunta (que hace referencia a la relación con las demás Fuerzas Militares, Ejército y Armada), Coordinada (con la Policía, la Fiscalía y las demás entidades gubernamentales) Combinada (alianzas con demás Fuerzas aliadas de países aliados). El concepto de Doctrina Coordinada también se denomina como Interagencial, dando a entender que dicha operatividad también enmarca a las demás agencias y entidades del Estado. (FAC, 2020, p. 42)

Los señores Subtenientes Espinel Medina Daniel Mauricio y Silva Arboleda Felipe (2023), en su investigación titulada “Diseño de una estrategia de cultura de protección del medio ambiente dirigido a los Alféreces y Cadetes de la Escuela Militar De Aviación “Marco Fidel Suárez” exponen la gran afectación del medio ambiente a nivel global debido a la contaminación y poca conciencia ambiental por parte de la humanidad a lo largo de la historia haciendo énfasis en la estrecha relación que debe haber entre las Fuerzas Militares de Colombia con el cuidado del medio ambiente, la prevención y mitigación de los delitos ambientales.

Hacen especial énfasis en la educación ambiental que se debe llevar a cabo en las escuelas de formación castrense, con el fin de crear una cultura ambiental en los miembros de la Fuerza Pública en Colombia, concientizando así, sobre las implicaciones que conlleva el deterioro de los ecosistemas, el irreversible daño que se hace en el medio ambiente y el impacto que tiene en la humanidad estos fenómenos. Del mismo modo, mencionan el rol que establece la Fuerza Aeroespacial Colombiana para el año 2042 en donde por medio de actividades de preservación de los recursos naturales se pretende concientizar a todos los miembros de la FAC, en especial a los Cadetes y Alféreces, sobre la relevancia del medio ambiente y su cuidado, para que quienes sean los futuros líderes de la institución lleven a cabo la misionalidad y sus respectivas funciones y tareas dentro del marco de la cultura ambiental.

Antecedentes Nacionales

En el contexto nacional, los problemas ambientales se han convertido en una prioridad para la sociedad nacional, ya que, en la cotidianidad, y especialmente en ciertas regiones del país ya se ha empezado a notar los efectos y consecuencias del deterioro ambiental y del cambio climático. Muchas empresas e instituciones gubernamentales como lo son las Corporaciones Autónomas Regionales, fundaciones ambientales, entre otras, se han puesto en la tarea de diseñar e implementar políticas de cuidado ambiental como también de campañas de concientización en las que se instruye a las personas sobre la importancia del medio ambiente y cómo cuidarlo.

Muchas de estas propuestas han sido formuladas por parte del Estado Colombiano por medio de instituciones como el Ministerio de Ambiente o las corporaciones regionales, pero cuando se habla de delitos ambientales y sus respectivos causantes (mayoritariamente Grupos Armados Organizados ilegales) entra en juego el rol vital de la Fuerza Pública. Los investigadores Dussán & Martínez (2019) en su investigación titulada “Desarrollo legal y jurisprudencia constitucional en Colombia sobre la protección del medio ambiente y los recursos hídricos”, exploran la inquietud de la sociedad frente al desafío del Fenómeno del Niño en Colombia. Su objetivo es analizar los aspectos legales y jurídicos presentes en las decisiones de la Corte Constitucional Colombiana, específicamente en relación con la capacidad de preservar los recursos hídricos. Este análisis se origina debido a las preocupaciones que surgen a raíz de la actividad económica y su impacto en la salubridad de la población. Los investigadores se enfocan en examinar cómo las cuestiones legales y jurisprudenciales en Colombia abordan los desafíos relacionados con la protección del medio ambiente y la gestión sostenible de los recursos hídricos en un contexto afectado por el Fenómeno del Niño.

El investigador Marquardt (2020) en su artículo llamado “Derecho y ambiente en el tiempo y en el espacio: Colombia en el contexto latinoamericano” analizó el desarrollo histórico del derecho de la protección ambiental en América Latina con un enfoque en Colombia pasando desde la época ecológica como por la aceleración a partir de la revolución ecológica de los años setenta del siglo. En este contexto, el autor señala que se han esgrimido diversas justificaciones recurrentes para explicar la implementación subóptima del derecho ambiental en América Latina. Estas justificaciones incluyen argumentos relacionados con los altos costos y la limitación presupuestaria, las rivalidades de competencias, las discrepancias internas administrativas, las dificultades en la ejecución de contratos públicos sin errores, las preocupaciones sobre posibles impactos adversos en la inversión, la priorización del desarrollo industrial con la idea de solucionar los problemas generados posteriormente mediante las ganancias obtenidas, y el enfoque en la conservación o creación de empleos.

Los señores coroneles Giraldo y Cabrera (2020) llevaron a cabo una investigación titulada “Estrategia contra la extracción ilícita de yacimientos mineros 2020-2030”. En dicho estudio, se exploró la causa del considerable potencial de crecimiento en la extracción ilícita de minerales. Se argumenta que esta situación se deriva de la falta de diversos factores y la ausencia o débil presencia del control institucional en las regiones territoriales. Este vacío institucional contribuye al aumento de esta actividad ilícita, lo cual a su vez favorece la proliferación de condiciones de marginalidad social, política y económica. Estos factores reflejan la insatisfacción de necesidades básicas, generando un escenario propicio para la actividad de las estructuras delictivas.

El autor Antolínez (2021) en su artículo “El papel del derecho comunitario andino en la temática del medio ambiente desde las competencias de los municipios” examina la relevancia de la relación entre la comunidad andina y Colombia, enfocándose en cómo esta conexión posibilita la protección y conservación del medio ambiente a través de la intervención de los municipios. En este sentido, el autor explora la naturaleza jurídica del derecho comunitario andino y su propósito, investigando cómo este marco legal puede contribuir a permitir que los municipios desempeñen un papel activo en la preservación del entorno.

El Estado colombiano (2022) en la “Ley de Delitos Ambientales, la norma que protege los ecosistemas de los colombianos”, contempla a los delitos ambientales como una amenaza con afectaciones directas y de gran severidad sobre el territorio. Especialmente, el Ministerio de Ambiente los condena con un máximo de 12 años de prisión y se plantean en el contexto nacional como:

Los nuevos delitos tipificados son la deforestación, su promoción y financiación, el tráfico de fauna, la financiación de la invasión de áreas de especial importancia ecológica, la financiación y apropiación ilegal de baldíos de la nación; también, los daños en los recursos naturales y el ecocidio, la caza y pesca ilegal, el aprovechamiento ilícito de los recursos naturales renovables y la contaminación ambiental se fortalecieron en materia de sanciones con esta ley (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022, párr. 2).

El señor Parra León (2022) en su libro *Fuerzas Militares en la protección del medioambiente y en apoyo a la gobernanza ambiental en el Caquetá. Sistematización de la experiencia de la Burbuja Ambiental “2016-2019”*, expone el rol de las Fuerzas Militares en la protección y gobernanza ambiental, enfocada en el departamento del Caquetá, donde en el marco de los acuerdos de paz con la guerrilla de las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC), las Fuerzas Militares de Colombia redefinen su rol con respecto a la protección ambiental y la mitigación de los delitos ambientales. En dicho libro expone el significado del concepto de las “Burbujas Ambientales” en el contexto de las Fuerzas Militares, afirmando que:

La creación de las Burbujas Ambientales marco un hito en la redefinición del rol de las Fuerzas Militares en su rol con respecto al cuidado del medio ambiente, el cual solo se enfocaba en el control y vigilancia de los recursos naturales a una participación directa en la mitigación de los delitos ambientales (Parra, 2022, p.35).

Asimismo, se ha tomado el ejemplo de uno de los proyectos de Ministerio de Defensa, junto con las Fuerzas Militares de Colombia, en el seminario MEMORIAS- cambio climático, protección de los bosques y gestión del riesgo de desastre para el sector defensa, donde en el caso de estudio por el taller de gestión del riesgo de desastres fue el paso del huracán Lota, que destruyó más del 90 % de la infraestructura en Providencia y Santa Catalina, las Fuerzas Armadas comenzaron a trabajar de manera coordinada e interagencial con otras entidades gubernamentales y departamentales para llevar a cabo actividades para permitir la restauración de infraestructura y la restauración ecológica en el sector del archipiélago. De esta manera, el Ejército Nacional, con el apoyo de la Fuerza Aeroespacial Colombiana y la Armada Nacional, pusieron en marcha la operación humanitaria más grande e inédita en la historia de Colombia.

Los investigadores Barrero y Tovar (2022) en su libro titulado *La importancia de la Antártida para Colombia, vol. 2 medioambiente, seguridad internacional y contribución militar*, exploran diversos aspectos relacionados con la relevancia de la Antártida para Colombia. En uno de los capítulos, se analiza en detalle la importancia del bioma antártico en la geoestrategia del estado colombiano. Se resalta que la Antártida alberga millones de toneladas de hielo, un recurso que posee un valor inmensamente estratégico para la supervivencia futura de los seres humanos y el equilibrio de la naturaleza en general. Este valor trasciende las fronteras nacionales, ya que el hielo antártico contribuye significativamente a la regulación del clima a nivel planetario. Es importante considerar que, a pesar de los daños que la actividad humana ha infligido al medio ambiente, especialmente desde la primera era industrial, el papel crucial del hielo antártico en la estabilidad climática persiste.

Por otro lado, el señor William Farfán Moreno y la señora Paola Jessenia Moreno Corzo publicaron un libro titulado *Medio ambiente y conflicto armado en la región del Urabá* (2023), es una obra resultado de la investigación Orígenes de la violencia estructural contra el medio ambiente en la región del Urabá desde los años 1994 hasta el año 2016, como forma de lucha de las organizaciones al margen de la ley, en el cual se tratan temas como estado del arte sobre crímenes ambientales en el conflicto armado colombiano, abarcando temas como las afectaciones directas e indirectas al

medio ambiente en la región del Urabá por grupos armados ilegales sin dejar atrás el desplazamiento forzado de comunidades en ecosistemas estratégicos para la Nación. Así pues, los Señores William Farfán Moreno y Paola Jessenia Moreno Corzo (2023), en su investigación “Medio Ambiente y Conflicto Armado en la región de Urabá” explicaban como el actuar de los Grupos Armados Organizados (GAO) afectaban a la naturaleza, como se menciona en el siguiente fragmento:

Cada GAO, según el territorio donde se encuentre, utiliza estas economías ilegales o acciones bélicas contra el medio ambiente. Los impactos sobre el medio ambiente, de acuerdo con las investigaciones, son la deforestación, los desvíos de arroyos y otros cauces hídricos, la explotación ilegal de flora y fauna, la contaminación de fuentes hídricas, la aniquilación de zonas protegidas y la contaminación de grandes extensiones de selva y bosques, todo lo cual deja como resultado la pérdida de la biodiversidad. (Farfán –Moreno, 2023, p. 29)

Antecedentes Internacionales

Los delitos ambientales no son un problema exclusivo de Colombia; muchos países alrededor del mundo están adaptando medidas para mitigar los daños que se están haciendo a los ecosistemas y al medio ambiente. Una de las zonas más afectadas es la región Amazónica, conformada por países como Brasil, Perú, Ecuador, Bolivia y Colombia. Esta vasta región selvática, considerada como el pulmón del mundo, la cual posee grandes riquezas naturales y biodiversidad es sin lugar a duda, una de las regiones más afectada por delitos ambientales como lo son la deforestación masiva, la minería ilegal, el tráfico de fauna silvestre entre muchos otros fenómenos más. A raíz de esta situación, los países que conforman el Amazonas se vieron en la obligación de tomar acciones para hacer frente a esta problemática.

Los licenciados Alcides Antúnez Sánchez y Lenin Lucas Guanoquiza Tello (2018), expone mediante el artículo “La protección penal ambiental en Ecuador. Necesidad de un cambio”, el manejo que se le dan a los delitos ambientales en la república del Ecuador, donde expone que a pesar que la protección del medio ambiente está reglamentado bajo el artículo 71 de la constitución de este país, donde se establece que el ser humano es parte de la naturaleza y por lo tanto debe vivir en armonía con ella sin afectarla, todo esto bajo la filosofía ancestral indígena del Sumak Kawsay, donde además expone que esa relación permite el desarrollo social y económico del pueblo ecuatoriano bajo una regulación para la preservación de los recursos naturales. A pesar de estos planteamientos, Antúnez y Guanoquiza afirman que existe un gran vacío legal en la justicia ecuatoriana con respecto a los delitos ambientales donde en muchos casos no se llega a judicializar a aquellos que afectan el medio ambiente, debido a que se producen lo que ellos consideran “actos antijurídicos en contra de la naturaleza”.

En la República del Perú, ocurre algo similar, gracias a la investigación de la abogada Glenda Berrios Huamani (2021), en su tesis “Análisis de la responsabilidad penal de personas jurídicas por delitos ambientales en Arequipa 2020” expone las fallas que existen en el sistema judicial peruano con respecto al manejo de los delitos ambien-

tales, donde afirma que gran parte de los jueces hasta las personas jurídicas no están actuando correctamente en la protección del medio ambiente. Glenda Berrios (2021) afirma:

No debemos dejar de recordar que el derecho al medio ambiente es un bien jurídico colectivo en el que participa no solo el Estado sino toda la comunidad, por lo que el objeto activo del delito puede ser un individuo o una persona jurídica. Quienes necesitan proteger los ecosistemas piensan en el futuro de la civilización sin olvidar que la riqueza que surge de los recursos naturales debe ser utilizada de forma racional no solo por las empresas que los utilizan, sino también por todos los ciudadanos. (p. 8)

En Brasil, el país que abarca la mayor parte de la selva amazónica, desde hace décadas el tema de la protección ambiental tomó relevancia en la sociedad brasileña, María del Pilar García Pachón (2022), editora de la Universidad Externado de Colombia, mediante su libro “Derecho penal ambiental y reparación de daños a la naturaleza”, compara las legislaciones de Colombia y Brasil con respecto al cuidado de la naturaleza y la categorización de los delitos ambientales. Allí expone que, en la constitución federal de Brasil de 1988, en el artículo 225, establece que todos los brasileños tienen derecho a un medio ambiente ecológicamente equilibrado donde además se impone el compromiso de la sociedad brasileña para defenderlo y preservarlo. A raíz del análisis y comparación de la legislación brasileña y colombiana, María García, afirma en una de sus conclusiones que en Brasil cualquier afectación a un ecosistema (así no esté definido con reserva natural o área protegida) será concebido como delito ambiental y por ende será punible, mientras que en Colombia esto solo ocurre en aquellas zonas definidas como áreas protegidas.

Por consiguiente, cimentado sobre estos antecedentes, se ve la necesidad de investigar en el tema medioambiental al ser una preocupación más fuerte en la posteridad, y de ese modo el Estado podrá emitir acciones en contra de los delitos ambientales. Las Fuerzas Militares por su lado tendrán la obligación de defender la soberanía y recursos del territorio nacional.

Marco normativo

Esta investigación se sustenta en los siguientes ejes normativos y constitucional.

Tabla 1. Eje normativo internacional

Norma	Contenido/ Descripción	Justificación /Aplicación
Declaración de Estocolmo 1972	Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, aprobada en Estocolmo el 16 de junio de 1972.	Regula las formaciones físicas y biológicas que tengan un valor universal excepcional. Por lo tanto, no se puede desconocer qué en
Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural.	Desarrollada en París el 23 de noviembre de 1972. Constatando que el patrimonio cultural y el patri-	algún momento estas zonas puedan estar expuestas a ser susceptibles de sufrir algún delito ambiental.

Norma	Contenido/ Descripción	Justificación /Aplicación
Declaración de Estocolmo 1972 Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural.	monio natural están cada vez más amenazados de destrucción, no sólo por las causas tradicionales de deterioro sino también por la evolución de la vida social y económica que las agrava con fenómenos de alteración o destrucción aún más temibles. Desarrollada en París el 23 de noviembre de 1972. Constatando que el patrimonio cultural y el patrimonio natural están cada vez más amenazados de destrucción, no sólo por las causas tradicionales de deterioro sino también por la evolución de la vida social y económica que las agrava con fenómenos de alteración o destrucción aún más temibles.	Aplicada a nivel global, esta declaración ha servido como referencia fundamental para la formulación de políticas ambientales y acuerdos internacionales. Su influencia se refleja en tratados como el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París, los cuales buscan enfrentar problemas como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad. Asimismo, ha guiado la creación de legislaciones nacionales orientadas hacia el desarrollo sostenible, promoviendo la cooperación entre países y fomentando la adopción de principios como el enfoque precautorio y la participación ciudadana en la toma de decisiones ambientales.
Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo	La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, habiéndose reunido en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992, reafirmando la Declaración de la Conferencia de Estocolmo (1972) y tratando de basarse en ella, con el objetivo de establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas, procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo e independientemente de la Tierra, nuestro hogar. Proclama que: PRINCIPIO 1: Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.	

Norma	Contenido/ Descripción	Justificación /Aplicación
Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo	Proclama que:	
	PRINCIPIO 3: El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras. PRINCIPIO 4: A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.	

Fuente: ONU, 1972, 1992.

Tabla 2. Eje constitucional

Norma	Contenido/ Descripción	Justificación /Aplicación
Constitución Política de Colombia	Protección de los bienes culturas y los recursos naturales	Su aplicación en el territorio colombiano es amplia, ya que estos artículos son la base sobre la cual se estructura la legislación ambiental del país. Establecen que todas las personas tienen derecho a un ambiente sano y que el Estado debe planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su uso sostenible. Además, orientan la creación de normativas como la Ley 99 de 1993 y han sido clave en decisiones judiciales de la Corte Constitucional que han protegido ecosistemas estratégicos como la Amazonía, los páramos y los humedales.
	Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.	
Artículo 8		

Norma	Contenido/ Descripción	Justificación /Aplicación
Constitución Política de Colombia	Corte Constitucional sentencias C-216/93, T-469/93; C-137/96 C-495/97; C-221/97; C-1042/03, C-1115/05.	
Artículo 8		
Capítulo 3		
De los Derechos Colectivos y del Ambiente.		
Artículo 79	Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.	
Artículo 80	“El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.”	

Norma	Contenido/ Descripción	Justificación /Aplicación
Artículo 113	Son Ramas del Poder Público, la legislativa, la ejecutiva, y la judicial. Además de los órganos que las integran existen otros, autónomos e independientes, para el cumplimiento de las demás funciones del Estado. Los diferentes órganos del Estado tienen funciones separadas, pero colaboran armónicamente para la realización de sus fines.	La cooperación de la FAC con otras instituciones tanto privadas como del Estado responde al mandato constitucional de la colaboración entre entidades para lograr los fines del Estado como lo es la Protección ambiental.
Artículo 216	Todos los colombianos están obligados a tomar las armas cuando las necesidades públicas lo exijan para defender la independencia nacional y las instituciones públicas. [...]”	“La Fuerza Pública estará integrada en forma exclusiva por las Fuerzas Militares y la Policía Nacional.
Artículo 217	Las Fuerzas Militares tendrán como finalidad primordial la defensa de la soberanía, la independencia, la integridad del territorio nacional y del orden constitucional. [...]”	“La Nación tendrá para su defensa unas Fuerzas Militares permanentes constituidas por el Ejército, la Armada y la Fuerza Aérea.

Fuente: Congreso de la República de Colombia (1991) [art. 8, 79, 80, 216, 217].

Tabla 3. Eje normativo nacional

Norma	Contenido/Descripción	Justificación/Aplicación
Ley 99 de 1993	“Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”. El Congreso de Colombia Decreta: Título I <i>Fundamentos de la Política Ambiental Colombiana</i> Artículo 1. Principios Generales Ambientales. La política ambiental colombiana seguirá los siguientes principios generales: 1. El proceso de desarrollo económico social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo 2. La biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible. 3. Las políticas de población tendrán en cuenta el derecho de los seres humanos a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza. 4. Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial. 5. En la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso.	En Colombia, esta ley tiene una aplicación integral en la regulación del manejo ambiental a nivel nacional y territorial. Establece el Sistema Nacional Ambiental (SINA), que articula entidades como el Ministerio de Ambiente, las Corporaciones Autónomas Regionales y otras instituciones encargadas de la gestión de los recursos naturales. Además, ha sido un pilar en la planificación ambiental, al exigir estudios de impacto ambiental para proyectos con potencial afectación ecológica y al impulsar la educación ambiental como herramienta de concienciación ciudadana.

Norma	Contenido/Descripción	Justificación/Aplicación
Ley 99 de 1993	6. La formulación de las políticas ambientales tendrá en cuenta el resultado del proceso de investigación científica. No obstante, las autoridades ambientales y los particulares darán aplicación al principio de precaución conforme al cual, cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente.	
	7. El Estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables.	
	8. El paisaje por ser patrimonio común deberá ser protegido.	
	9. La prevención de desastres será materia de interés colectivo y las medidas tomadas para evitar o mitigar los efectos de su ocurrencia serán de obligatorio cumplimiento.	
	10. La acción para la protección y recuperación ambientales del país es una tarea conjunta y coordinada entre el Estado, la comunidad. Las organizaciones no gubernamentales y el sector privado. El Estado apoyará e incentivará la conformación de organismos no gubernamentales para la protección ambiental y podrá delegar en ellos algunas de sus funciones.	
	11. Los estudios de impacto ambiental serán el instrumento básico para la toma de decisiones respecto a la construcción de obras y actividades que afecten significativamente el medio ambiente natural o artificial.	
	12. El manejo ambiental del país, conforme a la Constitución Nacional, será descentralizado, democrático y participativo.	

Norma	Contenido/Descripción	Justificación/Aplicación
Ley 99 de 1993	13. Para el manejo ambiental del país, se establece un Sistema Nacional Ambiental, SINA, cuyos componentes y su interrelación definen los mecanismos de actuación del Estado y la sociedad civil.	
	14. Las instituciones ambientales del Estado se estructurarán teniendo como base criterios de manejo integral del medio ambiente y su interrelación con los procesos de planificación económica, social y física.	
Título IX		
Ley 1453 de 2011	<i>De Las Funciones De las Entidades Territoriales y de la Planificación Ambiental. Artículo 68. De la Planificación Ambiental de las Entidades Territoriales.</i> Para garantizar la planificación integral por parte del Estado, del manejo y el aprovechamiento de los recursos naturales a fin de garantizar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución, conforme a lo dispuesto en el artículo 80 de la Constitución Nacional, los planes ambientales de las entidades territoriales estarán sujetos a las reglas de armonización de que trata el presente artículo. Los departamentos, municipios y distritos con régimen constitucional especial, elaborarán sus planes, programas y proyectos de desarrollo, en lo relacionado con el medio ambiente, los recursos naturales renovables, con la asesoría y bajo la coordinación de las Corporaciones Autónomas Regionales a cuya jurisdicción pertenezcan, las cuales se encargarán de armonizarlos.	
	Por medio del cual se sustituye el título XI “de los delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente” de la ley 599 de 2000, se modifica la ley 906 de 2004 y se dictan otras disposiciones El Congreso De Colombia Declara:	La aplicación de esta ley en Colombia se centra en el ámbito judicial y de control ambiental, ya que modifica el Código Penal para sancionar delitos contra el medio ambiente.
Ley 2111 de 2021		

Norma	Contenido/Descripción	Justificación/Aplicación
Ley 2111 de 2021	Artículo 10. Sustitúyase el Título XI, “De los delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente” Capítulo Único, Delitos contra los recursos naturales y medio ambiente, artículos 328 a 339, del Libro II, Parte Especial De Los Delitos General de la Ley 599 de 2000, por el siguiente:	Penaliza actividades como la deforestación, el tráfico de fauna silvestre y la contaminación de fuentes hídricas, estableciendo penas de prisión y multas considerables. Su implementación ha fortalecido la capacidad de la Fiscalía General de la Nación y otras entidades para investigar y procesar crímenes ambientales, contribuyendo a la prevención de actividades ilícitas y al resguardo de ecosistemas estratégicos del país.
	Título XI. De los Delitos contra los Recursos Naturales y el Medio Ambiente	
	Capítulo I.	
	<i>De los Delitos Contra los Recursos Naturales. Artículo 328. Aprovechamiento ilícito de los recursos naturales renovables.</i> El que con incumplimiento de la normatividad existente se apropie, acceda, capture, mantenga, introduzca, extraiga, explote, aproveche, exporte, transporte, comercie, explore, trafique o de cualquier otro modo se beneficie de los especímenes, productos o partes de los recursos faúnicos, forestales, florísticos, hidrobiológicos, corales, biológicos o genéticos de la biodiversidad colombiana incurrirá en prisión de sesenta (60) a ciento treinta y cinco (135) meses y multa de ciento treinta y cuatro (134) a cuarenta y tres mil setecientos cincuenta (43.750) salarios mínimos legales mensuales vigentes. Artículo 330. Deforestación. El que sin permiso de autoridad competente o con incumplimiento de la normatividad existente tale, queme, corte, arranque o destruya áreas iguales o superiores a una hectárea continua o discontinua de bosque natural, incurrirá en prisión de sesenta (60) a ciento cuarenta y cuatro 2111 (144) meses y multa de ciento treinta y cuatro (134) a cincuenta mil (50.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes. La pena se aumentará a la mitad cuando:	

Norma	Contenido/Descripción	Justificación/Aplicación
Ley 2111 de 2021	1. Cuando la conducta se realice para acaparamiento de tierras, para cultivos de uso ilícito o para mejora o construcción de infraestructura ilegal. 2. Cuando la conducta afecte más de 30 hectáreas contiguas de extensión o cuando en un periodo de hasta seis meses se acumule la misma superficie deforestada.	
	Artículo 330. Deforestación. El que sin permiso de autoridad competente o con incumplimiento de la normatividad existente tale, queme, corte, arranque o destruya áreas iguales o superiores a una hectárea continua o discontinua de bosque natural, incurrirá en prisión de sesenta (60) a ciento cuarenta y cuatro 2 2111 (144) meses y multa de ciento treinta y cuatro (134) a cincuenta mil (50.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes. La pena se aumentará a la mitad cuando: 1. Cuando la conducta se realice para acaparamiento de tierras, para cultivos de uso ilícito o para mejora o construcción de infraestructura ilegal. 2. Cuando la conducta afecte más de 30 hectáreas contiguas de extensión o cuando en un periodo de hasta seis meses se acumule la misma superficie deforestada	
	Artículo 333. Daños en los recursos naturales y ecocidio. El que con incumplimiento de la normatividad existente destruya, inutilice, haga desaparecer o cause un impacto ambiental grave o de cualquier otro modo dañe los recursos naturales a que se refiere este título o a los que estén asociados con estos, incurrirá en prisión de sesenta (60) a ciento treinta y cinco (135) meses y multa de ciento sesenta y siete (167) a dieciocho mil setecientos cincuenta (18.750) salarios mínimos legales mensuales vigentes.	

Norma	Contenido/Descripción	Justificación/Aplicación
Ley 2111 de 2021	<i>Parágrafo 10.</i> Para los efectos de este artículo se entiende por ecocidio, el daño masivo y destrucción generalizada grave y sistémica de los ecosistemas. <i>Parágrafo 20.</i> Por impacto ambiental grave se entenderá, la alteración de las condiciones ambientales que se genere como consecuencia de la afectación de los componentes ambientales, eliminando la integridad del sistema y poniendo en riesgo su sostenibilidad.	
	Artículo 334A. Contaminación ambiental por explotación de yacimiento minero o hidrocarburo. El que provoque, contamine o realice directa o indirectamente en los recursos de agua, suelo, subsuelo o atmósfera, con ocasión a la extracción o excavación, exploración, construcción y montaje, explotación, beneficio, transformación, transporte de la actividad minera o de hidrocarburos, incurrirá en prisión de cinco (5) a diez (10) años, y multa de treinta mil (30.000) a cincuenta mil (50.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes.	

Fuente: Congreso de la República de Colombia, Ley 99 (1993) – Ley 2111 (2021).

Tabla 3. *Eje normativo institucional*

Norma	Contenido/Descripción	Justificación/Aplicación
Directiva Permanente 069 de 2009 (FAC, 2009)	<i>Manejo de Residuos Sólidos al Interior de las Unidades Militares Aéreas</i>	
Plan Estratégico Institucional 2011-2030 (FAC, 2011)	Aquí se menciona la oferta de valor y las capacidades distintivas, dentro de las cuales se menciona el compromiso con el control y la protección del medio ambiente.	

Norma	Contenido/Descripción	Justificación/Aplicación
Directiva Permanente 069 de 2009 (FAC, 2009)	Manejo de Residuos Sólidos al Interior de las Unidades Militares Aéreas	
Plan Estratégico Institucional 2011-2030 (FAC, 2011)	La estrategia No. 8 (p. 54) Consolidación de la responsabilidad social y legal (FAC, 2011, p. 54): Responsabilidad Social para la Fuerza Aérea, es el compromiso con la misión constitucional y de su efectividad depende el impacto en la sociedad. Sin embargo, además de responder por la seguridad de la Nación mediante las operaciones aéreas⁵⁵ PEI 2010 – 2030 (vs ago24/2011) y respetando el marco de los Derechos Humanos y el Derecho Internacional Humanitario, también desarrolla diferentes actividades que impactan la sociedad como es el cuidado del ambiente y la interacción y colaboración con la comunidad, a través de campañas de acción integral y jornadas de tipo humanitario que fortalecen las relaciones con las partes interesadas de la Fuerza. Objetivo específico No. 12: preservar el medio ambiente. Uso racional, conservación y protección de los recursos naturales, así mismo el manejo integral de los residuos generados al interior de las Unidades, enmarcado en la normatividad ambiental vigente. En general crear una cultura de respeto y conservación del Ambiente.	Estas normas y disposiciones a nivel institucional en la FAC están relacionadas con la protección del medio ambiente, por el control frente a delitos ambientales, temas estrechamente relacionados con el área de interés de esta investigación.

Norma	Contenido/Descripción	Justificación/Aplicación
Directiva Permanente 069 de 2009 (FAC, 2009)	<i>Manejo de Residuos Sólidos al Interior de las Unidades Militares Aéreas</i>	
Directiva Permanente 059 de 2011 b.	Embellecimiento Instalaciones Aéreas y Mantenimiento Medidas Pasivas de Seguridad.	
Directiva Permanente 021 de 2013	Autoevaluación Ambiental al interior de las UMA”	
Plan de Acción Ambiental 2015 (FAC, 2015).	Plan de Acción Ambiental	
Disposición 032 de 2019 Comité Ambiental de la FAC (FAC, 2019)	Se crea el comité ambiental de la FAC.	
Directiva permanente No. 0120000005105 09 de marzo de 2020 (FAC, 2020)	Lineamientos en Gestión y protección ambiental de las Fuerzas Militares	
Directiva permanente 003/ 2023 (FAC, 2023)	Lineamientos para cumplir con la política Ambiental de la FAC.	
Guía de Gestión Ambiental Fuerza Aeroespacial Colombiana (2024) (FAC, 2024)	Este documento está orientado a ofrecer los lineamientos para la Gestión Ambiental de las Secciones Gestión Ambiental y/o Secciones Tácticas Gestión Ambiental de cada una de las Unidades Militares Aéreas; así como, la ruta para la elaboración de los planes y programas ambientales.	

Fuente: FAC 2009, 2011a, 2011b, 2013, 2015, 2019, 2020, 2023, 2024.

Cooperación interagencial

Citando las capacidades de explotación del espacio y bajo un modelo de integración de estas, la Fuerza Aeroespacial colombiana ha desarrollado trabajos con las diferentes agencias públicas y privadas del estado entre los que se destacan:

- Ministerio de Defensa Nacional.
- Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible.
- Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Salud.

- Comando General de las Fuerzas Militares.
- Ejército Nacional de Colombia.
- Armada de Colombia.
- Policía Nacional.
- Contraloría General de la República.
- Fiscalía General de la Nación.
- Corporaciones Autónomas Regionales.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Parques Naturales Nacionales.
- Procuraduría.
- Instituto de Hidrología.
- Meteorología y Estudios Ambientales.
- Dirección Bosque, etc.

Capacidades de la Fuerza Aeroespacial Colombiana para mitigar los delitos ambientales de deforestación y minería ilegal

La Fuerza Aeroespacial Colombiana enfoca su misionalidad y capacidades operativas en el dominio aéreo, espacial y ciberespacial, pero más allá de ser una institución que protege el espacio aéreo colombiano mediante el uso de aeronaves, radares y demás tecnologías aeronáuticas, cuenta con capacidades innovadoras, en el entorno espacial y ciberespacial que, gracias al uso de satélites, amplió el espectro operativo de la FAC más allá de la atmósfera. La Fuerza Aeroespacial Colombiana en su *Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial para el 2042*, expone dentro de sus áreas misionales la contribución a los recursos naturales y del medio ambiente, lo que establece el compromiso de la FAC por los temas ambientales en toda su operatividad y estructura.

En las capacidades de la FAC y que enfrentan delitos ambientales, se destaca la toma y análisis de imágenes, gracias a la innovadora capacidad satelital de la FAC con el desarrollo de su proyecto espacial y los sensores puestos en aeronaves de la institución. Otra capacidad esencial que provee la Fuerza en el marco de la lucha contra los delitos ambientales es brindarle a las tropas terrestres y navales de la Fuerza Pública una ayuda estratégica con el transporte aéreo a lugares remotos donde se requiera una rápida intervención contra aquellas organizaciones responsables de afectar los ecosistemas los colombianos, aprovechándose de los recursos naturales de forma indiscriminada.

Toma y análisis de imágenes

La Fuerza Aeroespacial Colombiana cuenta dentro de sus capacidades operativas el poder tomar, analizar y proveer imágenes en alta resolución del terreno y en general de la geografía colombiana, lo cual ha sido esencial para mitigar los delitos ambientales, debido a la eficacia y eficiencia en que la FAC lleva a cabo este proceso. Dichos requerimientos de imágenes son muy solicitados por diversas instituciones (como del Ministerio de Defensa, estatales y privadas) como el instituto Agustín Codazzi o el IDEAM, como de la misma institución, para el correcto planeamiento de las operaciones en pro de la naturaleza en materia de inteligencia. Dichas imágenes son obtenidas de dos formas: Mediante el uso de satélites (donde se cuenta con el funcionamiento de un satélite colombiano: el FACSAT y constelaciones de empresas internacionales rentadas por contrato de servicio), como por medio de sensores y radares como lo son el LiDAR (Light Detection and Ranging – Detección y alcance de imágenes láser), los FLIR (Forward-Looking Infrared - Infrarrojo de visión frontal) o los ADS (Airborne Digital Sensor – Sensor Digital Aerotransportado) instalados en distintas aeronaves de la FAC.

Figura 1. *FLIR modelo “380X”*



Nota. Imagen de un sensor FLIR modelo “380X”, usado ampliamente en operaciones aéreas que requieran toma de imágenes aéreas. Fuente: FLIR TELEDYNE, (2020) <https://www.flir.com.mx/news-center/military/flir-unveils-innovative-380x-upgrade-for-its-star-safire--long-range-imaging-systems/>

Capacidad Satelital de la FAC

En cuanto a poder espacial se refiere, la FAC utiliza por contrato a una constelación de satélites perteneciente a la empresa italiana E-geos para cumplir principalmente con los requerimientos que cumplan con las operaciones militares en Colombia, aportando a la resolución del conflicto armado y, en este caso, a combatir a los delitos ambientales en el país.

E-geos, mayoritariamente de la entidad privada Telespazio y siendo un 20% parte de la Agencia Espacial Italiana (ASI) del Ministerio de Defensa italiano desde el año 2000, es una compañía que ofrece productos y servicios entorno a la observación de la superficie de la tierra para su utilización en el ámbito civil o militar. Por tanto, esta empresa brinda imágenes de alta resolución gracias a su constelación satelital COSMO SkyMed, igualmente de origen italiana enfocada en principio a la vigilancia del

mediterráneo, equipada con cuatro satélites lanzados desde 2007 con sensores SAR-2000 multipropósitos para el sector de defensa, llegando a identificar objetivos con una extrema resolución de 1 metro por píxel.

Estas constelaciones satelitales brindan a la Fuerza Aeroespacial Colombiana la capacidad de mantener la vigilancia a lo largo del territorio nacional, plasmando imágenes de acuerdo con los requerimientos solicitados por la misma Fuerza o diferentes instituciones que necesiten de estos productos de inteligencia previos a la realización de las operaciones militares o procedimientos legales en contra de los delitos ambientales.

Figura 2. *Satélite Italiano “Leonardo”*



Nota. Imagen del satélite italiano “Leonardo”, de la constelación satelital COSMO SkyMed, la cual provee imágenes a la FAC. Fuente: Italian Defence Technologies (2022). <https://www.italiandefencetechnologies.com/second-generation-cosmo-skymed-satellite-successfully-launched/>

Por otra parte, el proyecto espacial colombiano, cuyo mayor símbolo ha sido el satélite FAC-SAT, mediante el cual la Fuerza Aeroespacial apostó a cruzar la frontera del espacio, al llevar a cabo un proyecto de diseño, creación y lanzamiento de una serie de nanosatélites apostando así al desarrollo espacial del país. El primer satélite de la institución enviado al espacio fue el FAC SAT-1, el cual fue una idea de la Comisión Colombiana del Espacio (CCE) creada en julio del 2006, encabezada por instituto geográfico Agustín Codazzi, con el objetivo de crear el primer satélite colombiano, el cual permitiera al país tener cierta autonomía tecnológica para servicios de comunicación, GPS, entre otros. Para el año 2013 la secretaría de la CCE fue asumida por la Fuerza Aeroespacial Colombiana, lo cual impulsó el desarrollo de este nanosatélite, cuyo lanzamiento se llevó a cabo en el año 2018. Para el diseño, desarrollo y seguimiento de este nanosatélite la FAC contó con la capacitación de Oficiales, Suboficiales, Cadetes y Personal Civil, por parte de empresas extranjeras como la firma GomSpace, lo que ha permitido tener personal con el conocimiento suficiente para estar al tanto del control, supervisión y análisis tanto del FAC-SAT como de la información que este enviaba.

Figura 3. *FAC-SAT II Chiribiquete.*

Nota. Satélite colombiano FAC-SAT Chiribiquete en órbita Tomado de: Poder Espacial FAC (2023). <https://www.fac.mil.co/es/noticias/un-ano-en-orbita-cumple-el-segundo-satelite-colombiano-facsat-ii-chiribiquete>

Para el año 2023, se lanza un nuevo nanosatélite, el FAC-SAT-2 nombrado Chiribiquete, en honor al Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete, el cual fue construido en tres años, en conjunto con varias empresas extranjeras. El FAC SAT-2 fue lanzado el 15 de abril del 2023 a las 01:47 hora colombiana, desde la Base Vandenberg en Estados Unidos, por un cohete de la empresa Space X. Gracias a los estudios hechos tanto en el FAC SAT-1 y posteriormente con el FAC-SAT-2 la Fuerza Aeroespacial ha obtenido la capacidad de adquirir imágenes satelitales desde el espacio del territorio nacional, lo que ha facilitado la coordinación y planificación de operaciones en el país, al tener información pertinente e imágenes precisas y detalladas. La misión del FAC SAT 2 es “promover imágenes electroópticas del territorio colombiano para análisis de la FAC y otras entidades del gobierno. Adquirir información radiométrica de la atmósfera para análisis de gases de efecto invernadero”. (Informe de Gestión FAC, 2023, párr.1)

Figura 4. *Imagen satelital de Cartagena de Indias*

Fuente: Poder Espacial FAC (2021). <https://poderespacial.fac.mil.co/es/galeria-facsat>

El FACSAT II cuenta además con un espectrofotómetro, el cual es un dispositivo que mide la intensidad de luz en función de longitud de onda, la cual al estar dentro de un nanosatélite en órbita permite medir que tanta contaminación en cuanto a gases como el dióxido de carbono o metano hay en la atmósfera midiendo y analizando la luminosidad del sol que refleja en la tierra en condiciones como luz ultravioleta o infrarrojo.

La espectroscopia, una técnica de eficacia comprobada en muchas ramas de la ciencia, consiste en proyectar radiación electromagnética (que puede ser luz visible, infrarroja o ultravioleta, u otros tipos de radiación como rayos X o microondas) a través de una muestra y estudiar sus efectos (Moseman, 2021, párr. 2).

El FAC SAT “Chiribiquete” cuenta con el Argus 2000, un espectrofotómetro infrarrojo producido por la empresa THOTHX, que cuenta con una banda infrarroja cercano de 1000nm hasta 2200 en un rango extendido. Gracias a esta tecnología, Colombia cuenta la innovadora capacidad de poner analizar la calidad del aire y qué tanta contaminación hay en la atmósfera con respecto a diferentes gases, además esta tecnología funciona para identificar si en algún punto del territorio geográfico hay alguna anomalía en el terreno, donde en gran medida resultan ser casos de minería ilegal, deforestación o incluso, incendios forestales.

Sensores y radares de la FAC

La Fuerza Aeroespacial Colombiana no solo cuenta con capacidad satelital, de hecho, antes de contar con esta tecnología, ya se contaba con sensores y radares de alta resolución instalados en diversas aeronaves de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, que realizan operaciones de inteligencia, recolectando datos (mayoritariamente imágenes). Las aeronaves con las que actualmente realizan los vuelos en este tipo de operaciones son:

Figura 5. *Aeronave Superking 350*



Fuente: CENOA (2023)

Figura 6. Aeronave C90-GTX

Fuente: CENOA (2023). <https://www.fac.mil.co/es/conozcanos/aeronaves/sk-350>

Figura 7. Aeronave Cessna 208B

Fuente: CENOA (2023). <https://www.fac.mil.co/es/node/47667>

Estas aeronaves van equipadas con los sensores ADS100 SH100 o ADS100 SH120, para la toma de imágenes ópticas, o el sensor LiDAR LS80 para el levantamiento de datos (en ese caso nubes de puntos) para generar modelos 3D del terreno. Sin embargo, también se cumplen requerimientos con aeronaves de la FAC que también cuentan con sensores aerotransportados como son los SA2-37B, AC-47T, o Aeronaves Remotamente Tripuladas.

Centro Nacional de Observación Aeroespacial

Todas las imágenes tanto satelitales como obtenidas por sensores son posteriormente enviadas al Centro Nacional de Observación Aeroespacial (CENOA), que es una dependencia de la Fuerza Aeroespacial Colombiana esencial para el Sector Defensa, debido a las capacidades de recolección, procesamiento, análisis y difusión de productos aéreos y espaciales en múltiples escenarios; seguridad nacional y global;

enmarcado en la priorización de las Zonas Estratégicas de Intervención Integral (ZEII) para la protección del agua, la biodiversidad y monitoreo del medioambiente como interés principal y prevalente de la nación en apoyo a entidades civiles que tengan el mismo interés de protección ambiental. El CENOA surge en el año 2021, a partir de la importancia de contar con información precisa y actualizada sobre diversos aspectos, como la protección del agua, la biodiversidad y el monitoreo del medioambiente, los cuales son considerados como intereses principales y prevalentes en Colombia. Mediante la observación Aérea, el CENOA busca fortalecer la capacidad del país para realizar análisis estratégicos, tomar decisiones informadas y actuar de manera oportuna en situaciones que requieran una respuesta.

El CENOA depende de la Jefatura de Inteligencia Aérea, Espacial y Ciberespacial [JIAEC].

El talento humano del CENOA, puede variar en función de sus roles y responsabilidades dentro de la institución. Sin embargo, en general, se espera que los miembros del CENOA tengan conocimientos y habilidades específicas relacionadas con la observación aérea, el procesamiento de datos y el análisis de productos aéreos y espaciales.

Propuesta estructura organizacional Sección Protección Integral Ambiental (SEPIA)

Se puede plantear una propuesta organizacional para la dependencia a crear teniendo en cuenta cada uno de los procesos a seguir como lo son la misión, tareas esenciales para la misión, doctrina, estructura organizacional, interrelación, etc. El inicio de toda dependencia actual de las FF.MM. tiene que seguir la Guía de Metodología para la Creación de una TOE para generar un estándar entra las Fuerzas. Por lo tanto, se requiere cumplir con el paso a paso para la creación de cualquier dependencia. Dado a lo establecido se usará la tipificación Doctrina, Organización, Material y equipo, Personal, Infraestructura (DOMPI).

Doctrina

Misión: Mantener el control y el monitoreo para la prevención, el combatir y la restauración por medio de la rápida reacción de nuestras capacidades para preservar nuestra fauna y flora creando un riguroso seguimiento a los delitos ambientales por parte de la Fuerza Aeroespacial Colombiana.

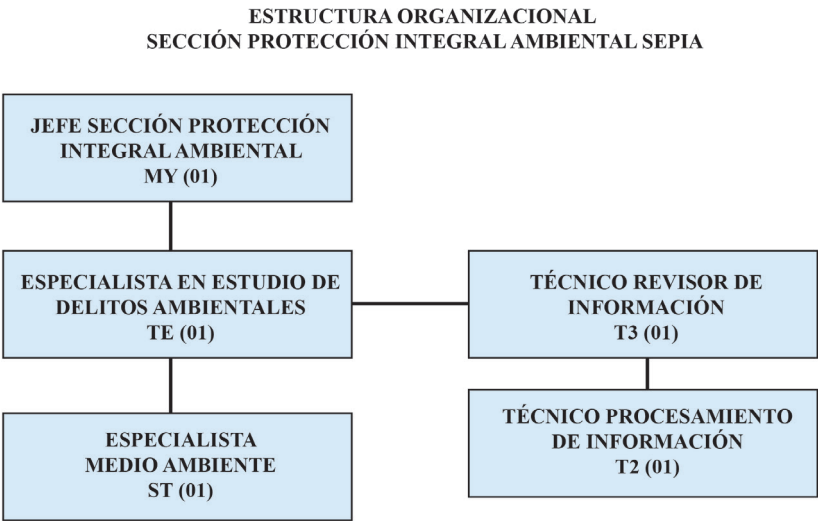
Tareas esenciales

La tarea primordial de la Sección de Protección Integral Ambiental es la de proteger y velar por hacer valer las leyes ambientales, tales como ser garantes de la vigilancia de tala indiscriminada de árboles, minería ilegal y estar siempre alertas a llamados de apoyo para otras unidades ya sea de un CACOM, GRUPO o DIRECCIÓN que necesite una capacitación en un tema ambiental, al momento de la tipificación de los daños

ambientales y de la toma de imágenes, sino también el tener toma de decisiones en esas acciones de delitos ambientales utilizando las capacidades de la FAC siguiendo la misión de la misma.

Organización

Figura 8. *Propuesta Estructura Organizacional SEPIA*



Material y equipo

La lucha contra los delitos ambientales en Colombia se ha visto potenciado por la implementación de sistemas de teledetección aérea. Diversas plataformas aéreas, equipadas con una variedad de sensores especializados, permiten la adquisición de imágenes de alta resolución que facilitan la identificación, monitoreo y evaluación de actividades ilícitas que atentan contra el medio ambiente. La elección de la tecnología a emplear depende de las características específicas del delito ambiental y los objetivos de la operación.

Personal

Oficiales: A partir de en la visita realizada al CENOA, el personal de oficiales que se propone para componer la dependencia puede tener formación académica en áreas como ingeniería aeroespacial, ciencias de la computación, geografía, inteligencia, teledetección, análisis geoespacial u otros campos relacionados. Se espera que tengan habilidades técnicas en el manejo de sistemas y tecnologías de observación aeroespacial, así como capacidades de liderazgo y gestión.

Suboficiales: Estos pueden tener formación técnica en áreas relacionadas con la observación aeroespacial, como la operación y mantenimiento de sistemas de recolección de datos, equipos de procesamiento y análisis de imágenes, y sistemas de comunicaciones. Además, se espera que tengan habilidades organizativas y capacidad para trabajar en equipo.

Demás personal: Además de oficiales y suboficiales, la dependencia puede incluir personal civil (profesionales de defensa) que brinden apoyo en áreas específicas, como análisis de datos, interpretación de imágenes, programación, comunicaciones, logística, entre otros. El perfil de este personal puede variar según las necesidades y requisitos específicos de la dependencia con personal capacitados.

Infraestructura

La estratégica distribución de las dependencias encargadas de combatir los delitos ambientales debe considerar la heterogeneidad territorial y la concentración de actividades ilícitas. Dada la excepcional biodiversidad de la Amazonía colombiana y las graves amenazas que enfrenta, se propone que el Grupo Aéreo del Amazonas (GAA-MA) albergue la sede principal. Esta ubicación optimiza la cobertura operacional, facilitando la vigilancia y respuesta a delitos como la minería ilegal, la deforestación y el tráfico de especies en vastas extensiones de selva y ríos. Como lo subraya (RIVERS ARE LIFE , 2023), la Amazonía es un ecosistema de inestimable valor global, cuya protección requiere una presencia institucional fortalecida.

Con el fin de articular una estrategia integral de lucha contra los delitos ambientales, se propone establecer una sede regional en Apiay-Meta (CACOM-2). La Orinoquia, con sus vastas llanuras y ecosistemas frágiles, representa un escenario propicio para la proliferación de actividades ilícitas. La instalación de una sede que opere en esta zona permitirá optimizar la coordinación de esfuerzos interagenciales y fortalecer la vigilancia en áreas clave como la Sierra de la Macarena, contribuyendo de manera significativa a la preservación de los recursos naturales.

Otra sede estrategia sería en la región del Valle del Cauca, se propone ubicarla en el CACOM 7 ya que la región del Pacífico colombiano enfrenta la tala ilegal y la pesca no regulada. Cali, como centro logístico del suroccidente, sería una base efectiva para coordinar operaciones aéreas que cubran las costas del Pacífico y los bosques circundantes. Además, la cercanía con el puerto de Buenaventura facilita el control de tráfico marítimo ilegal.

Con el objetivo de proteger los ecosistemas estratégicos del Caribe colombiano y promover el desarrollo sostenible de la región, se considera fundamental establecer una presencia institucional en el departamento de Córdoba. El CACOM 3, con su base en Malambo, ofrece una ubicación idónea para coordinar acciones en contra de la minería ilegal y otras actividades que atentan contra la calidad ambiental de la región (Barba, s.f.).

En conclusión, el presente estudio ha logrado identificar y proponer los componentes fundamentales para la creación de la dependencia de operaciones ambientales en la Fuerza Aérea Colombiana, alineada con las necesidades institucionales. A partir del análisis de la estructura organizacional propuesta por el Ministerio de Defensa Nacional, se ha diseñado una propuesta adaptada a las particularidades de la Fuerza Aeroespacial, considerando tanto los recursos humanos como los equipos necesarios.

La selección de aeronaves como anteriormente mencionadas, completa con una variedad de sensores especializados, garantiza la capacidad de la dependencia para llevar a cabo misiones de monitoreo ambiental. Además, la propuesta de ubicación estratégica asegura una óptima cobertura del territorio nacional. En conjunto, estos elementos constituyen una base sólida para el establecimiento de una dependencia de operaciones ambientales capaz de contribuir significativamente a la protección del medio ambiente y al cumplimiento de los objetivos institucionales.

Referencias bibliográficas

- Amador, J. (2019). *Escenarios Prospectivos de la Minería Ilegal de Oro en el Sur del Departamento de Bolívar y su relación con el medio ambiente y el desarrollo social en la región al año 2030*. https://mindefensa.primo.exlibrisgrouP.com/permalink/57MDN_INST/19u7a5o/alma990001141190107231
- Antolínez Sánchez, E. F. (2021). El papel del derecho comunitario andino en la temática del medio ambiente desde las competencias de los municipios. [The role of Andean Community law in environmental issues from the authority of the municipalities. O papel do direito comunitário andino na temática do meio ambiente a partir das competências dos municípios] *Revista Iusta*, (54) <https://doi.org/10.15332/25005286.6554>
- Antúñez Sánchez, A., & Guanoquiza Tello, L. L. (2019). La protección penal ambiental en ecuador. Necesidad de un cambio. *Justicia*, 24(35), 54–82. <https://doi.org/10.17081/just.24.35.3393>
- Barba, R. (s.f.). *La minería ilegal, la otra destrucción de la Amazonía*. <https://www.unav.edu/web/global-affairs/detalle/-/blogs/la-mineria-ilegal-la-otra-destruccion-de-la-amazonia>
- Barrero-Barrero, D.; Tovar-Zambrano, M. B. (Eds.). (2022). La importancia de la Antártida para Colombia: Medio Ambiente, Seguridad Internacional y Contribución Militar. Sello Editorial ESDEG. <https://doi.org/10.25062/9786287602205>
- BBVA. (2025). *¿Qué es el medioambiente y por qué es clave para la vida?* <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-medioambiente-y-por-que-es-clave-para-la-vida/>
- Berrios, E. (2021). *Análisis de la responsabilidad penal de personas jurídicas por delitos ambientales en Arequipa 2020*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/69733>

- Bolívar, J. D.; Cruz, H. S. (2025). *Propuesta de la Estructura organizacional de una dependencia de protección integral ambiental para la Fuerza Aeroespacial Colombiana*. [Tesis de pregrado] Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”.
- Congreso de la República de Colombia. (2023). *Resolución 677 de 2023 “Por medio de la cual se reglamenta y conforma la Dirección Especializada para los Delitos contra los Recursos Naturales y el Medio Ambiente”*. [https://www.suin-juriscol.gov.co/clp/contenidos.dll/Resolucion/30050667?fn=document-frame.htm\\$f=templates\\$3.0](https://www.suin-juriscol.gov.co/clp/contenidos.dll/Resolucion/30050667?fn=document-frame.htm$f=templates$3.0)
- Congreso de la República de Colombia.. (1973). *Decreto 2811 DE 1974 “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.”* <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>
- Congreso de la República de Colombia. (1991). *Constitución Política*. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html
- Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 62 de 1993 “Por la cual se expiden normas sobre la Policía Nacional, se crea un establecimiento público de seguridad social y bienestar para la Policía Nacional, se crea la Superintendencia de Vigilancia y Seguridad Privada y se reviste de facultades extraordinarias al presidente de la República”*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6943>
- Congreso de la República de Colombia. (1998). *Ley 489 de 1998 “Por la cual se dictan normas sobre la organización y funcionamiento de las entidades del orden nacional”*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=186>
- Congreso de la República de Colombia. (2001). *Ley 599 de 2000 “Por la cual se expide el Código Penal”*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6388>
- Congreso de la República de Colombia. (2001). *Ley 685 “Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones”*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=9202>
- Congreso de la República de Colombia. (2004) *Ley 906 “Por la cual se expide el Código de Procedimiento Penal”*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=14787>
- Congreso de la República de Colombia. (2011) *Decreto 3570 “Por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible”*. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1877919>

- Congreso de la República de Colombia. (2021). *Ley 2111 de 2021 “Por medio del cual se sustituye el título xi “de los delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente” de la ley 599 de 2000, se modifica la ley 906 de 2004 y se dictan otras disposiciones”* <http://funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=167988>
- Congreso Nacional de la República de Colombia. (2022). *Texto conciliado del proyecto de ley número 274 de 2023 cámara – 338 de 202 senado “por el cual se expide el plan nacional de desarrollo 2022- 2026 “Colombia potencia mundial de la vida”*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/portalDNP/PND-2023/2023-05-05-texto-conciliado-PND.pdf>
- Contreras Chica, M. A.; Díaz, J. M. (2025). *Análisis de cooperación a nivel interagencial para la protección del medio ambiente como parte de las operaciones y el cumplimiento de la misión de la Fuerza Aeroespacial Colombiana*. [Tesis de pregrado] Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”.
- Díaz Rubio, J. C., Granja Sánchez, D. A., Barón Ballesteros, E. L. y Cárdenas Ruíz, H. L. (2020). *Principales resultados de la gestión ambiental realizada en algunas unidades del Ejército Nacional de Colombia durante los años 2018, 2019 y 2020. Escuela de Armas Combinadas del Ejército, 2020*. Print. https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/permalink/57MDN_INST/19u7a5o/alma990001147600107231
- Dussán Bastidas, H. J.; Andrade Martínez, J. P. (2019). Desarrollo legal y jurisprudencia constitucional en Colombia sobre la protección del medio ambiente y los recursos hídricos. [Legal development and constitutional law in Colombia on the protection of the environment and water resources] *Revista Jurídica Piélagus*, 18(2). <https://doi.org/10.25054/16576799.2645>
- EMAVI. (2024). *Manual de Elaboración de Trabajos de Grado para la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”*.
- García, M. (2022.). *Derecho penal ambiental y reparación de daños a la naturaleza*. <https://publicaciones.uexnado.edu.co/gpd-derecho-penal-ambiental-y-reparacion-de-danos-a-la-naturaleza-9789587909258.html>
- Grupo Banco Mundial (2023). *Medio Ambiente*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/environment/overview>
- Hernández, A.; López, J.; Galindo, A.; Rodríguez, G.; Valencia, G. (2020). *Estrategia contra la extracción ilícita de yacimientos mineros 2020-2030*. Editores Giraldo-Bonilla, & Cabrera Ortíz. <https://esdeglibros.edu.co/index.php/editorial/catalog/book/57>
- Farfán-Moreno, W. (Ed.). (2023). *Medio ambiente y conflicto armado en la región del Urabá*. Sello Editorial ESDEG. <https://doi.org/10.25062/9786287602441>

- Fuerza Aeroespacial Colombiana. (2025). *Direccionamiento Estratégico DE-SE-MEP-PR-023. Procedimiento para la estructuración, ejecución y liquidación de convenios de colaboración y cooperación suscritos por el ministerio de defensa nacional y comandante de la FAC.*
- Fuerza Aeroespacial Colombiana. (2024). *Guía de Gestión Ambiental Fuerza Aeroespacial Colombiana.*
- Fuerza Aeroespacial Colombiana. (2023). *Directiva Permanente No. 010 / 2023 / Directrices para la celebración y la administración de recursos provenientes de convenios de cooperación colaboración.*
- Fuerza Aeroespacial Colombiana. (2023) *Informe de Gestión FAC.* https://www.fac.mil.co/sites/default/files/linktransparencia/control/Informesgestion/informesFAC/informe_de_gestion_fac_2023.pdf
- Fuerza Aeroespacial Colombiana. (2022). *Gráfica estructural de la dirección de la FAC.* <https://www.fac.mil.co/es/conozcanos/estructura#:~:text=La%20Estructura%20de%20la%20Fuerza,Apoyo%20a%20la%20Fuerza%20A%C3%A9rea>
- Fuerza Aeroespacial Colombiana. (2022). *Estructura de la Fuerza Aérea Colombiana.* https://www.fac.mil.co/sites/default/files/2022-08/estructura_organizacional_fac_disp_043.pdf
- Fuerza Aeroespacial Colombiana. (2020). *Historia, estructura, roles y doctrina de la Fuerza aeroespacial Colombiana.* https://www.fac.mil.co/sites/default/files/linktransparencia/informacioninteres/informescomision/historia_estructura_roles_y_doctrina_de_la_fuerza_aerea_Colombiana.pdf
- Fuerza Aérea Colombiana. (2020). *Estrategia de Desarrollo Aéreo y Espacial FAC (EDAES).* <https://www.fac.mil.co/sites/default/files/2021-04/edaes.pdf>
- Fuerza Aérea Colombiana. (2020). *Manual de Doctrina Básica Aérea Espacial y Ciberespacial (DBAEC).* https://www.fac.mil.co/sites/default/files/linktransparencia/Planeacion/Manuales/manual_de_doctrina_basica_aerea_espacial_y_ciberespacial_fac-0-b_dbaec_2020.pdf
- Giraldo-Bonilla, H. F. (Ed.). (2022). *Cambio climático, protección de los bosques y gestión del riesgo de desastre para el Sector Defensa.* Sello Editorial ESDEG. <https://doi.org/10.25062/9789588605104>
- Holland & Knight (2021). *Derecho Ambiental.* <https://www.hklaw.com/es/services/practices/energy-and-environment/environment>
- Marquardt, B. (2020). *Derecho y ambiente en el tiempo y el espacio: Colombia en el contexto latinoamericano.* [Law and environment in time and space: Colombia

- in the Latin American context]. *Pensamiento Jurídico*, (51) <https://www.proquest.com/scholarly-journals/derecho-y-ambiente-en-el-tiempo-espacio-colombia/docview/2593134899/se-2>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2002). *Estrategia nacional para la prevención y el control del tráfico ilegal de especies silvestres*. http://catalogo.humboldt.org.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=4076&shelfbrowse_itemnumber=5049
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Ley de Delitos Ambientales, la norma que protege los ecosistemas de los colombianos*. <https://www.minambiente.gov.co/ley-de-delitos-ambientales-la-norma-que-protege-los-ecosistemas-de-los-colombianos/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Recuerde cuáles son los delitos ambientales que se penalizan en Colombia*. <https://www.minambiente.gov.co/comunicado-de-prensa/recuerde-cuales-son-los-delitos-ambientales-que-se-penalizan-en-colombia/#:~:text=Proteger%20la%20biodiversidad%20del%20pa%C3%ADs,la%20caza%20y%20pesca%20ilegales>
- Ministerio de Defensa. (2009). *Directiva 023 de Medio Ambiente para las Fuerzas Militares*. <https://www.sanidadfuerzasmilitares.mil.co/transparencia-acceso-informacion-publica/2-normatividad/2-1-normativa-entidad-autoridad/2-1-3-normativa-aplicable/2-1-3-1-normatividad-ssfm/directivas/directivas-transitorias/directiva-medio-ambiente-las-fuerzas->
- Moseman, A & Kroll, J. (2021). *¿Cómo se analizan y miden los gases de la atmósfera?* <https://climate.mit.edu/ask-mit/how-are-gases-atmosphere-analyzed-and-measured>
- RIVERS ARE LIFE. (3 sep). *Amazon River: Biodiversity Marvel Under Threat*. <https://www.riversarelife.com/articles/amazon-river-biodiversity-marvel-under-threat>
- Organización de Naciones Unidas. (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/rio-declaration.htm>
- Organización de Naciones Unidas. (2022). *Población*. <https://www.un.org/es/global-issues/population>
- Poder Espacial FAC. (2023). *Galería FACSAT*. <https://poderespacial.fac.mil.co/es/galeria-facsat>
- Ramos, E. (2018). *Plan de mejoramiento de la gestión ambiental de la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez de acuerdo con la norma NTC ISO 14001:2004*. https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/permalink/57MDN_INST/19u7a5o/alma990001025500107231

Sánchez, H. F.; Salazar, E. (2025). *Propuesta de una Guía de operaciones de protección integral ambiental que le permita a la Fuerza Aeroespacial Colombiana ejecutar misiones para la protección y defensa del medio ambiente*. [Tesis de pregrado] Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”.

CAPÍTULO 6.

Gestión Ambiental y sostenibilidad crítica

MSc. Angie Falla Rubiano¹⁸

angiefalla@gmail.com

Código ORCID:0009-0000-7988-3827.

TE. (RA) Luis Fernando Escobar Nieto¹⁹

soyifer@gmail.com

Código ORCID: 000-0001-9213-1793.

Resumen

A partir del análisis de riesgos globales del Foro Económico Mundial, presentar una discusión sobre la sostenibilidad y la gestión ambiental que abra el debate sobre la real importancia de estos dos aspectos. Se analiza entonces, cómo los riesgos asociados al cambio climático son identificados por este organismo internacional como los principales para tener en cuenta en los próximos 10 años. Dentro de los principales hallazgos se encuentra que el consumo desmedido de energía y de recursos naturales han llevado a la humanidad a una crisis sin precedentes en la historia moderna, que debe ser abordada por todos los niveles de la sociedad. Por otra parte, la falta de una cultura de sostenibilidad; que debe ser impulsada no solo por los gobiernos, está generando dilemas éticos serios que no aportan para nada en la solución del problema. Lograr un equilibrio entre producción económica y sostenibilidad es hoy día una prioridad para toda la humanidad, generando o fortaleciendo una cultura fuerte y profundamente arraigada de cuidado del medio ambiente para salir de una aparente cultura de la etiqueta, donde, en apariencia, se cumple con un sinnúmero de regulaciones, pero, al hacer un análisis a fondo, el aporte al cuidado del cambio climático resulta siendo nulo o muy bajo.

Palabras clave: Gestión ambiental, ética ambiental, dilema ético, sostenibilidad.

18 Ingeniera Industrial de la Universidad Santiago de Cali, Especialista en Docencia Universitaria – Universidad Piloto de Colombia, Especialista en Gerencia de Seguridad y Salud en el Trabajo – Fundación Universitaria María Cano, Magister en Prevención de Riesgos Laborales – Universidad Internacional de la Rioja España, MBA Executive – Escuela Business España. Profesor I, Tiempo completo Programa Académico Ingeniería Industrial Corporación Universitaria Minuto de Dios. Regional Centro Occidente.

19 Administrador Aeronáutico y Especialización en Planeación Estratégica de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”. Máster Universitario en Estudios de Seguridad Internacional de la Universidad de la Rioja. Curso en Método del Caso FAC en INALDE Business School, Diplomado en Formación por competencias, Formación Basada en Evidencias y Metodología de la instrucción de Vuelo. Piloto Instructor de vuelo y tierra, Instructor de navegación por instrumentos (IFR) y de operaciones especiales (Long Line, Off Shore). Docente hora cátedra de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”.

Introducción

*“El movimiento se hace andando”.
Diógenes El cínico*

Mucho se ha escrito sobre gestión ambiental, basta con hacer una pequeña investigación bibliográfica en alguna base de datos para encontrar miles de libros y artículos, bien científicos o de divulgación, que cubren el tema con rigurosidad y desde diversas ópticas. De manera que el objetivo de este capítulo no es describir un sistema de gestión ambiental, o exponer algunos de los diferentes modelos usados por múltiples autores, o propuestos por teorías diversas, que, indudablemente, han enriquecido la discusión y el debate.

El propósito es presentar un análisis de algunos temas que parecen haber logrado la saturación cualitativa; entendiendo esta como ese punto donde la información recolectada parece repetirse, o da la sensación de ser redundante (Barraza, 2023, p. 98), para que el lector; desde el paradigma constructivista, genere su propio juicio crítico acerca de la importancia del medio ambiente y los esfuerzos sobre gestión ambiental que se vienen realizando.

Por otra parte, señalar la importancia que tiene para la sociedad el impacto ambiental, incentivar la investigación en busca de soluciones necesarias sobre este respecto, y motivar a la humanidad para no decaer en el empeño del cuidado ambiental, representado, entre muchos otros, por la implantación de la gestión ambiental a todo nivel.

No tiene como propósito establecer conceptos, ni teorías que no puedan ser debatidos, por el contrario, lo deseado es, que, a partir de estas reflexiones, se abran debates y diálogos para en conjunto lograr el fin último, que no es otro que promover la cultura de salvaguardar los recursos del planeta para las futuras generaciones. De acuerdo con lo anterior, enriquecer el debate, y, en caso de ser necesario corregir el rumbo hacia una dirección, no correcta, sino más favorable para la humanidad.

Enfoque metodológico

Como ya se mencionó, el enfoque es reflexivo, es decir, no buscar ofrecer respuestas definitivas o soluciones técnicas. Por el contrario, el objetivo que se busca es enriquecer el debate cuestionando supuestos, ya arraigados culturalmente, e identificando contradicciones en las decisiones, políticas o de cualquier otro orden, sobre gestión ambiental y las demandas sociales, económicas y culturales que inciden sobre estas. Este ensayo académico reflexivo propone una deliberación conceptual desde la crítica sobre temas relacionados con la gestión ambiental, tales como la participación de las comunidades en la determinación de la política ambiental, la instrumentalización de conceptos como la sostenibilidad como banderín político y el equilibrio entre desarrollo y competitividad sostenible.

Se realizó mediante una metodología de análisis documental de fuentes académicas de relevancia y artículos científicos con casos documentados, desde una óptica multidisciplinar que incluyó el paradigma ambiental, desde luego, pero, también desde la sociología, antropología y economía, entre otros.

Así pues, se identifican dilemas expuestos en la literatura, que son abordados siguiendo un patrón de revisión conceptual, identificación de conflictos éticos y discusión crítica sobre su implicación en la gestión ambiental.

Discusión

Hoy por hoy, tomando como referencia la publicación The Global Risks Report 2024 del Foro Económico Mundial, se puede deducir con facilidad que el cambio climático es la principal amenaza para la humanidad en una proyección de, escasos, 10 años. Es así como, en la actualidad; año 2024, los cinco primeros puestos de este deshonroso listado los ocupan, la desinformación²⁰, los fenómenos ambientales extremos, la polarización de la sociedad²¹, la ciber inseguridad y los conflictos armados entre Estados respectivamente²².

Pero, unas conclusiones se pueden extraer al analizar los mismos cinco primeros puestos en una proyección a, tan solo 10 años, allí se encuentran, los fenómenos ambientales extremos, cambio crítico en los sistemas terrestres, pérdida de biodiversidad y colapso de ecosistemas, escasez de recursos naturales, y la desinformación. Como se puede observar, los cuatro primeros puestos, y catalogados como los principales riesgos para la humanidad están directamente relacionados con el fenómeno del cambio climático.

Esta realidad, denota la responsabilidad que los Estados, Instituciones Educativas, Empresas y ciudadanos en general deben adquirir o mejorar sobre este respecto. Y, dicho sea de paso, una invitación a desarrollar proyectos de investigación donde se involucre los aspectos relacionados con el modelo de tetra hélice (Estado, Universidad, Empresa, Ciudadanía) para buscar soluciones de carácter prioritario.

Por otra parte, otra realidad; innegable a todas luces, es el gran cambio que está experimentando la sociedad internacional derivado de las revoluciones tecnológicas de los siglos XX y XXI. Un avance vertiginoso en tecnologías que tomó al ser humano desprevenido y que la fuerza evolutiva no ha tenido tiempo para asumir, generando efectos de todo tipo en las sociedades, especialmente del tipo económico, psico-sociológico, y, como lo predice el Foro Económico Mundial, ambiental.

20. Desinformación o información falsa como fuente de inmensas divisiones políticas en todas las sociedades del mundo, lo que puede minar la legitimidad de los gobiernos por su uso generalizado con efectos como protestas, violencia racial o terrorismo.

21. Usada como un arma política, religiosa o cultural que tiene como efecto, entre otros el fanatismo.

22. Impulsado por el conflicto entre Rusia y Ucrania que ha generado una carrera armamentística que hace prever un posible enfrentamiento global.

Pérez (2002) sostiene que el surgimiento de fuerzas ilimitadas, como lo fueron los mercados financieros y la revolución informática en el siglo XX, dieron paso a nuevas economías; sostenibles en apariencia, y por tanto a nuevas dinámicas sociales que cambiaron para siempre a la humanidad. También sostiene en su libro que, en periodos de tiempo de 50 años, estas economías tienden a colapsar, para iniciar un nuevo ciclo de innovación tecnológica y emergencia de mercados.

Ahora bien, estas revoluciones tecnológicas de los siglos XX y XXI, demandan cada vez un mayor consumo de energía, lo que obliga a su vez a buscar nuevas fuentes que sean sostenibles y, desde luego, más eficientes que las derivadas de los combustibles fósiles.

El desarrollo tecnológico y económico no debe ir en contravía del cuidado del medio ambiente, ni del desarrollo holístico del ser humano. Por el contrario, la tecnología debe estar siempre al servicio de este, debe ser un potenciador de sus capacidades y una fuente de soluciones para problemas complejos como el cambio climático, estos conceptos son, hoy día, recíprocamente dependientes. (Cevallos, 2015, p. 3) Aunque, en parte por lo vertiginoso del desarrollo tecnológico, en parte por la paquidermia adaptativa de las sociedades y los gobiernos, y en parte, por agendas políticas que lo promueven, estas revoluciones tecnológicas han venido de la mano de una tendencia para invertir la ecuación y colocar al humano al servicio de la tecnología (Lukacs, 2021), un paradigma ético que se debe abordar y debatir con seriedad.

Ahora bien, también es una realidad que el desarrollo sostenible, está siendo usado como un mecanismo que sustenta acciones económicas y conquistas políticas en esta era de la universalización del conocimiento, donde está implícito tomar medidas ambientales más por necesidad de competitividad económica y política, que por la preocupación de conservar recursos para las generaciones futuras. (Cevallos, 2015, p. 3)

Otro dilema ético que urge debatir con la mayor seriedad y urgencia. Sin embargo, la tecnología, y especialmente el auge de la inteligencia artificial, ha demostrado ser un valioso aliado para los seres humanos en los procesos de toma de decisiones y gestión en diferentes ámbitos. Desde esa óptica se genera la incógnita que suscita una pregunta problema para este ejercicio de investigación, ¿Cómo puede impactar la innovación en la sostenibilidad?

Para empezar, al hacer una verificación rápida de la literatura sobre gestión ambiental, el resultado será, sin lugar a duda, voluminoso y variado. Y en un análisis sencillo se podrá percatar de que son copiosas las publicaciones sobre modelos y sobre sistemas de gestión ambiental. De manera pues, que es importante tener claridad sobre este aspecto, el sistema y su diferenciación con el modelo de gestión, porque su base epistemológica guiará el camino para responder la incógnita propuesta.

Según Acevedo-Díaz, García Carmona, Aragón Méndez y Oliva (2017), los modelos pueden definirse como representaciones de un objetivo, es decir, un referente. No son pocas las investigaciones científicas sobre modelos, puesto que estos “constituyen uno de los principales instrumentos de la ciencia moderna” (p. 156). En la actualidad,

estos juegan un importante papel para aproximar, cada vez más, la práctica científica con la teoría científica y han dejado de ser una mera simplificación de una teoría, para convertirse en intermediarios entre estos y los datos empíricos. No cabe duda de su importancia y utilidad en la ciencia.

Por otra parte, un sistema; según Calcaterra (2021), puede ser definido como “un complejo de elementos interactuantes”, es decir, se presenta como un grupo de elementos separados que son dependientes con reciprocidad el uno del otro, un concepto holístico y que, por ser complejo, debe ser abordado con nuevos paradigmas plurales y desde la discontinuidad, es decir, la no linealidad.

Ahora bien, entendiendo el fenómeno ambiental y, desde luego su gestión, como cambiante y en constante evolución, podría ser considerado como un organismo vivo donde interactúan diferentes elementos con funciones específicas, mutuamente dependientes e influenciados por el ambiente, por lo tanto, su abordaje debe hacerse como un sistema. No obstante, el uso de modelos apalancando el estudio del sistema es una herramienta útil y válida, como ya se expuso.

A partir de esta premisa, el abordaje de un sistema de gestión ambiental debe ser más que lineal, es decir, basado en la causa y efecto; que es como generalmente se encuentran planteados, ignorando la multiplicidad posible de causas, o el contexto en donde se desarrolla, incluso la cultura, para lograr una verdadera gestión de los recursos ambientales.

Se debe tener en cuenta que, al abordarlo desde un enfoque circular y desde la complejidad, donde todos los elementos se influyen y son dependientes mutuamente entre ellos, un cambio en un elemento puede conllevar un cambio en otro; para bien o para mal.

De esta manera, en palabras de Morín (2004), Cuando hay un número increíble de interacciones, sobrepasa evidentemente toda capacidad de computación -no solamente para un espíritu humano, sino incluso para un ordenador muy perfeccionado- y entonces efectivamente es mejor atenerse al *input* y al *output*. Dicho de otro modo, es muy complicado; la complicación es el enredamiento de interretroacciones.

Es precisamente allí, donde la naciente inteligencia artificial puede jugar un papel fundamental en el análisis de infinidad de datos para facilitar la toma de decisiones y la gestión, en este caso ambiental. En ese sentido, las características que se pudieron determinar de la gestión ambiental como un sistema complejo, obligan a su abordaje desde una óptica multi e interdisciplinar y una completa integración entre estas, si lo que se quiere es romper ese círculo donde lo ambiental es una ventaja política o económica y no una búsqueda de soluciones real. El objetivo debe ser, lograr el diseño de soluciones sistémicas que influyan en la evolución del medio ambiente, a partir de diagnósticos integrales, que se dieron gracias a una correcta interpretación de la problemática.

Tal es el caso de otros ámbitos, pero, que también son sistemas complejos como la gestión de la seguridad; tanto operacional de aeronaves, como de seguridad y salud en el trabajo, la gestión de conflictos, e incluso la inteligencia, donde se usa la inteligencia artificial para el análisis de infinidad de datos, que; si bien resulta imposible predecir los fallos, si provee una probabilidad estadística, permite una intervención antes de que ocurran los eventos de seguridad, inteligencia, etc., según sea el caso.

Para tal efecto, se debe tener presente y absoluta claridad sobre los principios de la gestión ambiental que se han ido presentando como válidos en la sociedad a partir de la aparición del concepto de desarrollo sustentable, que trajo consigo, el desafío de lograr un equilibrio; como se comentó en apartados anteriores, entre la sostenibilidad ecológica; es decir, la preservación de los recursos naturales, el progreso de las economías; en otras palabras crecimiento económico, y la equidad social; o la mejora en las condiciones de vida del ser humano, que incluye, lógicamente, la distribución de los ingresos económicos.

De esta manera, Vidal y Regalado (2022) proponen los siguientes principios de la gestión ambiental, coincidiendo con los principios del derecho ambiental internacional de Nogales y Torreblanca (2023):

- La interdependencia entre ecología y economía. Lo ecológico no debe entenderse como un obstáculo para lo económico²³, y lo económico no debe entenderse como un degradante de lo ecológico. Lo económico es ecológico.
- Todos los actores de la sociedad tienen una responsabilidad compartida con respecto a los problemas ambientales. No es un problema que atañe solo a las autoridades. Esto hace alusión al termino responsabilidad social, acuñado a partir del reclamo de la sociedad por una mayor ética institucional, que, desde luego, incluya la actividad empresarial. (Torreblanca, 2023) Y que, según Foretica²⁴, puede ser definido como, “una asunción voluntaria (...) de las responsabilidades derivadas de los efectos de su actividad sobre el mercado y la sociedad, así como también sobre el medioambiente y las condiciones de desarrollo humano”. (citado en Torreblanca, 2023, p. 18)
- El Estado debe asumir la responsabilidad de todas las acciones que los particulares no puedan cumplir, con respecto al medio ambiente. Esto no debe confundirse con la responsabilidad exclusiva del Estado.
- Priorizar la prevención para solucionar problemas pequeños actuales y evitar o reducir el impacto en el futuro. Esto debe ir de la mano con la innovación ambiental como estrategia de desarrollo sostenible y como fuente de soluciones para problemas ambientales ya existentes.
- Verificar la sostenibilidad de las actividades; es decir, planear las actividades en lugares con ecosistemas con suficiente capacidad de acogida, para que los efluentes²⁵ no sobrepasen la capacidad de asimilación.

23. Tal es el caso de gobiernos u organizaciones que obstaculizan el desarrollo económico con la bandera ecológica.

24. Asociación de empresas y profesionales de responsabilidad social empresarial.

25. Se refiere a las aguas residuales o tratadas que provienen de actividades humanas y que se descargan intencionalmente a los cuerpos de agua. (Geoenciclopedia, 2023)

- Pagar para prevenir la contaminación. Actualmente, se imponen multas, o se adquieren derechos por contaminación con efluentes, de manera que no se está manejando adecuadamente la incertidumbre ecológica²⁶, pero existe la tendencia a ser sustituido por un enfoque hacia la prevención.
- Asimismo, deben existir incentivos para la conservación, como reducción de impuestos o subsidios, que incentiven tanto a gobiernos, empresas o particulares a involucrarse con la conservación.
- Una investigación en México (Cuevas, Rocha y Soto, 2016, p. 130) demostró que muy pocas empresas conocen los incentivos y beneficios de incorporar la gestión ambiental en sus procesos. En sus resultados se encontró que la motivación principal para incorporar la gestión ambiental es el cumplimiento de la normatividad, mientras un 90% ve en la sustentabilidad una oportunidad de negocio.
- El costo de la prevención del daño o la reparación del daño ambiental debe ser asumido por el contaminante y no por la sociedad en general a través de los impuestos.
- Todas las actividades, públicas y privadas, deben ser diseñadas y planeadas con sensibilidad ambiental.
- Existe una aceptación de la sociedad en general hacia los productos y servicios amigables con el medio ambiente. Una campaña de marketing bien entendida por agendas políticas que lo usan en su beneficio, como se expuso en apartados anteriores. Las decisiones personales inciden en los problemas globales. Un problema de cultura que se tratará posteriormente, pero que es uno de los agravantes principales del deterioro ambiental (adaptado a partir de Vidal y Regalado, 2022), reforzando las tesis de Perrow (1984) donde afirma que lo que genera la vulnerabilidad no son los grandes acontecimientos, sino aquellas situaciones que pueden ser consideradas insignificantes en un principio.

Tal vez una de las industrias que más ha avanzado en el uso del big data en su gestión en general, pero específicamente para la gestión de la seguridad, es la aviación. Con la aparición de nuevas tecnologías de monitoreo de datos de vuelo en tiempo real, se pueden casi predecir los fallos con base en probabilidades estadísticas y así diseñar acciones de prevención oportunas. Sin embargo, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), identificó en el *Manual de Gestión de la Seguridad Operacional (SMM)*, como el componente neurálgico del sistema a la cultura, ya que, esta puede influir negativamente en el reporte, el análisis colaborativo y la mitigación de riesgos; tal como se mencionó en los principios de la gestión ambiental.

Desarrollar una cultura ambiental fuerte es una tarea de toda la sociedad, por su parte las autoridades deben fomentarla desde la escolaridad y la investigación, las familias por su parte deben inculcarla desde la educación, y desde luego las empresas deben incluirla en el ADN de la institución, una tarea que se ha venido haciendo gradualmente, pero que aún deja mucho sin cumplir.

26. Se refiere al grado de desconocimiento sobre el estado o los procesos de la naturaleza. Puede derivar de la falta de información o desacuerdos sobre lo que se sabe o podría saberse. Reconocer y considerar estas incertidumbres permite formular decisiones y políticas coherentes. (FAO).

En el año 2022, Pazzi, Rojas y London, hicieron una investigación sobre sociología ambiental en Argentina; es decir, la percepción que tiene la sociedad del medio ambiente, “el análisis de las actitudes, los valores y el comportamiento de la población ante los problemas relacionados con el medioambiente a escalas locales y global” (p. 1016). Para ello utilizaron encuestas en las poblaciones del estuario de Bahía Blanca²⁷.

Dentro de los resultados que presentan; si bien se limitan a una región en Buenos Aires específicamente, mediante la inducción imperfecta de los estudios cuantitativos expuesta por Hernández, Fernández y Baptista (2014), fácilmente se puede extrapolar a todo sur América²⁸, desde luego con diferentes valores según las regiones de estudio. Sin embargo, si se comparan con los presentados por Muñoz y Rodríguez (2021) en Bogotá, demuestran una cultura ambiental absolutamente débil en la región.

A la pregunta sobre el principal problema percibido por las comunidades, de cinco poblaciones que componen la bahía, solo una respondió qué son los problemas ambientales; esto puede ser un indicador de pobreza y falta de empleo que se perciben como una amenaza más directa por la población. Pero, a la pregunta sobre quien debe encargarse de los problemas ambientales, la respuesta mayoritaria fue el gobierno local, seguida del gobierno nacional. Desconociendo la responsabilidad compartida de todos los actores. Por su parte, en Bogotá se percibió como el principal problema lo relacionado con la seguridad y el transporte (Muñoz y Rodríguez, 2021, p. 165) confirmando lo expuesto anteriormente. Pero, a la pregunta sobre si la ciudadanía tiene obligaciones sobre el cambio climático, el 57 % estuvo de acuerdo (p. 184), empero, al preguntar por la participación en actividades, programas o proyectos de mitigación, solo un 29% estaría en disposición o ha participado en ellos (p. 185).

Queda en evidencia entonces, que mientras no se fortalezca la cultura en todos los niveles, institucional, profesional y nacional, todos los esfuerzos ambientales seguirán siendo, como lo expuso Cevallos (2015), motivados por una necesidad competitiva, bien política o económica, pero nunca una preocupación verdadera por conservar los recursos para las futuras generaciones.

Ahora bien, la innovación como la fuente primordial del desarrollo de las sociedades no puede estar fuera de los principios de la gestión ambiental. Vargas-Chaves (2020) utiliza términos como la innovación ambiental y el capital intelectual ambiental, que son empleados para describir el proceso de creación o mejora de productos, procesos o servicios que satisfagan las necesidades de la sociedad, pero que generen valor, reduzcan el impacto en el medio ambiente de la actividad económica y provean soluciones de sostenibilidad.

Este autor diferencia el capital intelectual ambiental; entendido como los productos, procesos y servicios que se ajustan al constructo de las innovaciones ambientales (p. 26), del capital intelectual; entendido como las innovaciones en estricto sentido, lo que facilitaría dirigir recursos para financiar proyectos o beneficios tributarios para promover este tipo de innovaciones con impacto ambiental positivo.

27. Uno de los principales puertos exportadores de petróleo en Argentina.

28. Por ser un área donde se comparten prácticamente las mismas problemáticas de pobreza y gobernanza débil, se puede inferir que las respuestas serán muy similares.

Por otra parte, Beemsterboer y Kemp (2016) advierten sobre el peligro de etiquetar las tecnologías con la sostenibilidad, porque todas y cada una de las nuevas tecnologías tienen algún aspecto que genera problemas desde el punto de vista ambiental. Un segundo argumento que sostienen es el cómo enmarcar la sostenibilidad, como ambiental, como normativo o subjetivo, lo que ha dado lugar a que algunos individuos oculten aspectos problemáticos sobre sus tecnologías, bajo la etiqueta de sostenible, eco amigable, o verde. Tal es el caso de la multinacional Volkswagen, que promovió sus vehículos diesel con anuncios publicitarios, donde indicaban sus bajas emisiones utilizando la etiqueta de vehículo ecológico, pero la realidad era muy distinta ya que sus motores emitían hasta cuarenta veces más emisiones de lo permitido y estaban diseñados para engañar a los equipos medidores de emisiones. (Blackwelder et al., 2016 citado en Chaves-Vargas, 2020)

El caso de Volkswagen, llevó a Beemsterboer y Kemp (2016) a la conclusión de que las etiquetas de sostenible no son un método fiable para determinar la sostenibilidad de un producto y proponen que esta se debiera determinar mediante una medición que le indicara al consumidor, el porcentaje o la medida de contribución de dicha tecnología respecto de los criterios de sostenibilidad. Como ejemplo, se presenta el caso de los dispositivos de captura y almacenamiento de carbono²⁹. Al ser operado por una planta de generación de energía a base de carbón, se pudo determinar que las emisiones de gases se redujeron entre un 71 y 78% gracias al dispositivo (p. 76). De esta manera, es posible que tanto el fabricante, como el usuario y el regulador, tenga una medición cuantificable y no una etiqueta, que, dicho sea de paso, da pie a otro tema de suma importancia y que se abordará posteriormente, la ética ambiental.

La posición adoptada por Beemsterboer y Kemp (2016) puede ser llevada, también, al campo de los sistemas de gestión ambiental, donde las empresas hacen esfuerzos importantes por lograr una certificación que les coloque una etiqueta. No son pocas las regulaciones, normas y guías que deben cumplir las organizaciones para ser consideradas como socialmente responsables, la SGE21 de la Unión Europea, GRI³⁰, o ISO 26000 (Torreblanca, 2023, p. 18), son solo unos ejemplos. Sin embargo, en no pocas ocasiones, no pasa de ser una etiqueta, es importante que la sostenibilidad pueda ser medida y cuantificada, para en ese sentido destinar incentivos y beneficios a las organizaciones que mejores resultados tengan e incentivar a las demás para mejorar sus procesos con innovación y desarrollo de nuevas tecnologías. Tal es el caso de la norma UNE-ISO 14020 que otorga un etiquetado especial a; dicho sea de paso, muy pocos productos que hacen un estudio detallado y exhaustivo del ciclo de vida, el UNE-ISO 14024:2018, algo similar al ejemplo de los dispositivos de captura y almacenamiento de carbono citado en el apartado anterior, donde claramente se puede apreciar el nivel de cumplimiento con los criterios de sostenibilidad por todos los actores de la cadena.

Un tema muy importante, que, sin lugar a duda, está en mora de incluir en los principios de la gestión ambiental, es la ética. Casos como el mencionado de Volkswagen, no

29. Proceso que consiste en separar el CO₂ de los gases de las industrias y almacenarlo por largo tiempo, de manera que se mantenga aislado de la atmósfera.

30. Global Reporting Initiative es una organización internacional independiente que presta asesorías para comprender y comunicar el impacto de los negocios en temas claves de sostenibilidad como cambio climático y derechos humanos, entre otros. (Torreblanca, 2023, p. 25)

solo abren el debate sobre el debilitamiento de la ética en la humanidad, sino que refuerza la tesis de una cultura ambiental sumamente pobre, y esta vez a nivel global, no hay que olvidar que esta es una de las más grandes y poderosas empresas europeas.

Oermann y Welnert (2016) definen la ética, citando a Piepper (2007), como “el desarrollo sistemático y estructurado de criterios para evaluar acciones morales” (p. 177). Asimismo, identifican en la ética funciones prácticas de orientación e integración, ya que, contribuye a racionalizar las actuaciones mediante la introducción de acciones y afirmaciones bien fundamentadas en el proceso de toma de decisiones con unas “bases justificadoras significativas” (p. 176). En otras palabras, la ética colabora en el proceso de toma de decisiones para escoger la que se considere más acertada de acuerdo con unos criterios morales establecidos.

Por otra parte, la ética se centra en el campo de la solución de dilemas, diferenciándolos de los problemas como, situaciones complejas donde no se involucra una decisión entre dos o más opciones que solucione por completo dicha situación, es decir, donde se deben sopesar las opciones para identificar un curso de acción que sea factible.

De esta manera, la sostenibilidad ocupa un lugar dentro de los dilemas de la humanidad, puesto que debe sopesar las opciones que resulten más factibles para poder garantizar la calidad de vida de los seres humanos, garantizar la conservación de los recursos, y el desarrollo económico. Así pues, que emerge la necesidad de contar con una ética enfocada hacia la sostenibilidad.

Bajo esa premisa, Oermann y Welnert (2016) sostienen que esta no debe considerarse como una decoración o una extensión de la actividad económica, ni política, por el contrario, esta debe estructurar y definir las opciones. Es así como, desde la perspectiva de Kant (1785), el individuo debe conocer cuál es su deber y como puede racionalmente justificar sus acciones, no solo en el presente sino en un periodo de tiempo que exceda el tiempo de vida de una persona; es decir, una generación. Esta afirmación enfatiza en la responsabilidad compartida sobre la sostenibilidad, ya que las acciones individuales tendrán, necesariamente, repercusiones generales.

En otras palabras, una ética de la sostenibilidad debe estar basada en el principio de la responsabilidad de Weber (1987), donde la persona es responsable de las consecuencias de sus acciones, de esta manera, no solo comprenderá principios normativos abstractos, sino que se convertirá en un principio rector para la vida de los humanos. Y, extendiendo este concepto al comportamiento individual y colectivo hacia el mundo natural “no humano”, definido por Ott (2010), se encuentra la ética ambiental.

En consecuencia, uno de los dilemas sobre sostenibilidad que está atravesando la humanidad es la cuestión china, este país es responsable de casi el 31% del total de las emisiones del mundo, en 2020 produjo casi 10.700 millones de toneladas métricas de CO₂, según el Global Carbon Atlas y; según Amnistía Internacional, las centrales eléctricas de carbón construidas en 2022 multiplicaron por 6 las del resto del mundo;

desconociendo, de paso, las recomendaciones de la ONU. También; según esta misma organización, es muy cuestionado en asuntos de derechos humanos y libertades³¹.

De manera pues, que queda más que demostrado que China presenta problemas frente al cumplimiento de los principios de la sostenibilidad y el derecho ambiental internacional, pero, se estima que en la próxima década llegará a pasar a Estados Unidos y se ubicará como la primera potencia mundial, además, es miembro del comité de seguridad de la ONU, entonces se genera un dilema sobre si las potencias, específicamente en el caso de China no tienen responsabilidades ambientales y con las futuras generaciones, ¿la sostenibilidad y la ética solo aplican para los demás? Una acción consecuente es que los países del mundo hicieran un bloqueo a China por todos estos motivos, empero, por ejemplo, en América Latina pululan gobiernos que se presentan con la bandera de la sostenibilidad y protección del medio ambiente, y a la vez aceptan la influencia China en la región. ¿Un dilema difícil de comprender y aún más difícil de solucionar, o una vez más el medio ambiente es usado como bandera política?

Conclusiones:

1. El Cambio climático y su impacto en los riesgos globales. Se necesitan gobiernos que piensen en las futuras generaciones y no en las futuras elecciones. Agendas políticas serias en las que se propenda por identificar el cambio climático como una de las principales amenazas para la humanidad en la próxima década, donde los fenómenos naturales extremos, el colapso de los ecosistemas, la escasez de recursos naturales, como riesgos proyectados, haga parte de las agendas estratégicas de trabajo de Estados, Instituciones educativas, Empresas y Ciudadanos como parte de sus responsabilidades ambientales.
2. Relación entre tecnología y sostenibilidad. La revolución tecnológica ha impulsado avances significativos, pero también ha aumentado la demanda desmedida del consumo de recursos importantes y de energía, obligando a buscar fuentes sostenibles. La tecnología, incluida la inteligencia artificial, debe servir, para potenciar las capacidades humanas y ofrecer soluciones a problemas complejos que trae consigo el cambio climático. No obstante, existe una preocupación creciente sobre la tendencia de poner al humano al servicio de la tecnología, un paradigma ético que debe abordarse seriamente.
3. Enfoque sistémico e interdisciplinar en la gestión ambiental. La gestión ambiental debe considerarse como un sistema complejo, con elementos mutuamente dependientes e influenciados por el entorno. Un abordaje holístico y multidisciplinario es esencial para romper el círculo en el que lo ambiental se ve como una ventaja política o económica y no como una búsqueda real de soluciones. La inteligencia artificial puede jugar un papel crucial en el análisis de grandes volúmenes de datos para facilitar la toma de decisiones ambientales informadas y predictivas, que redunden en mejores resultados.

31. Según Amnistía Internacional en China se restringen gravemente los derechos a la libertad de expresión y a la asociación, entre muchos otros, con el pretexto de la seguridad nacional.

Referencias bibliográficas:

- Acevedo-Díaz, J. García-Carmona, A. Aragón-Mendez, M y Oliva-Martínez, J. (2017). «Modelos científicos: Significado y papel en la práctica científica» [en línea]. *Revista Científica*, vol. 30, núm. 3, pp. 155-166 [consulta: 24 de noviembre de 2024]. ISSN 0124-2253. Disponible en: <https://doi.org/10.14483/23448350.12288>
- Barraza, A.(2023). *Metodología de la investigación cualitativa una perspectiva interpretativa*. 1ª ed. México: Editor Benessere
- Beemsterboer, S. Y Kemp, R. (2016). Sustainability Assessment of Technologies pp. 71-83. En: Heinrichs, H. Martens, P. Michelsen, G y Wiek, A. (Ed.). *Sustainability Science*. An introduction. 1ª ed. Londres: Springer.
- Calcaterra, R. (2021). *El conflicto como sistema*. 2ª ed. Bogotá: Antares
- Cevallos, G. (2015). «Modelos de gestión ambiental: análisis comparativo desde la multidimensionalidad y el contexto local» [en línea]. *Revista DELOS*, vol. 8, núm. 24, pp. 1-23 [consulta: 24 de noviembre de 2024]. ISSN: 1988-5245. Disponible en: (PDF) Modelos de gestión ambiental: análisis comparativo desde la multidimensionalidad y el contexto local
- Cuevas, I. Rocha, L y Soto, M. (2016). «Incentivos, motivaciones y beneficios de la incorporación de la gestión ambiental en las empresas» [en línea]. *Revista Universidad y Empresa*, vol. 18, núm. 30, pp. 121-141 [consulta: 25 de noviembre de 2024]. ISSN 2145-4558. Disponible en: <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/empresa/article/view/4608/3282>
- Gutiérrez, G. (2013). *Teoría General de Sistemas*. 1a ed. Bogotá: Ediciones USTA.
- Hernández, R. Fernández, C y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. 6ª ed. Bogotá: Mc Graw Hill Education.
- Kant, E. (1785). *La metafísica de las costumbres*. Colección Universal.
- Lukacs, M. (14 octubre 2021). *Cambio tecnológico e identidad humana*. [Vídeo]. YouTube, [consulta: 17 de octubre de 2024] Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=rXvVBhSgE-A>
- Morin, E. (2024). «Epistemología de la complejidad» [en línea]. *Gazeta de Antropología*, vol. 20, núm. 2 [consulta: 24 de noviembre de 2024]. ISSN 0214-7564. Disponible en: http://www.ugr.es/~pwlac/G20_02Edgar_Morin.html
- Muñoz, L. y Rodríguez, G. (2021). *Debates actuales del derecho y la gestión ambiental*. 1ª ed. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.

- Nogales, F. y Torreblanca, S. (2023). *Normativa y política interna de gestión ambiental de la organización*. 2ª ed. Antequera: IC Editorial.
- Oermann, N. y Welnert, A. Sustainability Ethics» pp. 175-192. En: HEINRICHS, H. MARTENS, P. MICHELSEN, G y WIEK, A. (ed.). Sustainability Science. An introduction. 1ª ed. Londres: Springer, 2016.
- Organización de Aviación Civil Internacional – OACI. (2013). *Manual de Gestión de la Seguridad Operacional – SMM*. Doc. 9859. 3ª ed. Montreal: OACI.
- Ott, K. (2010). *Umweltethik zur Einführung (Introducción a la Ética ambiental)*. 1ª ed. Hamburgo, Junius Verlag,
- Pazzi, B. Rojas, M y London, S. (2022). «La incertidumbre ambiental 1013 socialmente construida: un estudio en el estuario de Bahía Blanca» [en línea]. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. 22, núm. 70, pp. 1013-1038 [consulta: 24 de noviembre de 2024]. ISSN 2448-6183. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/est/v22n70/2448-6183-est-22-70-1013.pdf>
- Pérez, C. (2002). *Technological Revolutions and Financial Capital. The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. 1ª ed. Northampton: Edward Elgar Publishing, 2002.
- Pérez, C. (2010). «Technological revolutions and techno-economic paradigms» [en línea]. *Cambridge Journal of Economics*. vol. 34, núm. 1, pp. 185-202 [consulta: 24 de noviembre de 2024]. ISSN 1464-3545. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/cje/bep051>
- Perrow, C. (2011). *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. Princeton: Princeton University Press,
- Ricardez, J. Mazzotti, G. Y Pelegrin, A. (2018). *La gestión ambiental y la sustentabilidad empresarial, Casos México – Cuba*. 1ª ed. Veracruz: Códice Servicios Editoriales, 2018.
- Torreblanca, S. (2023). Determinación y comunicación del sistema de gestión ambiental (SGA). 2ª ed. Antequera: IC Editorial.
- Vargas-Chaves, I. (2020). Innovación ambiental y análisis del riesgo. Dos enfoques para una gestión ambiental moderna. 1ª ed. Sincelejo: Editorial CECAR.
- Vidal, E. y Regalado, L. (2022). *Gestión Ambiental*. 1ª ed. Santa Fé: Ediciones UNL,
- Villa, M. (2012). «Complejidad Concepto y Enfoques». *Revista de investigación Fundación Universitaria de América* [en línea]. vol. 5, núm. 2, pp. 149-157 [consulta: 22 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/731/1/28012436-2012-2.pdf>

Weber, M. (1987). *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*. Península.

World Economic Forum. (2024). *The Global Risks Report 2024* [en línea]. World Economic Forum, [consulta: 24 de noviembre de 2024] Disponible en: <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2024/>

Bibliografía complementaria

Amnistía Internacional. (s.f.). *CHINA 2024*. <https://www.amnesty.org/es/location/asia-and-the-pacific/east-asia/china/report-china/>

Bordino, J. (8 junio 2023). *Efluentes: qué son y característica*. [Enciclopedia]. Geoenciclopedia. <https://www.geoenciclopedia.com/efluentes-que-son-y-caracteristicas-668.html>

Caddy, J.F.; Mahon, R.(1996). *Puntos de referencia para la ordenación pesquera*. *FAO Documento Técnico de Pesca*. No. 347. Roma, FAO. p. 109.

Nieves, V. (26 de diciembre 2023). *China superará a EE. UU. como primera potencia del mundo en la próxima década: así quedará el ranking mundial*. *ElEconomista.es*. [Noticia]. <https://www.eleconomista.es/economia/noticias/12596945/12/23/china-superara-a-eeuu-como-primera-potencia-del-mundo-en-la-proxima-decada-asi-quedara-el-ranking-mundial.html>

Sanchís, A. (31 de octubre 2024). *Los países que más contaminan del mundo, reunidos en un detallado gráfico*. *Xataka.com* [Noticia]. <https://www.xataka.com/magnet/los-paises-que-mas-contaminan-del-mundo-reunidos-en-un-detallado-grafico>

Diagramación y diseño:

Paola Forero Tamayo

Correo: jpaolaforet@gmail.com

<https://www.lmpromocionales.com/>

Este libro fue diagramado utilizando fuentes tipográficas Times New Roman en sus respectivas variaciones a 10 puntos para su contenido y títulos.

Diseño de portada:

Las fotografías usadas para la portada son propiedad de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”- Oficina de Comunicación Pública EMAVI.

Impreso en el mes de noviembre de 2025.

100 ejemplares

Little Monkey BTL - Agencia de Publicidad

Calle 22L # 123a - 93

Bogotá, Cundinamarca

Colombia

Cel: (+57) 318 769 9552 / (+57) 317 639 0344

Esbozo de la gestión ambiental en la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” presenta el compromiso de la institución con la sostenibilidad y la gestión responsable de los recursos naturales. A través de un análisis detallado, la obra expone iniciativas orientadas a optimizar el consumo energético y de agua, reducir residuos y promover prácticas sostenibles en la formación militar.

El libro también explora la implementación de energía solar fotovoltaica en aulas y alojamientos, y revisa las operaciones de la Fuerza Aérea Colombiana contra delitos ambientales entre 2018 y 2022. Esta investigación demuestra que la defensa del medio ambiente es, hoy, una misión estratégica y un pilar de la educación militar del futuro.

El texto profundiza, además, en la viabilidad técnica y económica de incorporar energía solar fotovoltaica en las aulas y alojamientos, destacando su potencial para reducir la huella de carbono y los costos energéticos, al tiempo que impulsa la transición hacia fuentes limpias y renovables.

Más que un estudio técnico, este libro es un testimonio del compromiso institucional con un futuro más verde, sostenible y consciente.

FUERZA AERODISPACIAL
COLOMBIANA



ISBN: 978-628-96705-9-2



9 786289 670592