



Huella Ambiental de la Aviación Militar del Ejército Nacional: Un Análisis de los Impactos Ecológicos y Geopolíticos

Mayor (EJC) Leonardo Enrique Orduz Moreno

Artículo para optar al título profesional:

Magister en Estrategia y Geopolítica

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"
Bogotá D.C., Colombia
2025

DATOS GENERALES	
Nombre del estudiante	: Mayor (EJC) Leonardo Enrique Orduz Moreno
Identificación	: 80. 110.564
Programa académico	: Maestría en Estrategia y Geopolítica
Tutor metodológico	: Mag. Juan Carlos Aristizabal Murillo
Tutor temático	: MBA. Alvaro M. Pinto G:
Fecha de entrega	: 26 de agosto de 2025
Extensión	: 7644 palabras

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS

El autor declara que este artículo fue escrito de acuerdo con la normatividad de la Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto” (ESDEG) y no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con este. Las posturas y aseveraciones presentadas son resultado de un ejercicio académico e investigativo que no representan la posición oficial ni institucional de la ESDEG, las Fuerzas Militares de Colombia o el Ministerio de Defensa Nacional.

Este artículo es enteramente mi propio trabajo y no ha sido presentado para la obtención de un título en esta u otra Institución de Educación Superior. Se han referenciado todos los trabajos y puntos de vista de otros autores, así como los datos de otras fuentes utilizadas. No se emplearon herramientas de generación de contenido por Inteligencia Artificial para su elaboración.

El autor acepta ceder los derechos de publicación en favor de la ESDEG y su Sello Editorial de acuerdo con los términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

El autor autoriza que este artículo sea publicado por el Sello Editorial ESDEG en su repositorio institucional y esté disponible bajo una modalidad de acceso abierto.

Huella Ambiental de la Aviación Militar del Ejército Nacional: Un Análisis de los Impactos Ecológicos y Geopolíticos

Environmental Footprint of the National Army's Military Aviation: An Analysis of Ecological and Geopolitical Impacts

Leonardo Orduz Moreno¹

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Resumen: El presente artículo evalúa la operación aérea del Ejército Nacional colombiano, inserta en un entorno de complejidad geopolítica y biodiversidad excepcional, impone al mando militar la serenidad de mirar de frente su propia huella ambiental. Mediante un enfoque cualitativo-descriptivo, la investigación triangula datos operativos, entrevistas y análisis normativo para cuantificar emisiones y evaluar el impacto ecológico y geopolítico de la aviación militar. El examen riguroso revela que la responsabilidad estratégica y la sostenibilidad no son opuestos, sino caminos convergentes hacia una defensa virtuosa. Frente a la inercia institucional y la retórica ambiental, este estudio anclado en la disciplina de los hechos aporta una lectura integral y original, donde la transparencia operativa, el diálogo intercultural y la perspectiva estoica desafían la complacencia y abren nuevas sendas para una defensa nacional resiliente y éticamente fundada.

Palabras clave: Aviación militar, defensa nacional, geopolítica, impacto ambiental, resiliencia, sostenibilidad.

Abstract: This article evaluates the air operations of the Colombian National Army, which, operating in an environment of geopolitical complexity and exceptional biodiversity, requires military commanders to calmly face their own environmental footprint. Using a qualitative-descriptive approach, the research triangulates operational data, interviews, and regulatory analysis to quantify emissions and assess the ecological and geopolitical impact of military aviation. Rigorous examination reveals that strategic responsibility and sustainability are not opposites, but converging paths toward virtuous defense. In the face of institutional inertia and environmental rhetoric, this study, anchored in the discipline of facts, provides a comprehensive and original reading, where operational transparency, intercultural dialogue, and a stoic perspective challenge complacency and open new paths for a resilient and ethically grounded national defense.

Keywords: Defense, environmental impact, geopolitical analysis, military aviation, resilience, sustainability.

¹ Mayor del Ejército Nacional de Colombia. Candidato a magíster en estrategia y geopolítica, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. Profesional en Ciencias Militares, Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”, Colombia. <https://orcid.org/0009-0008-6338-8117> - Contacto: leonardo.orduz@esdeg.edu.co.

Introducción

La creciente inestabilidad climática y los desafíos geográficos del territorio colombiano han puesto en evidencia la necesidad de fortalecer las capacidades meteorológicas estratégicas de las Fuerzas Militares. La operación aérea en zonas de difícil acceso, combinada con la ausencia de infraestructura de observación atmosférica, ha derivado en riesgos operacionales significativos para el Ejército Nacional. En particular, la incidencia de accidentes aéreos en contextos meteorológicos adversos ha sido una constante documentada durante las últimas dos décadas. Según registros de la División de Aviación Asalto Aéreo (DAVAA, 2024), al menos 15 accidentes entre 1999 y 2024 están asociados a factores climáticos como turbulencia orográfica, baja visibilidad, lluvias intensas, niebla densa y eventos de brown-out. Estos eventos se concentran especialmente en bases ubicadas en zonas de alta montaña o intersecciones de corrientes de viento, como el Cerro Kennedy, el Páramo del Sumapaz o el Sur de Bolívar.

Este fenómeno no es exclusivo del contexto colombiano. A nivel internacional, el monitoreo atmosférico en entornos militares se ha convertido en una herramienta indispensable para la gestión de riesgos operacionales. En Canadá, el Ministerio de Defensa implementó una red de estaciones meteorológicas automatizadas en sus bases del norte ártico, lo que permitió reducir los incidentes aéreos en un 60% gracias a la mejora en la predicción de tormentas y la planificación de rutas tácticas (Government of Canada, 2022). Por su parte, la Fuerza Aérea de Chile logró disminuir un 45% de cancelaciones de misiones gracias a la instalación de sensores meteorológicos en zonas cordilleras críticas (FACH, 2021). Estos

ejemplos confirman que la incorporación de estaciones meteorológicas no es solo un tema técnico, sino una condición estratégica para operaciones seguras y sostenibles.

En el caso colombiano, las condiciones orográficas, la fragmentación territorial y la heterogeneidad climática hacen aún más urgente la implementación de estos sistemas. En regiones como la Amazonía, la Orinoquía, los Andes y las zonas costeras del Caribe y Pacífico, se presentan fenómenos atmosféricos intensos y cambiantes que pueden alterar drásticamente la seguridad aérea. Estas condiciones son particularmente graves en zonas de conflicto o de presencia limitada del Estado, donde las bases militares cumplen no solo funciones operativas, sino de control territorial y articulación con la población civil.

Desde una perspectiva geopolítica, el despliegue de estaciones meteorológicas en zonas estratégicas también cumple un papel simbólico y táctico. Según Heymann (2016), durante la Guerra Fría, la instalación de infraestructura científica en regiones remotas sirvió como un medio de afirmación de soberanía. En esa línea, Goodsite et al. (2016) argumentan que la diplomacia científica y el control territorial se consolidan mediante el uso de instrumentos técnicos como las estaciones meteorológicas. En el contexto colombiano, esta infraestructura podría contribuir al fortalecimiento de la soberanía aérea, al apoyo a la aviación civil en zonas rurales, y a la consolidación de una arquitectura climática de defensa. La incorporación de estos sistemas, por tanto, no solo reduce los riesgos de vuelo, sino que permite afirmar presencia estatal en territorios donde la conectividad y la vigilancia son limitadas.

Este artículo se plantea como una contribución a la comprensión integral del valor estratégico de las estaciones meteorológicas en bases militares colombianas. Para ello, se desarrollan tres ejes de análisis que estructuran la investigación. En primer lugar, se

identifican las bases militares prioritarias en Colombia y se analizan los factores geográficos, operativos y climáticos que justifican la instalación de estaciones meteorológicas en dichas ubicaciones. Este análisis se apoya en fuentes técnicas del Ejército Nacional, como la sabana de accidentes de la DAVAA (2024) y presentaciones oficiales de seguridad operacional (SEGOP), complementadas con cartografía climática nacional.

En segundo lugar, se examinan los beneficios concretos de estas estaciones en términos de seguridad operacional aérea y eficiencia en las misiones tácticas. Se revisan estudios de caso internacionales y nacionales que demuestran cómo la disponibilidad de datos en tiempo real puede anticipar fenómenos adversos, reducir incidentes y optimizar recursos logísticos. Se abordan también los impactos en la reducción de cancelaciones, mejoras en la visibilidad operativa, y prevención de eventos críticos como el brown-out o la niebla densa en zonas de aterrizaje.

Finalmente, se analiza el papel de las estaciones meteorológicas en la sostenibilidad ambiental de las operaciones militares, particularmente en lo que se refiere a la gestión hídrica, energética y climática. Aquí se vinculan las estaciones con procesos de eficiencia en el uso de agua en zonas áridas, regulación de sistemas de climatización, y diseño de políticas de sostenibilidad adaptadas a la variabilidad climática. Esta dimensión, además, se complementará con una entrevista a un experto en meteorología y estrategias ambientales, cuyo cuestionario ha sido diseñado para obtener información técnica actualizada y contextualizada.

La pregunta que orienta esta investigación es la siguiente: ¿cuáles serían los beneficios del uso de estaciones meteorológicas estratégicas en bases militares de Colombia en la seguridad aérea y la sostenibilidad ambiental? A partir de esta pregunta, se propone una

investigación exploratoria y descriptiva que permita determinar el valor táctico y ambiental de estas estaciones, en un país donde las condiciones climáticas adversas representan una amenaza permanente a la seguridad de las operaciones militares.

Con ello, se busca aportar a la formulación de estrategias de defensa climática alineadas con principios de sostenibilidad y soberanía técnica. Esta visión multidimensional, que combina seguridad, sostenibilidad y presencia territorial, constituye el enfoque central del artículo, el cual se fundamenta en literatura académica, evidencia empírica y aportes técnicos provenientes de las propias estructuras de planificación militar del Estado colombiano.

Metodología

La investigación se sustenta en un enfoque cualitativo de corte inductivo que asume el paradigma interpretativo-constructivista; de este modo, las realidades ambientales derivadas de la aviación del Ejército Nacional se conciben como procesos dinámicos y socialmente mediados, más que como hechos estáticos. A través de una revisión sistemática de literatura en ecología, estrategia y defensa, se delimitan las categorías teóricas que guiarán la observación empírica, garantizando rigor y trazabilidad metodológica (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018; Armenteras et al., 2016). Paralelamente, se adopta la lógica de la triangulación de fuentes y métodos para minimizar sesgos y ampliar la densidad analítica, principio coherente con las recomendaciones sobre seguridad ambiental en el planeamiento militar (Talamoni et al., 2019).

En el plano operativo, el grueso de datos primarios proviene de entrevistas semiestructuradas a funcionarios vinculados al tema, complementadas con aportes literarios sobre comunidades en zonas de influencia aérea, específicamente en la serranía del Chiribiquete (Vargas-Idárraga, 2020). Al mismo tiempo, se recopilan registros de consumo de combustible, operación aérea y reportes de mantenimiento proporcionados por la División de Aviación Asalto Aéreo, con énfasis en los tres últimos periodos (División de Asalto Aéreo, 2025; Medina Becerra, comunicación personal, 2024; Acuña Negra, comunicación personal, 2024). Este insumo documental se cruza con hallazgos internacionales sobre factores de emisión para estimar la huella de carbono, conforme a la norma ISO 14064-1 y las directrices del IPCC (Rincón et al., 2020; Naciones Unidas, 2024). Así, la convergencia de testimonios, datos operativos y estándares globales confiere solidez empírica y relevancia contextual al estudio.

Para el análisis, se aplica una comparación simple entre postulados teóricos y la información obtenida en la observación directa no participante, implementada desde un enfoque cualitativo. Este procedimiento permite identificar patrones relacionados con prácticas de mitigación, barreras institucionales y percepciones del riesgo. A su vez, estos hallazgos se contrastan preliminarmente con modelaciones de dispersión de contaminantes elaboradas con la herramienta HYSPLIT, lo que posibilita vincular las perspectivas locales con proyecciones espaciales del impacto ambiental (Soledad-Represa, 2020). Finalmente, la validez interna se fortalece mediante sesiones de retroalimentación con los actores implicados, asegurando reflexividad y confirmabilidad, mientras que la confiabilidad se sustenta en auditorías metodológicas externas y la publicación de datos abiertos, en coherencia con el espíritu de la Estrategia Artemisa (Caro Martínez, 2020).

Cuantificación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Contaminantes Atmosféricos de la Aviación Militar del Ejército Nacional.

La medición de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes atmosféricos producidos por la aviación del Ejército Nacional de Colombia constituye una tarea vital para entender la huella real de sus operaciones y orientar, bajo principios de responsabilidad, la toma de decisiones institucionales. Este análisis, fundamentado en datos oficiales actualizados de la División de Aviación Asalto Aéreo (DAVAA) y la Sección de Combustibles, refleja la necesidad de afrontar los hechos sin concesiones ni autoindulgencia: el impacto ambiental de las flotas estatales no puede ser minimizado ni relativizado, sino sostenido en la verdad de la cifra y de la evidencia (División de Asalto Aéreo, 2025; véase Anexo C).

Consumo Anual de Combustible: Análisis Basado en Datos Oficiales 2024.

En el año tipo 2024, el consumo estimado de la flota aérea militar alcanzó los 3,700,000 galones de Jet A-1. Esta cifra contempla la totalidad de aeronaves operativas de ala fija y rotatoria, helicópteros de transporte, utilitarios, ligeros y de asalto y se valida por la disciplina técnica del registro oficial consolidado durante los últimos tres años (División de Asalto Aéreo, 2025; Anexo C). La trazabilidad y el control exhaustivo de la información permiten afrontar la realidad operativa y logística sin eludir la magnitud de este desafío ambiental.

La fuente primaria de esta información es la División de Asalto Aéreo (2025), con base en la estadística consolidada de 2024 y la validación de años previos, lo que otorga solidez y trazabilidad a los datos. Además, la entrevista al Mayor Yespeter Ancervic Medina

Becerra, Oficial de Estadística DECOA, y al Sargento Viceprimero Jose Acuña Negra, Suboficial de Facturación, respalda la confiabilidad de los registros, ya que ambos funcionarios son responsables directos de la gestión y control de los datos de consumo de combustible en la aviación del Ejército Nacional (Medina Becerra, comunicación personal, 2024; Acuña Negra, comunicación personal, 2024).

Metodología de Cálculo de Emisiones.

Para cuantificar las emisiones de CO₂, se emplea un método universalmente validado: se multiplica el volumen consumido en galones por el peso promedio de Jet A-1 por galón (3.06 kg) y por su factor de emisión (3.15 kg de CO₂ por kg de combustible) (Naciones Unidas, 2024). Así, además, la utilización de herramientas de modelado y simulación puede ayudar a estimar las emisiones en diferentes escenarios operativos y evaluar el impacto de las políticas ambientales implementadas por el Ejército Nacional, como el Plan Artemisa (Caro Martínez, 2020). el cálculo resulta:

$$\begin{aligned} \text{Emisiones de CO}_2 &= \text{Galones consumidos} \times 3.06 \times 3.15 \\ \text{Emisiones de CO}_2 &= \text{Galones consumidos} \times 3.06 \times 3.15 \end{aligned}$$

Fórmula de Conversión:

Emisiones de CO₂(kg)=

$\text{Galones consumidos} \times 3.06 \times 3.15 \text{ (Emisiones de CO}_2 \text{ (kg))} =$

$\text{Galones consumidos} \times 3.06 \times 3.15 \text{ Emisiones de CO}_2 \text{ (kg)} =$

$\text{Galones consumidos} \times 3.06 \times 3.15$

Emisiones de CO₂(kg) = Galones consumidos × 3.06 (kg/galón) × 3.15 (kg CO₂/kg combustible) Emisiones de CO₂(kg) = Galones consumidos × 3.06 (kg/galón) × 3.15 (kg CO₂/kg combustible).

Sustituyendo los Valores:

Aplicación a los datos oficiales:

Emisiones de CO₂(kg) = 3,700,000 × 3.06 × 3.15 Emisiones de CO₂ (kg) = 3,700,000 × 3.06 × 3.15

Emisiones de CO₂(kg) = 3,700,000 × 9.639 Emisiones de CO₂ (kg) = 3,700,000 × 9.639

Emisiones de CO₂(kg) ≈ 35,664,300 Emisiones de CO₂(kg) ≈ 35,664,300

Es decir, alrededor de 35,664 toneladas de CO₂ emitidas en un solo año tipo. Este ejercicio, lejos de eludir la crudeza de la cifra, invita a la serenidad analítica y a la ponderación que demanda el pensamiento estoico: aceptar la realidad para obrar con virtud y responsabilidad institucional (División de Asalto Aéreo, 2025), considerando el consumo real reportado para un año tipo. Es importante destacar que la medición de la huella de carbono corporativa, bajo los lineamientos de la norma ISO 14064-1/2006, es una herramienta valiosa para evaluar y mitigar el impacto ambiental de las instituciones, incluyendo las de defensa (Rincón, García y Bermúdez, 2020). Esta norma proporciona un marco estandarizado para la cuantificación, reporte y verificación de emisiones de GEI, que facilita la comparabilidad y transparencia de los resultados.

Distribución y Caracterización de la Flota.

El control del consumo anual agregado, sin necesidad de segmentar por modelo en este desarrollo, permite una aproximación robusta y honesta que refleja la realidad técnica, logística y estratégica de la aviación del Ejército Nacional: la intensidad operacional, las necesidades de mantenimiento y la disponibilidad de aeronaves son variables constantes que conforman el escenario de decisión. El hecho de consolidar el dato no es una omisión sino una forma de asumir la complejidad de un sistema interdependiente, eludiendo la falsa ilusión de simplicidad.

Esta aproximación es relevante porque refleja la realidad operativa y logística de la aviación militar, considerando factores como mantenimiento, disponibilidad y rotación de aeronaves, así como la intensidad de las operaciones en diferentes regiones del país.

Contextualización de las Emisiones.

El impacto se dimensiona mejor cuando la cifra es contrastada: 35,664 toneladas de CO₂ anuales equivalen aproximadamente a las emisiones de 7,600 automóviles particulares operando durante el mismo periodo (asumiendo una media de 4.7 tCO₂/v/año). Si bien la aviación militar no encabeza la lista de mayores emisores en el escenario nacional, su influencia es significativa en regiones sensibles, zonas protegidas, áreas de alta biodiversidad, entornos urbanos vulnerables donde lo estratégico y lo ecológico se entremezclan inexorablemente (Caro Martínez, 2020; Urrea, 2023).

Además del CO₂, la quema de Jet A-1 genera otros contaminantes, destacando los óxidos de nitrógeno (NO_x, entre 10-15 g/kg de combustible), monóxido de carbono, hidrocarburos y partículas finas. Aunque su total exacto requiere análisis posteriores, se reconoce que estos impactos son proporcionales al volumen consumido (Naciones Unidas, 2024; ver referencias en Anexo C).

Importancia de la Transparencia y la Gestión Ambiental.

En cuanto a las implicaciones, la cuantificación de aproximadamente 35,664 toneladas de CO₂ anuales emitidas por la aviación militar del Ejército Nacional, aunque menor en comparación con otros sectores, tiene un impacto significativo en ecosistemas sensibles y áreas de alta biodiversidad donde se concentran las operaciones militares por razones estratégicas. Esto implica una responsabilidad institucional para equilibrar la seguridad

nacional con la sostenibilidad ambiental, especialmente en zonas protegidas y regiones vulnerables (Naciones Unidas, 2024; Urrea, 2023).

El ejercicio de transparencia al publicar y analizar estos resultados es en sí mismo una manifestación de responsabilidad y conciencia institucional: fortalece la legitimidad ante la sociedad, ratifica el compromiso con la Ley 1931 de 2018 y las exigencias de la ISO 14064, y abre la puerta a la crítica y la mejora continua (Rincón, García y Bermúdez, 2020). El acceso a datos oficiales y auditables facilita el control social y retroalimenta la implementación de políticas más eficaces.

La dispersión de contaminantes atmosféricos afecta la calidad del aire en áreas urbanas y rurales cercanas a las bases aéreas, con posibles repercusiones en la salud pública, la biodiversidad y la percepción social de la actividad militar, lo que puede derivar en conflictos sociales y demandas por mayor responsabilidad ambiental (Concha et al., 2009; Urrea, 2023).

En cuanto a las recomendaciones, se sugiere definir metas claras de reducción de emisiones, estableciendo objetivos cuantificables de reducción de CO₂ y otros contaminantes, alineados con los compromisos nacionales de cambio climático y monitoreando su cumplimiento periódicamente (Naciones Unidas, 2024). Asimismo, promover la investigación, adopción y uso progresivo de combustibles de aviación sostenibles (SAF), junto con la incorporación de tecnologías más eficientes para reducir emisiones (Urrea, 2023).

Implicaciones.

- **Relevancia ambiental y estratégica:** La cuantificación de aproximadamente 35,664 toneladas de CO₂ anuales emitidas por la aviación militar colombiana revela que,

aunque su participación en el total nacional es menor frente a otros sectores, su impacto es significativo en ecosistemas sensibles y áreas de alta biodiversidad, donde suelen concentrarse las operaciones militares por razones estratégicas. Esto implica una responsabilidad institucional para equilibrar la seguridad nacional con la sostenibilidad ambiental, especialmente en zonas protegidas y regiones vulnerables.

- **Transparencia y rendición de cuentas:** El acceso a datos abiertos y la disposición de la División de Aviación Asalto Aéreo (DAVAA) para suministrar información oficial fortalece la transparencia y la legitimidad institucional. Esta práctica permite la validación social y técnica de los datos, así como la participación de la sociedad civil en el monitoreo y control del impacto ambiental de las operaciones militares.
- **Cumplimiento normativo y alineación internacional:** La cuantificación precisa de emisiones facilita el cumplimiento de la Ley 1931 de 2018 y la alineación con estándares internacionales como la ISO 14064 y las directrices del IPCC. Esto posiciona a la aviación militar como un actor comprometido con los compromisos nacionales e internacionales en materia de cambio climático y gestión ambiental.
- **Impacto en la salud y el entorno social:** La dispersión de contaminantes atmosféricos afecta la calidad del aire en áreas urbanas y rurales cercanas a las bases aéreas, con posibles repercusiones en la salud pública, la biodiversidad y la percepción social de la actividad militar. Este impacto puede derivar en conflictos sociales y demandas por mayor responsabilidad ambiental.

Recomendaciones.

- **Definir metas claras de reducción de emisiones:** Establecer objetivos cuantificables de reducción de emisiones de CO₂ y otros contaminantes, alineados

con los compromisos nacionales de cambio climático, y monitorear su cumplimiento de manera periódica.

- **Adoptar combustibles sostenibles y tecnologías limpias:** Promover la investigación, adopción y uso progresivo de combustibles de aviación sostenibles (SAF), así como la incorporación de tecnologías más eficientes en el consumo de combustible y la reducción de emisiones.
- **Optimizar operaciones y mantenimiento:** Mejorar la planificación de vuelos, rutas y horarios para minimizar el consumo de combustible, y fortalecer los programas de mantenimiento preventivo para asegurar la eficiencia operativa de la flota.
- **Fortalecer la capacitación ambiental:** Implementar programas de formación y sensibilización ambiental para el personal militar y técnico, promoviendo una cultura de sostenibilidad y responsabilidad ecológica dentro de la institución.
- **Fomentar la cooperación interinstitucional:** Establecer alianzas con entidades ambientales, académicas y de la sociedad civil para el desarrollo de proyectos conjuntos de monitoreo, mitigación y compensación de emisiones, así como para la investigación de alternativas tecnológicas.
- **Mantener y ampliar la transparencia:** Continuar con la publicación de datos abiertos sobre consumo de combustible y emisiones, facilitando la auditoría social y la participación ciudadana en la gestión ambiental militar.
- **Priorizar la protección de ecosistemas sensibles:** Desarrollar protocolos específicos para minimizar el impacto en áreas protegidas y regiones de alta biodiversidad, priorizando la mitigación y compensación ambiental en estos territorios.

Evaluar y actualizar políticas ambientales: Realizar evaluaciones periódicas de la efectividad de las políticas y prácticas ambientales implementadas, ajustando las estrategias conforme a los avances tecnológicos, normativos y las demandas sociales emergentes.

Este enfoque, además, facilita la alineación de la gestión ambiental militar con los estándares internacionales y las políticas nacionales de cambio climático, como la Ley 1931 de 2018 y la normativa ISO 14064 para la medición de la huella de carbono institucional. El reto que plantea esta realidad invita a fijar metas de reducción de emisiones alineadas a los compromisos internacionales, promover la adopción progresiva de combustibles sostenibles (SAF), optimizar la operación y el mantenimiento, e impulsar la formación ambiental de todos los actores involucrados (Urrea, 2023; Naciones Unidas, 2024). De igual modo, resulta prudente priorizar protocolos diferenciados para zonas sensibles y fortalecer la cooperación interinstitucional transdisciplinaria para la mitigación y compensación ambiental. No se trata de abdicar de las necesidades estratégicas, sino de aceptar la interdependencia entre seguridad nacional y sostenibilidad como una premisa ineludible del tiempo que vivimos (Concha et al., 2009; Caro Martínez, 2020).

En suma, título de reflexión la cuantificación rigurosa de la huella ambiental de la aviación militar del Ejército Nacional nos insta a actuar con realismo, ética y serenidad. Solo enfrentando los hechos con rigor intelectual y aceptando sin autoengaños sus consecuencias, se puede aspirar a una defensa nacional que inspire respeto, legitimidad y resiliencia, fiel a los principios rectores de una vida estoica: dominio de sí, sentido del deber y responsabilidad intergeneracional (División de Asalto Aéreo, 2025; Urrea, 2023; Naciones Unidas, 2024). Para mayor detalle, la sistematización de datos y entrevistas se puede consultar en Anexo C.

Identificación y Evaluación Impactos Ambientales de las Operaciones Aéreas Militares del Ejército Nacional en la Serranía del Chiribiquete.

La Serranía del Chiribique, declarada Patrimonio Mixto de la Humanidad y activo estratégico de la Nación, se alza como un mosaico de tepuyes ancestrales, ríos negros y selva densa cuya integridad biocultural sostiene a comunidades indígenas aisladas y a una biodiversidad excepcional (Vargas Idárraga, 2020). Sin embargo, la presencia aeronáutica militar necesaria para contrarrestar actividades ilícitas y garantizar la soberanía, impone una paradoja estoica, entre proteger exige intervenir, y toda intervención deja huella. Aceptar esta tensión con templanza y claridad de juicio resulta imperativo para ponderar con rigor los daños colaterales y orientar acciones de mitigación.

En este contexto, la caracterización de los ecosistemas sensibles afectados por las operaciones aéreas militares constituye el primer paso para abordar el objetivo planteado. La Serranía del Chiribique, por su diversidad biológica y riqueza naturales un área protegidas, estratégica y de reserva indígena que requieren especial atención debido a su fragilidad ambiental y su importancia estratégica para la conservación (Caro Martínez, 2020; Vargas Idárraga, 2020; Concha et al., 2009). Por ende, es necesario realizar un diagnóstico que permita comprender las características ecológicas y sociales de estos territorios, estableciendo un marco para evaluar los impactos ambientales de la aviación militar.

Caracterización Ecológica y Sociocultural.

Chiribiquete integra bosques húmedos amazónicos, formaciones rocosas precámbricas y corredores de fauna que enlazan a jaguares, dantas y decenas de especies endémicas (Vargas

Idárraga, 2020; Armenteras et al., 2016). Su aislamiento relativo ha limitado la fragmentación, pero la expansión de pistas clandestinas, la deforestación inducida y la reciente intensificación de sobrevuelos alteran patrones de cobertura vegetal y ruido de fondo. Asimismo, los pueblos indígenas carijona y huitoto mantienen sitios sagrados en los tepuyes; para ellos, el estruendo de rotores torna sagrada la obligación estatal de precaución (Vargas Idárraga, 2020).

Este ecosistema vulnerable, que albergan una gran cantidad de especies endémicas y en peligro de extinción. Es área, además de su valor ecológico, cumplen funciones vitales en la regulación del clima, la conservación del agua y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para la población. La operación de aeronaves militares de Ejército Nacional en esta zona puede generar impactos directos, como la contaminación atmosférica por emisiones de gases de efecto invernadero y partículas, así como impactos indirectos, como la alteración de patrones migratorios y comportamientos de fauna debido al ruido y las vibraciones (Urrea, 2023). Estas perturbaciones pueden desencadenar procesos de degradación ambiental que afectan la resiliencia de los ecosistemas y su capacidad para recuperarse de las alteraciones.

Por otro lado, la caracterización debe considerar también las dinámicas temporales de las operaciones aéreas, ya que la frecuencia, duración y tipo de misiones influyen en la intensidad y persistencia de los impactos ambientales. Operaciones de alta frecuencia o misiones especiales, como despliegues en zonas de conflicto o emergencias humanitarias, pueden generar picos significativos en las emisiones y perturbaciones, que requieren una gestión ambiental adaptativa y flexible. En este sentido, la caracterización no solo debe limitarse a un diagnóstico estático, sino que debe incorporar un análisis continuo y

prospectivo que permita anticipar y responder a cambios en las operaciones y sus efectos ambientales.

Evaluación Impactos Ambientales Directos e Indirectos.

El tránsito regular de helicópteros UH-60 y Mi-17 empleados en patrullajes y operaciones de interdicción genera picos de 110-120 dB a baja altura, suficientes para modificar la conducta de aves insectívoras y primates sensibles al estrés acústico (Caro Martínez, 2020). A nivel atmosférico, cada hora de vuelo de un UH-60 libera en promedio 350 kg de combustible quemado, equivalentes a 1.1 t de CO₂ y 4-5 kg de NO_x, que se depositan sobre copas y cursos fluviales, acelerando la lluvia ácida local y la bioacumulación en suelos ácidos (Naciones Unidas, 2024). Cuando las misiones incluyen izado de carga, los motores permanecen en posición estacionaria hasta 40% más tiempo, duplicando el aporte de partículas finas PM_{2.5}.

Ahora, los corredores abiertos para aterrizajes tácticos facilitan pistas ilegales y campamentos madereros; la degradación inicial inducida por helicópteros crea “ventanas” de luz que favorecen especies invasoras y limitan la regeneración natural (Armenteras et al., 2016). Además, el ruido persistente provoca desplazamiento de fauna hacia márgenes fluviales, aumentando el riesgo de depredación y conflictos con grupos humanos nómadas que cazan para subsistencia (Vargas Idárraga, 2020). Paradójicamente, patrullar para proteger puede, si no se gestiona con prudencia, debilitar la resiliencia de los mismos ecosistemas que se pretende defender.

Esta zona protegida, como parque nacional natural y reserva forestal, constituye ecosistemas de alta biodiversidad y valor estratégico, que cumplen funciones esenciales para la conservación de especies, la regulación climática y el suministro de servicios ecosistémicos vitales para la población (Armenteras et al., 2016; Ministerio de Ambiente,

2022). Sin embargo, esta área enfrenta presiones significativas derivadas no solo de actividades ilícitas y extractivas, sino también de las operaciones militares, que generan contaminación atmosférica, acústica y alteraciones en los hábitats naturales. De hecho, las emisiones de gases de efecto invernadero y partículas finas liberadas por las aeronaves afectan la calidad del aire, mientras que el ruido intenso puede alterar los patrones de comportamiento y reproducción de la fauna local (Urrea, 2023).

Además, los impactos indirectos se manifiestan en la fragmentación de hábitats y la alteración de procesos ecológicos, lo que puede comprometer la resiliencia de los ecosistemas y su capacidad para adaptarse a cambios ambientales. En este sentido, la gestión ambiental en la zona protegida debe ir más allá de la simple conservación, incorporando un enfoque de sistemas socio-ecológicos que reconozca la interdependencia entre las comunidades humanas y la naturaleza (Revista Gestión Ambiental, 2019). La jurisprudencia colombiana ha avanzado en reconocer los derechos de la naturaleza y la necesidad de proteger los complejos socio-ecológicos (Aries, 2023). Este enfoque promueve una gestión ambiental más inclusiva y respetuosa de la diversidad cultural y biológica.

El Ejército Nacional ha reconocido la importancia de integrar la sostenibilidad ambiental en sus operaciones, fomentando una cultura de conciencia ecológica y gestión coordinada entre el personal militar y civil (Perez, 2020). Programas como el Plan Artemisa buscan mitigar los impactos ambientales mediante protocolos para el manejo adecuado de residuos, reducción de emisiones y protección de los ecosistemas afectados. Sin embargo, la efectividad de estas medidas depende de un monitoreo constante y de la incorporación de tecnologías limpias que minimicen la huella ecológica de las operaciones aéreas. La

evaluación sistemática de los impactos directos e indirectos es, por tanto, indispensable para ajustar las prácticas operativas y garantizar la conservación de las zonas protegidas.

De tal forma que, esta evaluación debe considerar también la dimensión social y política del impacto ambiental, dado que la degradación de ecosistemas protegidos puede generar conflictos con comunidades locales e indígenas, afectando sus modos de vida y derechos territoriales. La integración de estas perspectivas es fundamental para diseñar políticas públicas y estrategias militares que armonicen la defensa nacional con la conservación ambiental y el respeto por los derechos humanos. Así, se avanza hacia una gestión ambiental más responsable y sostenible, que reconoce la complejidad y multidimensionalidad de los impactos generados por las operaciones aéreas militares en Colombia.

Políticas y Mitigación en Curso.

El Plan Artemisa incorporó directrices para vuelos de baja firma acústica: rutas preestablecidas a 3,000 pies sobre áreas núcleo, ventanas horarias restringidas y protocolos de descenso en espiral para reducir la presión sonora (Caro Martínez, 2020). Sin embargo, informes internos evidencian cumplimiento parcial debido a necesidades operativas y condiciones meteorológicas impredecibles. Paralelamente, el Ejército nacional a la par de la Fuerza Aérea evalúa combustibles de aviación sostenibles con mezcla SAF-30, capaces de recortar 18-20% de CO₂ por misión; los vuelos de prueba previstos entre Tres Esquinas y Chiribiquete aún carecen de cadena logística estable (Urrea, 2023).

Por tanto, las políticas, normativas y prácticas de mitigación ambiental en las operaciones aéreas militares en Colombia constituyen un pilar fundamental para reducir el impacto ecológico generado por estas actividades estratégicas. En el marco de la Ley 1931

de 2018, que establece la Política Nacional de Cambio Climático, las instituciones estatales, incluyendo las fuerzas armadas, más en específico al Ejército Nacional, esta llamado a implementar planes y acciones que integren la gestión ambiental con la adaptación y mitigación del cambio climático (Sistema de Coordinación Secto-Territorial en Salud Ambiental y Acción Climática, 2024). En este sentido, la institución ha desarrollado iniciativas como el Plan Artemisa, que promueven una cultura de conciencia ecológica y una gestión ambiental coordinada entre el personal militar y civil, orientada a la conservación de los ecosistemas y la reducción de emisiones contaminantes (Miradas de innovación, sostenibilidad y desarrollo en torno a la gestión ambiental en el Ejército Nacional de Colombia, 2020).

Estas políticas se traducen en prácticas concretas, como el manejo adecuado de residuos, el monitoreo constante de la calidad del aire y el ruido, y la implementación de tecnologías limpias y combustibles alternativos para las aeronaves. Además, la articulación entre entidades militares, ambientales y territoriales busca fortalecer la capacidad de gestión ambiental sectorial y territorial, promoviendo la programación, articulación, monitoreo y evaluación de indicadores ambientales relevantes (Sistema de Coordinación Secto-Territorial en Salud Ambiental y Acción Climática, 2024). Sin embargo, a pesar de estos avances, persisten desafíos relacionados con la actualización y cumplimiento de normativas específicas para la aviación militar.

Vacíos y Recomendaciones.

1. **Cuantificación fina y continua:** instalar sensores de NO_x y PM en los helipuertos temporales y cruzar datos con modelos HYSPLIT para trazar plumas reales de dispersión, en lugar de depender de promedios genéricos (Semantics Scholar, 2019).

2. **Zonificación acústica participativa:** involucrar guardaparques e indígenas para ajustar corredores en función de sitios sagrados y épocas reproductivas clave; la ley de consulta previa faculta este diálogo.
3. **Escalamiento de SAF:** asegurar contratos piloto que garanticen suministro en Caquetá y Guaviare; sin logística, la promesa tecnológica queda en intención.
4. **Monitoreo con drones eléctricos:** tareas de vigilancia de baja carga pueden migrar a vehículos no tripulados con cero emisiones locales, liberando helicópteros pesados solo para misiones críticas.
5. **Divulgación transparente:** publicar trimestralmente indicadores de horas de vuelo, consumo y ruido en un portal abierto; la claridad fortalece la legitimidad y alinea al sector defensa con la Ley 1931 de cambio climático (Rincón et al., 2020).

En síntesis, para este objetivo 2 ha permitido identificar y evaluar los impactos ambientales del Chiribiquete, evidenciando cómo estas actividades afectan esta zona protegida mediante emisiones contaminantes, ruido y alteraciones ecológicas. Este análisis integral contribuye al objetivo general de evaluar el impacto ambiental de las flotas aérea de la Aviación del Ejército, al identificar los principales contaminantes emitidos, este ecosistema afectado y las consecuencias a largo plazo. Además, se ha puesto en evidencia la interacción entre estos impactos y los intereses estratégicos y geopolíticos del país, destacando la necesidad de políticas y prácticas que armonicen la defensa nacional con la sostenibilidad ambiental.

Finalmente, a título de reflexión es evidente que la cosmovisión estoica, actuar conforme a la virtud implica juzgar los hechos con sobriedad y obrar sin dilación. Reconocer que la aeronáutica militar de la institución dejó ya una impronta tangible sobre la Serranía

del Chiribiquete no deshonra la misión: la ennoblece al enfrentar la realidad con coraje racional. Si el ejercicio de la fuerza es inevitable, su refinamiento ambiental es un deber; cada decibel mitigado y cada kilogramo de CO₂ reducido acercan al Ejército a la excelencia moral que les exige el siglo XXI. Con disciplina, ciencia y transparencia, la defensa del territorio puede coexistir con la defensa de la selva que lo sustenta y ello, a fin de cuentas, también es seguridad nacional.

Análisis y Mitigación de los Impactos Ambientales de la Aviación Militar del Ejército Nacional.

El análisis de las políticas y regulaciones ambientales que rigen la aviación militar en Colombia es fundamental para entender cómo estas normativas contribuyen a la mitigación de los impactos ambientales derivados de sus operaciones. Este objetivo busca examinar el marco legal vigente, identificar las principales políticas y protocolos aplicados, y evaluar de forma real en la reducción de emisiones contaminantes y protección de ecosistemas sensibles. Para ello, se abordarán aspectos normativos, institucionales y operativos, considerando además la integridad de los ecosistemas colombianos impone a la aviación militar institucional con una doble exigencia: salvaguardar la soberanía y, simultáneamente, honrar los límites loables. Examinar el marco normativo vigente revela avances sustanciales, pero también vacíos que urgen atención.

Marco Legal Esencial y sus Tensiones Operativas

La Ley 1931 de 2018 sitúa a todas las entidades estatales dentro de la Política Nacional de Cambio Climático, exigiendo planes de mitigación y adaptación que reduzcan emisiones y

fortalezcan la resiliencia institucional (Caro Martínez, 2020). En paralelo, la Fuerza Pública adoptó la ISO 14064-1/2006 para medir y reportar su huella de carbono, lo que aporta comparabilidad internacional y transparenta la gestión (Rincón, García & Bermúdez, 2020). Sin embargo, la aviación militar enfrenta condicionantes operativas –vuelos de reacción inmediata, zonas selváticas sin infraestructura de abastecimiento limpio– que dificultan el cumplimiento pleno de dichos estándares (Talamoni, Gómez Meunier & Gniesko, 2019). De allí que los manuales internos (e.g., MTE 3-60.1) deban evolucionar hacia protocolos específicos de ruido y emisiones en misiones tácticas..

Políticas Institucionales: de la Intención a la Práctica en la Aviación de Ejército Nacional

La aviación militar institucional de la mano del desarrollado Plan Artemisa articula esfuerzos de Ejército, y otras instituciones como la FAC y Policía para proteger áreas críticas de la Amazonía, Orinoquía y Chiribiquete mediante control aéreo, interdicción y reforestación (Ministerio de Defensa, 2022). Sus logros en términos de reducción de focos de deforestación en 7 de los 10 municipios priorizados, contrastan con la persistencia de emisiones derivadas de helicópteros medianos UH-60, cuyo consumo supera 350 kg/h de combustible Jet A-1 (Caro Martínez, 2020). Aun así, el programa ha impulsado la capacitación ambiental de tripulaciones y técnicos, fortaleciendo la cultura de reporte y auditoría.

Recapitulando ideas, las políticas institucionales y programas de gestión ambiental en la aviación militar colombiana reflejan un compromiso creciente con la sostenibilidad, articulando esfuerzos interinstitucionales, formación del personal y aplicación de tecnologías innovadoras para mitigar los impactos ambientales. Sin embargo, la efectividad de estas iniciativas depende de su implementación constante, monitoreo riguroso y actualización

conforme a los avances tecnológicos y las demandas ambientales actuales (Talamoni, Gómez Meunier & Gniesko, 2019; Urrea, 2023).

Evaluación de la Realidad: Luces y Sombras

Las auditorías ISO 14064-1 evidencian un descenso de 4.2% en la huella de carbono institucional entre 2021-2023, atribuible a la optimización de rutas y la incorporación piloto de combustibles sostenibles SAF-30 en vuelos de prueba entre Tres Esquinas y Larandia (Urrea, 2023). Sin embargo, la falta de logística estable para SAF y la demora en reglamentar umbrales máximos de ruido nocturno limitan la escalabilidad. Además, los reportes de la Procuraduría Ambiental señalan retrasos en la actualización de estudios de impacto para bases de avanzada, reflejando brechas de gobernanza que erosionan la legitimidad social.

En el ámbito específico de la aviación militar, la implementación de planes como el Plan Artemisa ha representado un avance significativo en la incorporación de criterios ambientales en las operaciones y mantenimiento de la flota aérea (Caro Martínez, 2020). Sin embargo, la efectividad de estas políticas depende en gran medida de la capacidad institucional para monitorear continuamente los indicadores ambientales, adaptar las estrategias según resultados y fomentar la cooperación interinstitucional. También asimilada institucionalmente la experiencia en el sector aeroespacial colombiano ha mostrado que la aplicación de metodologías integrales de gerencia de proyectos, que incluyen fases de monitoreo y control ambiental, mejora la efectividad y sostenibilidad de las iniciativas (Publicaciones FAC, 2021). Además, la incorporación de tecnologías innovadoras, como sistemas de monitoreo remoto y análisis de datos avanzados, facilita la evaluación en tiempo real y la toma de decisiones basadas en evidencia (Semantics Scholar, 2019).

No obstante, persisten desafíos relacionados con la integración efectiva de las políticas ambientales en el planeamiento militar, especialmente en la gestión de la dispersión de contaminantes atmosféricos y la protección de ecosistemas sensibles. La evaluación debe considerar también la dimensión social, dado que los impactos ambientales pueden generar tensiones con comunidades locales y afectar la legitimidad de las operaciones militares (Concha et al., 2009). Por ello, la evaluación de la efectividad debe ser multidimensional, incorporando aspectos técnicos, sociales y estratégicos para garantizar una gestión ambiental integral y sostenible.

Síntesis Crítica y Recomendaciones

1. **Refinar la norma sectorial:** emitir un Decreto reglamentario que fije límites de NO_x y PM para aeronaves militares, alineado con ICAO A 16 Vol. II.
2. **Escalar SAF:** negociar contratos con EcoPetrol-Biodiesel para asegurar suministro continuo en Caquetá y Meta, minimizando la dependencia de queroseno importado.
3. **Monitoreo en tiempo real:** instalar estaciones móviles de calidad del aire en bases clave y publicar datos abiertos trimestrales; la transparencia robustece la confianza ciudadana.
4. **Participación comunitaria:** institucionalizar mesas de diálogo con comunidades indígenas para ajustar rutas y horarios de vuelo en zonas protegidas, reduciendo conflictos socioambientales.
5. **Actualización continua:** vincular al Centro de Investigaciones Aeroespaciales (CIAC) con la Autoridad Ambiental para validar tecnologías de hidrógeno y ala rotatoria híbrida antes de 2030.

Con disciplina marcial y sobriedad estoica, la aviación militar institucional puede conciliar la defensa del territorio con la custodia de la naturaleza. La voluntad ya existe; resta perfeccionar la ejecución y rendir cuentas con la misma firmeza con la que se patrulla el cielo.

Tabla 1. Normatividad Ambiental Relevante para la Aviación Militar del Ejército Nacional

Norma	Resumen de la norma	Fuente	Año
Ley 1931	Crea la Política Nacional de Cambio Climático; obliga a entidades públicas a planes de mitigación y adaptación.	Congreso de la República	2018
Decreto 1076	Compila reglamentos del sector ambiente; incluye licenciamiento y control de emisiones para actividades aéreas especiales.	MinAmbiente	2015
ISO 14064-1	Estándar internacional para cuantificar y reportar GEI a nivel organizacional.	ISO	2006
ICAO Annex 16 Vol. II	Establece límites de emisiones de motores de aeronaves y procedimientos de certificación.	Organización de Aviación Civil Internacional	2018
Resolución 653	Adopta el Programa Nacional de Huella de Carbono; guía reportes voluntarios de GEI en sector defensa.	MinAmbiente	2017

Nota: Tabla de elaboración propia basada en los principales instrumentos que regulan la gestión ambiental de la aviación militar en Colombia: Ley 1931 de 2018 (Política Nacional

de Cambio Climático), Decreto 1076 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente), ISO 14064-1:2006 (cuantificación y reporte de GEI), ICAO Annex 16, Volumen II (2018) y Resolución 653 de 2017 (Programa Nacional Huella de Carbono).

En definitiva, la evaluación real de las regulaciones y políticas ambientales en la aviación militar institucional requiere un enfoque sistemático y adaptativo que combine metodologías rigurosas, monitoreo continuo y participación interinstitucional. Este enfoque permitirá identificar fortalezas y áreas de mejora, garantizando que las políticas no solo existan en el papel, sino que se traduzcan en acciones concretas que reduzcan efectivamente los impactos ambientales y promuevan una defensa compatible con la sostenibilidad ambiental y social.

Innovación Tecnológica y Economía Circular

La Institución de forma crítica debe seguir la hoja de ruta de descarbonización de la FAC contempla el ensayo de celdas de hidrógeno en aeronaves de entrenamiento T-90 Calima (Mónico-Muñoz, 2023; Jaimes-Reatiga, 2020). Paralelamente, los talleres de mantenimiento aplican principios de economía circular, con la reutilización de aceites aeronáuticos y reacondicionamiento de piezas electrónicas, que, según estimaciones internas, evitan 18 toneladas de residuos peligrosos anuales (Moreno, Utrilla & Sánchez, 2019). Aunque aún incipientes, estas iniciativas demuestran que la innovación es posible incluso bajo constricciones operativas.

En síntesis, el análisis de las políticas y regulaciones ambientales aplicables revela un marco normativo sólido y una voluntad institucional creciente para mitigar los impactos ambientales, aunque con desafíos operativos y tecnológicos que requieren atención continua.

La implementación de programas como el Plan Artemisa y la incorporación progresiva de tecnologías limpias son pasos significativos hacia una defensa sostenible. Sin embargo, las políticas depende de la actualización constante, la coordinación interinstitucional y la participación social para garantizar una gestión ambiental integral y legítima. La innovación tecnológica, junto con la aplicación de normativas nacionales e internacionales, será clave para equilibrar la seguridad nacional con la protección del medio ambiente, contribuyendo así a la sostenibilidad y resiliencia del país frente a los retos climáticos y geopolíticos actuales (Caro Martínez, 2020; Adler y Martins, 2023; Talamoni, Gómez Meunier y Gniesko, 2019; Urrea, 2023).

Conclusiones

En respuesta a la pregunta problema de investigación planteada sobre el impacto ambiental de la operación de flotas de aeronaves del Ejército Nacional y cómo estas afectaciones interactúan con los intereses estratégicos y geopolíticos del país, se precisa concluir al primer objetivo específico que la cuantificación rigurosa de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos de la aviación militar del Ejército Nacional revela una huella de carbono anual de aproximadamente 35,664 toneladas de CO₂, derivada del consumo de 3,700,000 galones de Jet A-1.

Esta cifra, obtenida mediante la aplicación disciplinada de factores IPCC y validada por registros oficiales de la División de Asalto Aéreo (2025), no admite autoengaños ni minimizaciones: la operación aérea militar genera una impronta tangible sobre el medio ambiente que demanda aceptación serena y acción responsable. La transparencia en la

medición constituye el primer acto de virtud institucional, pues solo enfrentando los hechos con rigor intelectual se puede aspirar a una defensa nacional que inspire respeto, legitimidad y resiliencia.

Por lo que se recomienda establecer metas cuantificables de reducción de emisiones alineadas con los compromisos nacionales e internacionales de cambio climático, promover la adopción progresiva de combustibles de aviación sostenibles (SAF), optimizar la planificación operacional para minimizar el consumo innecesario, y mantener la publicación periódica de datos abiertos que fortalezcan la legitimidad y el control social de las operaciones militares.

Al segundo objetivo específico que la identificación y evaluación de impactos ambientales de las operaciones aéreas militares del Ejército Nacional en la Serranía del Chiribiquete evidencia cómo la paradoja estoica entre proteger y preservar se manifiesta en territorio sagrado para comunidades indígenas y ecosistemas excepcionales. Los sobrevuelos regulares de helicópteros UH-60 y Mi-17 generan picos acústicos de 110-120 dB que modifican patrones de comportamiento de fauna sensible, mientras las emisiones de 1.1 t de CO₂ y 4-5 kg de NO_x por hora de vuelo se depositan sobre copas arbóreas y cursos fluviales, acelerando procesos de acidificación local (Caro Martínez, 2020; Naciones Unidas, 2024).

La aceptación templada de esta tensión permite reconocer que cada decibel mitigado y cada kilogramo de CO₂ reducido acercan al Ejército a la excelencia moral que exige el siglo XXI. Con disciplina marcial y sobriedad estoica, la defensa del territorio puede coexistir con la custodia de la selva que lo sustenta. Por lo que se recomienda implementar cuantificación fina y continua mediante sensores de NO_x y PM en helipuertos temporales, desarrollar zonificación acústica participativa involucrando guardaparques e indígenas, escalar el uso de

combustibles SAF asegurando contratos estables, migrar tareas de vigilancia a drones eléctricos para liberar helicópteros pesados solo para misiones críticas, y mantener divulgación transparente trimestral de indicadores operacionales y ambientales.

Al tercer objetivo específico que el análisis de políticas y regulaciones ambientales aplicables a la aviación militar del Ejército Nacional demuestra que la Ley 1931 de 2018, el Decreto 1076 de 2015, la ISO 14064-1 y las directrices ICAO Anexo 16 configuran un marco normativo sólido, aunque con tensiones operativas derivadas de vuelos de reacción inmediata y despliegues en zonas sin infraestructura de abastecimiento limpio (Talamoni, Gómez Meunier & Gniesko, 2019). El Plan Artemisa ha logrado reducir focos de deforestación en siete de diez municipios priorizados, contrastando con la persistencia de emisiones de helicópteros medianos cuyo consumo supera 350 kg/h de combustible. Las auditorías ISO 14064-1 evidencian un descenso de 4.2% en la huella de carbono institucional entre 2021-2023, atribuible a optimización de rutas y incorporación piloto de SAF-30, aunque la falta de logística estable y retrasos en reglamentación limitan la escalabilidad (Urrea, 2023).

La voluntad institucional existe; resta perfeccionar la ejecución y rendir cuentas con la misma firmeza con la que se patrulla el cielo. Por lo que se recomienda refinar la norma sectorial emitiendo Decreto reglamentario que fije límites específicos de NO_x y PM para aeronaves militares, negociar contratos con Ecopetrol para asegurar suministro continuo de SAF, instalar estaciones móviles de calidad del aire publicando datos abiertos trimestrales, institucionalizar mesas de diálogo con comunidades indígenas para ajustar rutas y horarios, y vincular al Centro de Investigaciones Aeroespaciales con la Autoridad Ambiental para validar tecnologías de hidrógeno antes de 2030.

En respuesta integral al objetivo general, la evaluación del impacto ambiental de las operaciones de la flota aérea del Ejército Nacional ha identificado que los principales contaminantes emitidos son CO₂ (35,664 t/año), NO_x, monóxido de carbono y partículas finas, cuya dispersión afecta ecosistemas sensibles como la Serranía del Chiribiquete mediante alteración de patrones de fauna, acidificación local y fragmentación de hábitats. Las consecuencias a largo plazo incluyen pérdida de biodiversidad, conflictos socioambientales con comunidades indígenas y erosión de la legitimidad social de las operaciones militares. Las implicaciones estratégicas y geopolíticas revelan que la sostenibilidad no es antagónica a la seguridad nacional, sino condición para su ejercicio virtuoso en el siglo XXI. La disciplina estoica de aceptar la interdependencia entre defensa territorial y custodia ambiental fortalece la soberanía al alinear las capacidades militares con los compromisos climáticos internacionales y las demandas ciudadanas de transparencia.

La recomendación general que emerge de esta investigación establece la necesidad de transitar hacia una Defensa Nacional Sostenible fundamentada en cuatro pilares: responsabilidad intergeneracional que considere el impacto en las generaciones futuras, dominio de sí institucional para controlar y optimizar las operaciones, sentido del deber para cumplir obligaciones ambientales con diligencia, y aceptación ética de las consecuencias sin autoengaño. Esta transición demanda inversión en tecnologías limpias, fortalecimiento de marcos normativos específicos, cooperación interinstitucional transdisciplinaria y mantenimiento de la transparencia operacional como pilar de legitimidad democrática.

Los vacíos de conocimiento identificados para futuros esfuerzos académicos incluyen: cuantificación de alta resolución de efectos sinérgicos entre emisiones aéreas y degradación ecosistémica mediante modelado HYSPLIT; evaluación sistemática ex post de

la eficacia de protocolos de mitigación implementados; investigación sobre interacciones a largo plazo entre operaciones militares, ecosistemas y culturas indígenas; y análisis de compromisos internacionales en planificación militar que armonicen soberanía con sostenibilidad. La convergencia entre pensamiento estratégico y conciencia ambiental constituye el horizonte intelectual donde la geopolítica colombiana del siglo XXI deberá forjar su identidad: una nación que defiende su territorio honrando los límites naturales que lo sustentan, demostrando que la verdadera fortaleza reside en la capacidad de proteger sin destruir, de ejercer la fuerza preservando la vida que le da sentido a la defensa misma.

Referencias

Aragón Rodríguez, G. L. (2015). *Análisis de las condiciones meteorológicas asociadas con la presencia de sistemas convectivos en el aeropuerto El Dorado* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59169/1026255880.2015.pdf>

Calvo Fresno, J. A. (2020). *Análisis del uso de fondos comunitarios en proyectos de navegación aérea. Vías para la mejora de su impacto y evaluación* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia].

<https://e-spacio.uned.es/bitstreams/bel1a5422-106b-4663-bb59-af5ee7c98b6d/download>

División de Aviación Asalto Aéreo. (2024). *Presentación técnica de seguridad operacional (SEGOP)*. Ejército Nacional de Colombia.

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia

IDEAM. (2023). *Boletines técnicos meteorológicos y climáticos*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

<https://www.ideam.gov.co>

Restrepo Gómez, J. S. (2023). *Diseño de prototipo de estación meteorológica portátil como accesorio utilizado por un dron para la obtención de datos meteorológicos en zonas de difícil acceso* [Trabajo de grado, Fundación Universitaria Los Libertadores].

https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/11371/6200/1/Restrepo_Jaime_2023.pdf

Rosero-Melo, V. R. (2019). *Implementación de PostGIS sobre bases de datos meteorológicas para análisis ambiental* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76061>

Sánchez Calderón, F., Cruzate, M., & Alarcón, C. (2010). *Relación de los deslizamientos y la dinámica climática en Colombia: Aplicación de información meteorológica satelital en operaciones militares*.

<https://www.researchgate.net/publication/293645297>

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia

Anexo A. Oficio de Solicitud de Información Académica a la DAVAA

Bogotá D.C., 15 de mayo de 2025

Para: Señor Brigadier General

Comandante División de Aviación Asalto Aéreo DAVAA - Ejército Nacional

Asunto: Solicitud de información académica para investigación sobre huella ambiental de la aviación militar colombiana

Referencia: Trabajo de grado "Huella Ambiental de la Aviación Militar del Ejército Nacional: Un Análisis de los Impactos Ecológicos y Geopolíticos"

Con toda atención y respeto me dirijo a mi General, para solicitar su valioso y gentil apoyo con el fin de solicitar su valiosa colaboración para acceder a información técnica y operativa que permita desarrollar una investigación académica de alta calidad sobre el impacto ambiental de las operaciones aéreas del Ejército Nacional.

ANTECEDENTES

Como estudiante de la Maestría en Seguridad y Defensa Nacionales de la Escuela Superior de Guerra, me encuentro desarrollando un trabajo de investigación titulado "Huella Ambiental de la Aviación Militar Colombiana: Un Análisis de los Impactos Ecológicos y Geopolíticos", el cual tiene como objetivo principal evaluar el impacto ambiental de las operaciones de las flotas aéreas estatales en Colombia, con énfasis en la identificación de

contaminantes emitidos, ecosistemas afectados y las implicaciones estratégicas y geopolíticas de estas actividades.

INFORMACIÓN SOLICITADA

Respetuosamente solicito el acceso a la siguiente información, con fines exclusivamente académicos:

1. Datos de consumo de combustible:

- Registro consolidado de consumo de combustible de aviación por tipo de aeronave (período 2022-2024)
- Estadísticas de horas de vuelo por categoría de aeronave y tipo de misión
- Facturas y reportes de la Sección de Combustibles que permitan validar el consumo anual tipo

2. Información técnica operativa:

- Composición actual de la flota (número de aeronaves por modelo)
- Disponibilidad operacional y patrones de utilización
- Rutas principales de operación y zonas de despliegue frecuente

3. Políticas y procedimientos ambientales:

- Planes de gestión ambiental implementados (Plan Artemisa y similares)
- Protocolos de mitigación de impacto ambiental en operaciones aéreas
- Iniciativas de sostenibilidad y combustibles alternativos

4. Acceso a personal técnico:

- Posibilidad de realizar entrevistas con:

- Oficial de Estadística DECOA
- Suboficial de Facturación de la Sección de Combustibles
- Personal técnico especializado en gestión ambiental

COMPROMISO ACADÉMICO

Me comprometo formalmente a:

- Utilizar la información exclusivamente con fines académicos y de investigación
- Mantener la confidencialidad de datos sensibles relacionados con seguridad operacional
- Compartir los resultados finales de la investigación con la DAVAA
- Cumplir con todos los protocolos de seguridad establecidos por la institución
- Citar apropiadamente las fuentes de información en el trabajo final

JUSTIFICACIÓN

Esta investigación contribuirá al conocimiento científico sobre la gestión ambiental en el sector defensa, aportando elementos para:

- Fortalecer las políticas de sostenibilidad en la aviación militar
- Alinear las operaciones aéreas con los compromisos nacionales de cambio climático
- Generar recomendaciones para la reducción de la huella ambiental sin comprometer la efectividad operacional

Agradezco de antemano su consideración y quedo atento a sus orientaciones para formalizar el acceso a la información requerida.

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia

Respetuosamente,

Leonardo Enrique Orduz Moreno

Mayor, Estudiante Maestría en Seguridad y Defensa Nacionales

Escuela Superior de Guerra

Celular: +57 321 254 2804

Email: [leonardo.orduz@esdeg.edu.co]

Anexos:

Carta de presentación del tutor temático

Formato de compromiso de confidencialidad

Anexo A. A-1. Carta de Presentación del Tutor Temático

Consultora DANTE

ÁLVARO M. PINTO G.

2 de mayo de 2025

Señor Brigadier General

Comandante División de Aviación Asalto Aéreo (DAVAA)

Ejército Nacional de Colombia

E. S. D.

Asunto: Aval académico y compromiso institucional para investigación sobre huella ambiental de la aviación militar

Mi General, con el más alto sentido de respeto y en mi calidad de Tutor Temático del Mayor Leonardo Enrique Orduz Moreno en la Maestría en Seguridad y Defensa Nacionales de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", me permito respaldar formalmente la solicitud de información académica para el desarrollo de su trabajo de grado "Huella Ambiental de la Aviación Militar del Ejército Nacional: Un Análisis de los Impactos Ecológicos y Geopolíticos".

1. CREDENCIALES PROFESIONALES RELEVANTES

Como sustento de mi idoneidad para dirigir esta investigación, adjunto síntesis de mi perfil:

- Experto en Inteligencia Estratégica y Gestión de Crisis:
- 20+ años como Oficial del Ejército Nacional en unidades de Inteligencia, Contrainteligencia, compromiso Operacional y Logística, con especialización en análisis de datos operacionales.
- Diseñador de protocolos de gestión de crisis adoptados por 3 Comandos Militares, homologables a desafíos ambientales.

CONTACTO

|  +57 321-839-7066 |  ALVAROMANUELPINTO@ICLOUD.COM |

- Consultor en Transformación Digital y Sostenibilidad:

- Líder de proyectos de automatización de procesos para empresas del IBEX 35, con reducción del 20% en consumo de recursos (caso aplicable a optimización de combustibles).

- Certificado Auditor Líder ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015 (ICONTEC), con experiencia en implementación de sistemas de gestión ambiental.

- Docente e Investigador:

- Tutor Metodológico de 8 tesis de maestría, con 3 publicaciones indexadas en Scopus/ WoS sobre **geopolítica, proceso estratégico, escenarios probabilísticos .

2. COMPROMISOS COMO TUTOR TEMÁTICO

En el marco de esta investigación, asumo las siguientes responsabilidades:

1. Supervisión Académica:

- Garantizar que el uso de la información proporcionada por la DAVAA se limite exclusivamente a fines académicos, con estricto cumplimiento de los protocolos de confidencialidad del Ejército Nacional.

- Validar metodológicamente todos los cálculos de huella ambiental, aplicando estándares.

2. Control de Calidad:

- Revisión periódica de avances con el Comité de Ética de la institución educativa superior, conforme sus políticas internas, asegurando que las conclusiones no comprometan la seguridad operacional de la DAVAA.

- Triangulación de datos con fuentes abiertas para contrastar información sensible.

3. Transferencia de Conocimiento:

- Entregar a la DAVAA un informe ejecutivo con recomendaciones aplicables

3. DISPOSICIÓN INSTITUCIONAL

- Canales de Comunicación: Disponibilidad inmediata para reuniones técnicas con el personal designado por la DAVAA (Oficial de Estadística DECOA, Suboficial de Combustibles, etc.).
- Protección de Datos: Aplicaré cláusulas de confidencialidad inspiradas en protocolos de contrainteligencia militar (DAVAA podrá auditar el manuscrito antes de su publicación).
- Vinculación Estratégica: Ofrezco capacitar al personal de la DAVAA en herramientas de análisis ambiental (Tableau, Power BI) sin costo adicional.


Anexos:

1. Copia de mi CV actualizado (énfasis en competencias relevantes).
2. Ficha de Tutor Temático documento interno de la ESDEGUE.
3. Formato de Compromiso de Confidencialidad firmado.

Aprovecho la ocasión para expresar mi admiración por el liderazgo ambiental de la DAVAA, reflejado en iniciativas como el Plan Artemisa. Esta investigación será un puente académico entre la defensa nacional y los ODS 2030.

Quedo atento a sus instrucciones para coordinar los próximos pasos.

Cordialmente,


Alvaro Manuel Pinto G.

MBA/Magíster en Gerencia del Talento Humano

Tutor Temático - Escuela Superior de Guerra

+57 321-639-7066 | alvaromanuelpinto@icloud.com

Anexo A. A-2. Compromiso de Reserva y Confidencialidad

División de Aviación Asalto Aéreo – Ejército Nacional

Yo, Mayor Leonardo Enrique Orduz Moreno en calidad de investigador responsable del estudio “Huella Ambiental de la Aviación Militar Colombiana”, me obligo a guardar **reserva absoluta** sobre toda la información clasificada o de carácter sensible que la División de Aviación Asalto Aéreo (DAVAA) ponga a mi disposición, conforme a los artículos 17 y 18 de la Ley 1621 de 2013 (Ley de Inteligencia y Contrainteligencia) y la Directiva Permanente 016-2020 del Comando del Ejército.

1. Ámbito de la reserva:

- Datos operacionales de consumo de combustible y horas de vuelo.
- Registros logísticos, manuales internos y protocolos de mantenimiento.
- Identificación exacta de rutas, horarios, ubicaciones de bases y personal.

2. Finalidad autorizada: Uso exclusivo para la investigación académica arriba indicada, con difusión restringida al Comité Académico de la Escuela Superior de Guerra y a la Jefatura de Planeación de la DAVAA.

3. Custodia de la información:

- Archivos digitales almacenados en dispositivo cifrado.
- Documentos físicos resguardados en gabinete con llave bajo control del investigador.

- Eliminación segura (wipe) de copias temporales una vez aprobado y entregado el informe final.

4. No divulgación:

- Prohibida la reproducción total o parcial de datos reservados en publicaciones abiertas.
- Cualquier solicitud externa deberá canalizarse por escrito a la DAVAA para evaluación.

5. Vigencia: El presente compromiso rige desde la fecha de firma y permanece activo durante cinco (5) años posteriores a la entrega oficial del informe final o hasta que la DAVAA autorice por escrito su levantamiento.

6. Responsabilidad: Cualquier incumplimiento será causal de acciones administrativas y legales de acuerdo con el Régimen Disciplinario Militar (Ley 1862 de 2017) y las normas penales correspondientes.

En constancia, firmo en Bogotá D.C. a los ____ días del mes de _____ de 2025.

Firma del investigador

C.C./TI.

V° B° DAVAA

Fecha

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia

Anexo B. Respuesta DAVAA

Xxxxx xxxxx

Anexo C. Datos de Consumo y Entrevistas

Este anexo consolida la evidencia empírica que sustenta la cuantificación de emisiones y el análisis operativo presentados en el desarrollo Objetivo 1. Primero se describen las fuentes primarias empleadas (registros de la Sección de Combustibles de Aviación de la DAVAA y entrevistas internas), luego se presentan dos tablas–síntesis: una con el consumo anual por tipo de aeronave y otra con los principales hallazgos cualitativos derivados de las entrevistas aplicadas al personal clave.

La información cuantitativa procede de los partes de facturación certificados por la Suboficial de Combustibles (vigencias 2022-2023) y del consolidado estadístico 2024 elaborado por la Oficina DECOA. Las entrevistas (formato semiestructurado) permitieron aclarar alcances, verificar procedimientos de captura y validar supuestos de cálculo. En coherencia con el paradigma interpretativo-constructivista adoptado en la metodología general, los testimonios se integran como evidencia contextual y no como prueba cuantitativa; su testimonio completo se conserva en archivo de respaldo.

1. Tabla de consumo anual por tipo de aeronave

Los datos corresponden a un «año tipo» (promedio móvil 2022-2024) y ya incluyen la corrección de volumetría efectuada por la Sección de Combustibles. La conversión de galones a kilogramos de CO₂ se realizó con la fórmula IPCC: galones × 3,06 kg × 3,15 kg CO₂ kg⁻¹.

Tabla 2. Consumo Anual por Tipo de Aeronave

Nº	Aeronave / Categoría	Galones / Año	kg CO ₂ Emitidos	t CO ₂ Emitidas	% sobre total
1	Antonov AN-32	257	2 460	2,46	0,01 %
2	C-208 Caravan	101	966 570	966,57	2,70 %
3	CASA 212	51	488 070	488,07	1,37 %
4	Huey II	356	3 406 920	3 406,92	9,53 %
5	King C-90	22	210 540	210,54	0,59 %
6	King 200	61	583 770	583,77	1,63 %
7	King 300	54	516 780	516,78	1,45 %
8	Mi-17	1 000 000	9 570 000	9 570,00	26,77 %
9	S-70i	143	1 368 510	1 368,51	3,83 %
10	Turbo Commander	109	1 043 130	1 043,13	2,92 %
11	UH-1N	230	2 201 100	2 201,10	6,16 %
12	UH-60	1 000 000	9 570 000	9 570,00	26,77 %
13	Aeronaves.rentadas (servicio Ejército)	282	2 700 740	2 700,74	7,56 %
14	Cooperación de otras fuerzas	624	5 971 680	5 971,68	16,72 %
TOTAL GENERAL		3 733 257	35 732 270	35 732,27	100 %

Nota. Cálculo propio a partir de los reportes de la Sección de Combustibles
(vigencias 2022-2024) y del archivo suministrado.

2. Síntesis de entrevistas técnicas

Las entrevistas se desarrollaron en 2025; se aplicó un guion breve de seis preguntas comunes. A continuación, se recogen los puntos medulares que alimentaron los apartados metodológicos y de discusión:

Entrevistado (cargo)	Preguntas clave	Respuestas / Hallazgos relevantes	Incidencia en la investigación
Sgto. Viceprimero José Acuña Negra (Suboficial de Facturación, Sección de Combustibles)	1) ¿Cómo se consolidan los partes diarios de despacho?	– El despacho se registra en tiempo real con caudalímetro calibrado cada 90 días.	Aportó la cifra base de 3,733 M galones/año y validó la multiplicación fraccionaria directa solicitada por la jefatura logística.
My. Yespeter Ancervic Medina Becerra (Oficial de Estadística DECOA)	2) ¿Qué márgenes de error reconoce el sistema de medición?	– El error máximo aceptado es $\pm 1\%$. – Las variaciones de densidad se corrigen con tablas de temperatura estándar.	
	3) ¿Qué criterio se usó para elegir 2024 como año tipo?	– Se promedió el trienio 2022-2024 para aplanar picos de operación COVID-19. – Las horas se agrupan en “operación táctica”, “entrenamiento” y “apoyo logístico”;	Confirmó la necesidad de usar factores IPCC estándar para uniformar el informe ante el Ministerio de Ambiente.
	4) ¿Cómo se clasifican las horas de vuelo?	– Las horas se agrupan en “operación táctica”, “entrenamiento” y “apoyo logístico”; cada categoría posee factores distintos de consumo.	

Entrevistado (cargo)	Preguntas clave	Respuestas / Hallazgos relevantes	Incidencia en la investigación
Cierre común	5) ¿Existen planes de migrar a SAF a corto plazo? 6) ¿Qué barreras logísticas identifican?	– Hay un piloto SAF-30 en ruta Tres Esquinas-Larandia; falta infraestructura de abastecimiento. – Costos y certificación de motores son las barreras más inmediatas.	Fundamenta la recomendación de escalar contratos con proveedores nacionales y de crear capacidad de almacenamiento dedicada.

Nota. Transcripciones íntegras y consentimientos informados archivados en la carpeta segura de la investigación (véase Anexo C-1).

3. Reflexión metodológica y rigor documental

Las entrevistas, enmarcadas como “comunicación personal”, no son datos reproducibles; su valor radica en validar procedimientos y detectar sesgos potenciales en los registros. Los cuadros anteriores demuestran cómo la triangulación –registros cuantitativos más testimonios cualitativos, robustece la inferencia sobre la huella de carbono. Se empleó la multiplicación de fraccionarios, indicada por la Sección de Combustibles para conservar la proporcionalidad exacta entre galones y toneladas: $3\,733\,257 \text{ gal} \times 9,57 \text{ kg CO}_2 \text{ gal}^{-1} = 35\,732\,270 \text{ kg CO}_2$. El resultado corrobora el cálculo presentado en el cuerpo principal del artículo y consolida la trazabilidad requerida por la norma ISO 14064-1.

4. Conclusión del anexo

La evidencia documental confirma la validez de la cifra de 35,7 kt CO₂ como huella anual de la aviación militar. El proceso de verificación –basado en datos primarios y entrevistas expertas– legitima los argumentos centrales del estudio y refleja el compromiso institucional con la transparencia. Desde la perspectiva estoica, aceptar la medida exacta de nuestra huella es requisito previo a toda acción virtuosa: sin la verdad de los números, la mitigación carece de fundamento y la responsabilidad se diluye en conjeturas. Este anexo, por tanto, constituye el testimonio verificable que ancla la reflexión académica a la realidad operativa de la Fuerza.

Anexo C. C-1. Guion de Entrevistas, Transcripción Condensada y Protocolo ético

Este anexo complementa el Anexo C al brindar el instrumento aplicado, las resumidas más relevantes y las garantías éticas empleadas durante la obtención de la información de primera mano utilizada para cuantificar el consumo de combustible y validar los procedimientos de registro en la División de Aviación Asalto Aéreo (DAVAA).

1. Guion semiestructurado aplicado

1. Identificación y responsabilidades del entrevistado en la cadena de suministro de combustible.
2. Procedimiento detallado para el registro diario de despachos (software, calibración, validaciones).
3. Metodología para el cierre mensual y consolidado anual de consumo.
4. Errores frecuentes, márgenes de incertidumbre y acciones de control de calidad.
5. Políticas o proyectos vigentes para introducir combustibles de aviación sostenibles (SAF).
6. Principales barreras logísticas, técnicas o presupuestales para reducir la huella de carbono.
7. Percepción personal sobre la utilidad de los reportes ambientales en la toma de decisiones estratégicas.

Tiempo promedio por sesión: 35 minutos.

Modalidad: presencial en las instalaciones de la Sección de Combustibles (CATAM).

Grabación: audio digital con consentimiento informado.

2. Entrevistados y caracterización

Código	Cargo / Unidad	Antigüedad en el puesto	Tipo de participación
ENT-01	Sgto. Viceprimero José Acuña Negra – Suboficial de Facturación, Sección de Combustibles	5 años	Experto operativo (datos 2022-2023)
ENT-02	My. Yespeter Ancervic Medina Becerra – Oficial de Estadística DECOA	4 años	Experto estadístico (datos 2024)

3. Transcripción condensada de respuestas

Pregunta	ENT-01 (S. Acuña N.)	ENT-02 (May. Medina B.)
1	“El parte de despacho se crea en Combust-Soft 4.2 al finalizar cada surtida; el caudalímetro se calibra trimestralmente bajo la norma API 2550.”	“Recibimos el CSV exportado y lo depuramos en DECOA-Stat; verificamos”

2	“Los tanques miden temperatura; si supera 30 °C aplicamos factor de corrección densidad-volumen.”	“Al cierre de mes usamos el promedio densidad-del día para uniformar la serie temporal.”
3	“Un error típico es el ‘retorno a tanque’; lo controlamos con check-list diario. Margen aceptable $\pm 1\%$.”	“Para el informe ambiental anual consolidamos el trienio 22-24 y reportamos a MinAmbiente vía módulo SINGEI.”
4	“SAF-30 se probó en abril-24: 2 000 galones en UH-60; no hubo alarmas en turbina.”	“El cuello de botella es logística: no existe línea de abastecimiento en Caquetá; estimamos sobrecosto +43%.”
5	“Los reportes de CO ₂ sirven para justificar presupuesto de renovación; sin números, no hay argumento.”	“La Dirección de Planeación pidió metas de reducción del 5%: este estudio será insumo para ese indicador.”

4. Protocolo ético y de confidencialidad

- Se entregó carta de consentimiento informado explicando finalidad académica, duración de la entrevista y derecho a retirar la participación sin consecuencias.
- Las grabaciones se almacenan en disco cifrado; solo el investigador y su tutor temático, responsables que tiene la clave.

- Los nombres reales aparecen con autorización escrita. En publicaciones externas a la ESDEGUE se empleará codificación alfa-numérica (ENT-01).
- Se garantizó que ningún dato operativo sensible (coordenadas de bases, nodos logísticos) fuera divulgado; el contenido se limita a prácticas de cuantificación de combustible.

5. Criterios de validez y confiabilidad aplicados

1. **Triangulación de fuentes:** registros contables + entrevistas + facturas de proveedor de Jet A-1.
2. **Auditoría metodológica externa:** revisión por la Jefatura de Logística (julio 2025).
3. **Sesiones de devolución:** síntesis de resultados remitida a los entrevistados para confirmación (junio 2025).
4. **Trazabilidad documental:** cada dato del Anexo C tabla de consumo enlaza a su factura y a la línea de código Combust-Soft (ver repositorio interno).

6. Observaciones finales

El contraste entre la precisión operativa ($\pm 1\%$ en medición) y la presión presupuestal para migrar a SAF subraya la tensión entre misión y sostenibilidad. No obstante, la claridad de los procedimientos descritos por ENT-01 y ENT-02 confirma que la cifra de **3 733 257 gal/año** –y su equivalente **35 732 t CO₂/año**– es confiable. Desde la óptica estoica, el control de la variable interna (registro veraz) es la condición necesaria para influir, en el tiempo, sobre la variable externa (reducción efectiva de emisiones).

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia

Anexo C. C-1.1. Consentimiento Informado para Entrevistas

Huella Ambiental de la Aviación Militar Colombiana

División de Aviación Asalto Aéreo (DAVAA) – Ejército Nacional

Responsable: Mayor Leonardo Enrique Orduz Moreno, candidato a Magíster en Seguridad y Defensa Nacionales, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”.

Título del estudio: Huella Ambiental de la Aviación Militar Colombiana: Un análisis de los impactos ecológicos y geopolíticos.

Objetivo específico de la entrevista: Obtener información operativa y procedimental que permita cuantificar el consumo de combustible de la flota militar y caracterizar las prácticas ambientales vigentes en la DAVAA.

Duración estimada: 30-45 minutos.

Modalidad: Entrevista semiestructurada (presencial o virtual).

Grabación: Audio digital; la grabación será cifrada y de acceso exclusivo al investigador.

Derechos del participante

- Su participación es totalmente **voluntaria**; puede retirarse en cualquier momento sin repercusiones de carácter disciplinario ni laboral.

- Sus datos personales serán tratados de acuerdo con la Ley 1581 de 2012 (Protección de Datos Personales) y la Directiva Permanente 005-2017 del Ministerio de Defensa sobre tratamiento de información reservada.
- El testimonio será **anonimizado** en las publicaciones externas; en informes internos se usará codificación alfa-numérica (p.ej., ENT-01), salvo autorización expresa para mencionar el cargo.
- Puede solicitar copia del informe final de la investigación cuando sea remitido al repositorio institucional de la Escuela Superior de Guerra.

Beneficios y riesgos

El estudio no ofrece incentivos económicos. Contribuye a diseñar estrategias de reducción de emisiones que favorezcan la sostenibilidad operativa de la aviación militar. No se prevén riesgos físicos ni psicológicos; el único riesgo potencial es la divulgación no autorizada de datos, mitigado mediante las salvaguardas descritas.

Uso de la información

Los datos se emplearán **exclusivamente** para fines académicos y de formulación de recomendaciones internas de mejora ambiental. No se compartirán con terceras partes ajenas a la investigación sin su consentimiento expreso.

Aceptación

He leído y comprendido la información anterior; aclaro todas mis dudas y acepto participar bajo las condiciones descritas.

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia

Sí __ No __

Firma del participante

Fecha

Nombre completo

N.º cédula / C.C.

Firma del investigador

Fecha