

Colección Ciencias Militares

# Miradas de innovación, sostenibilidad y desarrollo en torno a la gestión ambiental en el Ejército Nacional de Colombia



**Anderson Castro Carreño**  
**Ingrid Arango Calderón**  
**Editores**



Miles Doctus

**Miradas de innovación,  
sostenibilidad y desarrollo  
en torno a la gestión ambiental  
en el Ejército Nacional de Colombia**



ESCUELA MILITAR DE CADETES

“General José María Córdova”

**Colección Ciencias Militares (CCM)**

Esta colección articula los trabajos de investigación que abordan los saberes relacionados con educación y doctrina de índole castrense. Este cuerpo de conocimientos es fundamental para las Fuerzas Militares, dado el valor que representan las actividades pedagógicas y los parámetros implicados en el currículo para la instrucción práctica, el aprendizaje académico-profesional y la formación militar integral.

# **Miradas de innovación, sostenibilidad y desarrollo en torno a la gestión ambiental en el Ejército Nacional de Colombia**

Anderson Castro Carreño

Ingrid Arango Calderón

Editores



Bogotá, D. C., 2020

Catalogación en la publicación - Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova"

Miradas de innovación, sostenibilidad y desarrollo en torno a la gestión ambiental en el Ejército Nacional de Colombia / Editores Anderson Castro Carreño e Ingrid Arango Calderón. -- Bogotá: Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova", 2020.

188 páginas : mapas y cuadros ; 24 cm  
Incluye bibliografía al final de cada capítulo

ISBN: 978-958-53183-3-5  
E-ISBN: 978-958-53183-4-2

(Colección Ciencias Militares. Miles Doctus)

1.Gestión ambiental -- Enseñanza -- Colombia, 2.Residuos de Papel -- Reciclaje -- Colombia , 3.Educación militar -- Aspectos sociales -- Colombia i.Castro Carreño, Anderson, Capitán (editor-autor) ii.Arango Calderón, Ingrid Yuliana, Capitán (editor-autor) iii.Gutiérrez Ulloa, Carlos Emilio (autor) iv.Gómez Vargas, Oscar, Mayor (autor) v.Muñoz Montilla, Alba Nubia (autor) vi.Ja Cruz, Sergio Andrés, Capitán (autor) vii.Contreras Gutierrez Diana Carolina (autor) viii.Rozo Ávila, Diana Astrid (autor) ix.Fajardo Martínez, Ximena (autor) x.Fernández Lizarazo, John Cristhian (autor) xi.Cabrera Cabrera, Leidy Johana (autor) xii.Peña Venegas, Ricardo Alexander (autor) xiii.Van Hoof, Bart (autor) xiv.Parra Escobar, Manuela Alejandra (autor) xv.Rojas Prieto, Natalia (autor) xvi.Acuña Monsalve, Yuditanduly (autor) xvii.Ramírez-Duque, Andrés (autor) xviii.León Torres, John Alexander, Teniente Coronel (autor) xix.Rodríguez Lemus, Sammy Hernesto, Mayor (autor) xx.Colombia. Ejército Nacional.

GE320.C7 P57 2021  
333.7209861 -- 23

Registro Catálogo SIBFA 116089



Archivo descargable en formato MARC en: <https://tinyurl.com/esmic116089>

Título: Miradas de innovación, sostenibilidad y desarrollo en torno a la gestión ambiental en el Ejército Nacional de Colombia

Primera edición, 2020

Anderson Castro Carreño  
Ingrid Arango Calderón

Cubierta: Fotografía del Ejército Nacional de Colombia

2020 Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova"  
Departamento de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación  
Calle 80 N.º 38-00. Bogotá, D. C., Colombia  
Teléfono: +57 (1) 3770850 ext. 1104  
Correo electrónico: [selloeditorial@esmic.edu.co](mailto:selloeditorial@esmic.edu.co)

Libro electrónico publicado a través de la plataforma Open Monograph Press.  
Tiraje de 100 ejemplares  
Impreso en Colombia - *Printed in Colombia*  
Impreso por Multi Impresos S. A. S.

ISBN impreso 978-958-53183-3-5  
ISBN digital 978-958-53183-4-2

<https://doi.org/10.21830/9789585318342>

El contenido de este libro corresponde exclusivamente al pensamiento de los autores y es de su absoluta responsabilidad. Las posturas y aseveraciones aquí presentadas son resultado de un ejercicio académico e investigativo que no representa la posición oficial ni institucional de la Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova".



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



ESCUELA MILITAR DE CADETES  
"General José María Córdova"

DIRECTIVOS

DIRECTOR ESCUELA MILITAR DE CADETES  
Brigadier General **Arnulfo Traslaviña Sáchica**

SUBDIRECTOR ESCUELA MILITAR DE CADETES  
Coronel **Jorge Alberto Galindo Cárdenas**

VICERRECTOR ACADÉMICO ESCUELA MILITAR DE CADETES  
Coronel **Wilson Miguel Zarabanda Fuentes**



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN,  
DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE I + D + I  
Teniente Coronel Carlos Andrés Díaz Irreño

COORDINADOR DEL SELLO EDITORIAL ESMIC  
William Castaño Marulanda

ASESORA DE TRADUCCIÓN  
Gypsy Bonny Español Vega

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN  
Rubén Alberto Urriago Gutiérrez

# Contenido

Prefacio / 9

Presentación / 11

*Anderson Castro Carreño*

## **PRIMERA PARTE**

Educar e investigar en torno a la gestión ambiental

### **Capítulo 1**

La investigación, el desarrollo y la innovación como herramientas para la gestión ambiental en Colombia / 17

*Carlos Emilio Gutiérrez Ulloa y Oscar Gómez Vargas*

### **Capítulo 2**

Educación y gestión ambiental: alianza indispensable / 37

*Alba Nubia Muñoz Montilla, Anderson Castro Carreño y Sergio Andrés Cruz*

### **Capítulo 3**

Educación ambiental para el cumplimiento de los objetivos del Ejército Nacional / 53

*Diana Carolina Contreras Gutierrez y Ingrid Yuliana Arango Camacho*

### **Capítulo 4**

Una mirada académica y pedagógica a la gestión ambiental adelantada por el Ejército Nacional de Colombia / 69

*Alba Nubia Muñoz Montilla, Diana Astrid Rozo Ávila y Ximena Fajardo Martínez*

## **SEGUNDA PARTE**

La investigación, pilar de sostenibilidad y desarrollo ambiental

### **Capítulo 5**

Seguridad y Soberanía alimentaria en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el papel de las fuerzas militares / 89

*John Cristhian Fernández Lizarazo, Leidy Johana Cabrera Cabrera y Ricardo Alexander Peña Venegas*

**Capítulo 6**

Gestión ambiental en el Ejército Nacional de Colombia: oportunidades y perspectivas desde la economía circular / 119

*Bart Van Hoof y Manuela Alejandra Parra Escobar*

**Capítulo 7**

Tendencias y alternativas para la gestión de residuos sólidos orgánicos en unidades militares del Ejército Nacional de Colombia / 149

*Natalia Rojas Prieto, Yudtanduly Acuña Monsalve y Andrés Ramírez-Duque*

**Capítulo 8**

Rasgos del fenómeno del cambio climático en la realidad colombiana / 177

*Anderson Castro Carreño, John Cristhian Fernández Lizarazo, John Alexander León Torres y Sammy Hernesto Rodríguez Lemus*

## *Prefacio*

La sostenibilidad ambiental resulta fundamental para la sociedad, por ello, diferentes sectores están interesados en implementar estrategias que les permitan impactar de manera positiva su entorno. Es por esta razón que la Aviación del Ejército fomenta una cultura de conciencia ecológica entre el personal militar y civil, la cual está coordinada con sus políticas de gestión ambiental.

Este libro busca evidenciar cómo la Aviación del Ejército se afianza como una institución encaminada a ser amigable con el planeta, esto, actuando como agente activo del desarrollo sostenible, promoviendo el respeto por el medioambiente con todos sus componentes (fauna, flora, tierra, agua y aire), para la conservación, protección y bienestar de los ecosistemas en todo el país. Esta obra constituye un espacio para analizar la actualidad de los fenómenos ambientales, los protocolos basados en las normativas existentes en el manejo de residuos, las investigaciones y las nuevas alternativas sostenibles, con el fin de evidenciar posibles oportunidades y estrategias de mejora para contribuir a una cultura de responsabilidad y sostenibilidad ambiental en todo el Ejército Nacional.

La obra es el resultado del trabajo conjunto y de la colaboración académica entre dos instituciones universitarias del Ejército Nacional de Colombia: por una parte, la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova” (ESMIC) y su grupo de investigación en Ciencias Militares, categorizado en B por Minciencias y registrado bajo el código COL0082556; por otra parte, el Centro de Educación Militar (CEMIL) y su grupo de investigación en aviación militar de la Escuela de Aviación del Ejército (ESAVE), categorizado en C por Minciencias y registrado bajo el código COL0077618, y el grupo de investigación para la capacitación militar (GICAM) de la Escuela de Armas Combinadas (ESACE), categorizado en C por Minciencias y registrado bajo el código COL0160714.

El libro y sus capítulos fueron validados a través de un procedimiento de evaluación de pares externos tipo doble ciego. Para su desarrollo contó con la contribución multidisciplinaria de diversos académicos civiles y militares, así como de los integrantes de los semilleros de investigación de las instituciones participantes.

*Teniente Coronel Carlos Andrés Díaz Irreño*

Decano de la Facultad de Ciencias Militares

Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”

# *Presentación*

**Anderson Castro Carreño<sup>1</sup>**

*Escuela de Aviación del Ejército*

El desarrollo de las actividades del hombre a lo largo de la historia ha dependido del uso de recursos naturales y de las condiciones climatológicas, lo que le ha permitido obtener productos que suplen sus necesidades primarias y mejoran su calidad de vida. Con los avances derivados del desarrollo industrial, se ha generado un daño colateral que ha causado una afectación alta al medioambiente a gran escala. En las últimas décadas, siendo conscientes de la necesidad de proteger los recursos naturales y cuidar el medioambiente, ha cobrado especial interés el estudio del impacto ambiental y el análisis de alternativas que permitan reducir la afectación generada por procesos industriales, empresariales y domésticos.

Por lo anterior, en el Ejército Nacional existe un sólido compromiso para dar cumplimiento a lo contemplado a nivel jurisprudencial y normativo, como se evidencia en el Plan Estratégico Militar de las Fuerzas Militares para el año 2030 que, en su objetivo No. 5, proyecta contribuir al desarrollo sostenible del país mediante el empleo de las capacidades militares y, en su objetivo No. 53, se propone contribuir a la protección y preservación del medioambiente (CGFM, 2019).

De acuerdo con estos lineamientos, se han adelantado importantes acciones con respecto a la gestión ambiental. Un ejemplo de esto es la divulgación y socialización de directivas permanentes y transitorias, boletines ambientales y el diseño y estructuración del “Manual de Medioambiente”, todo ello, con el fin de llevar a

---

<sup>1</sup> Magíster en Ciencias-Químicas (Universidad Nacional de Colombia). Especialista en Educación y Gestión Ambiental (Universidad Nacional de Colombia). Licenciado en Química (Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Docente e investigador del Grupo de Investigación en Aviación Militar de la Escuela de Aviación del Ejército. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0087-8932>. - Contacto: [andersoncastrocarreno@cedoc.edu.co](mailto:andersoncastrocarreno@cedoc.edu.co)

las unidades militares los lineamientos y directrices en materia ambiental, especialmente para aquellos encargados de dirigir las actividades de educación y gestión ambientales (López & Rincón, 2015).

Si bien existen importantes iniciativas institucionales en materia de cuidado y protección ambiental, estudios realizados reportan que a nivel de unidades militares la población en general es ajena a problemáticas como el manejo de residuos y la contaminación ambiental, desconociendo el impacto negativo en el medioambiente y en la salud pública. Esta situación evidencia una falta de cultura ambiental en el personal, a pesar de las campañas de sensibilización y educación ambiental adelantadas por el Ejército Nacional.

Esa brecha entre la contundencia esperada de las acciones realizadas por el Ejército Nacional y las afectaciones al medioambiente derivadas del ejercicio de las actividades de las unidades militares y operaciones adelantadas a lo largo y ancho del territorio nacional, se evidencia en demandas ambientales instauradas contra el Ejército Nacional, en razón a que se han presentado graves impactos que han afectado negativamente la biodiversidad del país, lo que ha generado que mecanismos de comando y control instauren demandas con sanciones económicas. Así mismo, incorrectos manejos ambientales ecosistémicos han generado conflictos con las comunidades aledañas a la jurisdicción, incluyendo poblaciones indígenas, y raizales.

Ahora bien, son múltiples las iniciativas que pueden implementarse para contribuir a la gestión ambiental interna del Ejército Nacional, una de estas manifestaciones es la elaboración de esta obra, en donde se logra integrar el conocimiento de expertos en el tema ambiental, que han desarrollado importantes avances desde el ámbito académico e investigativo, con la que se busca brindar una mirada más amplia a diversos aspectos académicos y científicos que convergen en el entendimiento de la importancia de la investigación, para fortalecer y aportar a los objetivos de desarrollo sostenible y a la buena gestión ambiental en el Ejército Nacional.

### **Cultura ambiental**

La ‘Cultura ambiental’ ha sido definida como la manera en que los seres humanos se relacionan con el medioambiente, la cual puede generar un impacto positivo o negativo, de acuerdo con la manera en la que esta relación se realice (Miranda, 2013). Así las cosas, para alcanzar un nivel cultural en torno a la temática ambiental, se deben tener claros conocimientos frente al cuidado y protección del espacio en el cual se desarrolla la vida de los seres vivos en la Tierra. En el ejercicio

de la cultura ambiental intervienen factores como valores, creencias, actitudes y comportamientos ambientales, los cuales, siendo gestionados de manera adecuada, permiten que la interacción hombre-naturaleza sea armónica y, por consiguiente, se oriente a un desarrollo sostenible (Miranda, 2013).

En este sentido, el presente libro se divide en dos partes: la primera presenta un contexto académico sobre la importancia de investigar y promover espacios de construcción de pensamiento que aporten al mejoramiento de las condiciones ambientales y mitiguen los impactos producto de acciones antropogénicas irreversibles. Todo ello, con base en información del sistema de investigación del Ejército y los entes encargados que trabajan en las temáticas ambientales, en donde se evidencian importantes avances en el desarrollo de una cultura ambiental que han promovido la valoración del medioambiente frente a la necesidad individual o social. La segunda parte expone importantes hallazgos investigativos enmarcados en la trayectoria de los autores, allí se muestran resultados que aportan al conocimiento del impacto ambiental y contribuyen a la formulación de estrategias encaminadas a adelantar acciones que permitan predecir posibles riesgos, con el fin de minimizar los efectos nocivos del cambio climático.

El contenido expuesto en este libro permitirá a los lectores conocer temas relacionados con la educación ambiental, las acciones y resultados de algunos avances en el ámbito de lo ambiental, y la práctica de la gestión ambiental.

Esta página queda intencionalmente en blanco

## **PRIMERA PARTE**

---

Educar e investigar en torno  
a la gestión ambiental

Esta página queda intencionalmente en blanco

# La investigación, el desarrollo y la innovación como herramientas para la gestión ambiental en Colombia<sup>1</sup>

1

<https://doi.org/10.21830/9789585318342.01>

*Carlos Emilio Gutiérrez Ulloa*<sup>2</sup>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR

*Oscar Gómez Vargas*<sup>3</sup>

Escuela de Aviación del Ejército

## Resumen

Son varios los instrumentos de planificación dentro del ámbito ambiental que involucran la investigación y la innovación como herramientas para el desarrollo del territorio, sin embargo, no todas las instituciones y los sectores productivos han adoptado estos lineamientos a cabalidad, muchos de ellos, quizás, por el desconocimiento de dichas políticas, y otros porque no cuentan con un sistema de gestión de la investigación o la innovación que permita articular las actividades misionales con este nuevo enfoque. En este sentido, es importante definir una línea que permita identificar las estrategias implementadas en el campo de la gestión ambiental, de tal forma que sea posible, a partir de experiencias desarrolladas en el territorio, fortalecer las acciones puntuales lideradas por los diferentes actores y cerrar la brecha existente entre el Estado, la empresa privada, la academia y la comunidad, a través de un proceso de cooperación que tenga como base la ciencia y la tecnología. Con el transcurrir del tiempo, diferentes estudios relacionados con alternativas para mitigar problemáticas ambientales permiten deducir que la

---

1 Este capítulo hace parte de los resultados del proyecto de investigación “Reciclaje químico de residuos de lubricantes generados en la División de Aviación Asalto Aéreo”, del Grupo de Investigación en Aviación Militar de la Escuela de Aviación del Ejército, registrado con el código COL0077618 y categorizado en C por Minciencias, así como de la valiosa contribución de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) en los procesos de asesoría y transformación en aspectos ambientales al Ejército Nacional. Los puntos de vista y los resultados de este capítulo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

2 PhD en Química (Universidad de Alcalá, España). Magíster en Química Inorgánica Molecular y Químico (Universidad Nacional de Colombia). Líder de los grupos de investigación de la CAR. Exbecario Fundación Carolina. Ha realizado estancias postdoctorales en Estados Unidos y Rusia. Es investigador junior reconocido por Minciencias. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4012-1547> - Contacto: [cgutierrezu@car.gov.co](mailto:cgutierrezu@car.gov.co)

3 Mayor del Ejército Nacional de Colombia. Profesional en Ciencias Militares (Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”). Se encuentra cursando la Maestría en Gerencia de Proyectos (Universidad Militar Nueva Granada). Es piloto de helicópteros MI-17 de la Aviación del Ejército. Actualmente se desempeña como instructor y Oficial de ciencia y tecnología en la Escuela de Aviación del Ejército. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5371-9444> - Contacto: [oscar.gomezva@buzonejercito.mil.co](mailto:oscar.gomezva@buzonejercito.mil.co)

investigación, el desarrollo y la innovación organizacional o científica, son algunas de las herramientas más completas para abordar problemas socioambientales.

**Palabras clave:** desarrollo; gestión ambiental; innovación científica; innovación organizacional; investigación.

## Introducción

A través de los años, los actores territoriales han tratado de buscar alternativas que permitan minimizar los impactos ambientales generados por actividades antropogénicas, las cuales han deteriorado el medio natural, generando impactos directos sobre los diferentes ecosistemas presentes en el planeta Tierra. Muchas de estas alternativas se formulan y desarrollan dentro de contextos conocidos como ‘sistemas de gestión ambiental’, los cuales se definen, en términos generales, como procesos cíclicos en los que se involucran fases como la planeación, revisión y mejoramiento de los procedimientos internos de una organización, de tal manera que sea posible llevar a cabo sus actividades garantizando el cumplimiento de las diferentes políticas, metas y objetivos ambientales, manteniendo siempre como lineamiento general, para el caso de nuestro país, la norma técnica colombiana ISO 14001: 2015.

Es importante mencionar que, aunque actualmente la situación sigue siendo un poco compleja, la gestión ambiental junto con sus diferentes alternativas de acción ha aumentado durante las últimas décadas, por lo menos en Latinoamérica y el Caribe, especialmente después de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medioambiente, celebrada en 1992 en Río de Janeiro (Gabaldón, 2004). De esta manera, es posible evidenciar hoy en día, en la mayoría de las organizaciones, procesos o lineamientos internos tendientes a alinear las actividades productivas con el cuidado y la protección del medio en que se desarrollan.

Para la mayoría de las entidades públicas o privadas, dentro de ellas la academia, se ha convertido en un reto lograr que todas las propuestas generadas a través de estudios y análisis del territorio, permitan establecer un perfecto equilibrio entre lo ambiental, lo económico y lo social, entendiendo que dicho equilibrio es la base fundamental de la sostenibilidad y sustentabilidad del territorio y sus habitantes. En países como el nuestro existen una serie de instituciones que día a día demandan esfuerzos, a nivel nacional, regional o municipal, para establecer o adoptar instrumentos de planificación —algunos de ellos formulados por entes internacionales como las Naciones Unidas, para lograr el desarrollo a través de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)—, o para implementar acciones encaminadas al cumpli-

miento de dichos instrumentos. De esta manera, se garantiza la organización del territorio de tal forma que la gestión ambiental toma dos posiciones perfectamente definidas: por un lado, las instituciones que realizan acciones de seguimiento, evaluación y control; y, por otro, aquellas que trabajan directamente en el territorio formulando e implementando acciones estratégicas, algunas de ellas de la mano de la comunidad, con el fin de cumplir con las disposiciones emitidas en términos de regulación y normatividad.

Si se realiza un análisis que permita elucidar un panorama sobre las diferentes estrategias o acciones con enfoque ambiental presentadas por diferentes entidades a lo largo del territorio nacional, se puede encontrar un amplio abanico de posibilidades iniciando por estrategias de protección como las desarrolladas por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Vergara-Buitrago, 2020), estrategias de educación (Osuna, 2020), estrategias de desarrollo sostenible (Gómez-Rey et al., 2020), estrategias de conservación (Santamaría, 2019) entre otras. Todas estas estrategias han servido como modelo para que de forma autónoma las instituciones interesadas formulen sus sistemas de gestión ambiental, sin embargo, la manera como se concretan o implementan dichas estrategias puede variar, haciendo incluso que el producto obtenido sea diferente en cada caso, en otras palabras, existen diversas maneras de desarrollar la estrategias, lo que determina la naturaleza del producto definido previamente.

En nuestro país, de forma general, ha existido a través del tiempo una tendencia por querer demostrar resultados como producto de las diferentes acciones en un tiempo récord, de tal manera que la competencia por liderar la implementación de alternativas representativas que permitan mitigar fenómenos ambientales propios de cada territorio es, en muchos casos, el objetivo central, a tal punto que se olvida la misionalidad y la línea estratégica de cada entidad. Sin embargo, en esta carrera por desarrollar acciones estratégicas, la correcta planificación de los proyectos queda relegada a un segundo orden, en consecuencia, la posibilidad de minimizar los riesgos asociados a los mismos se ve afectada.

Sumado a lo anterior, se evidencia, cada vez con mayor preocupación, la necesidad de encontrar mecanismos que permitan fortalecer el trabajo interinstitucional, de tal manera que la gestión del conocimiento se convierta en un pilar fundamental al momento de transferir y empoderar a una comunidad en específico, partiendo de la base de que el conocimiento no es de quien lo genera, sino de quien lo necesita. En otras palabras, aun en esta década se observa una tendencia a individualizar los procesos de gestión ambiental, subvalorando el trabajo cooperativo o colaborativo como instrumento para alcanzar el éxito, por ello es común

encontrar en la literatura muchos artículos que se enfocan en estudiar alternativas para cerrar esas brechas, las cuales, día a día, obstaculizan los procesos tendientes al desarrollo del territorio.

## Marco teórico

En la literatura se encuentran proyectos o acciones inconclusas, con resultados inesperados que no sirven para abordar o suplir necesidades puntuales; de hecho, en muchos casos, se hace evidente un uso excesivo de recursos, esto, después de realizar un análisis costo-beneficio. Es por ello por lo que, aunque existen diversas herramientas para planificar la gestión ambiental, resulta imprescindible seleccionar aquellas que generen confianza, predeterminen resultados replicables en el territorio y, ante todo, se estructuren sobre escenarios reales, de tal forma que incluyan el análisis de variables representativas. En este contexto, acudir al uso de metodologías como las que se consiguen a través de la *investigación*, el *desarrollo* y la *innovación* (I+D+i), teniendo como base estratégica el método científico, es de vital importancia para la formulación de mecanismos que permitan analizar las necesidades reales del entorno. De esta forma, aunque la experimentación se ha venido utilizando como herramienta esencial para predecir el resultado de la aplicación de dichos métodos, la metodología científica no se limita solo a ello, sino que permite conocer y analizar las problemáticas que se presentan e identificar, a través de un estudio profundo, su posible solución con base en evidencias propias y particulares.

### La investigación ambiental

El primer componente de I+D+i es uno de los más conocidos y utilizados tanto en el campo ambiental como en la mayoría de los ámbitos donde se requiere analizar y dar solución a una problemática. No sería posible realizar un estudio en torno a la investigación ambiental, sus aportes, beneficios y resultados, si no se comienza por conocer la manera en que los términos *investigación* y *ambiente* se conjugan en una misma línea, teniendo como fundamento el conocimiento científico. La ciencia ha permitido definir lineamientos adecuados de gestión en muchos campos, entre ellos el ambiental, de tal manera que la estructuración de protocolos y metodologías de análisis se ha robustecido y ha sido posible identificar variables que a simple vista no hubiese sido posible abordar. En este contexto, investigar sobre las necesidades de un territorio y las alternativas que permitan la sostenibilidad de sus recursos naturales, resulta imprescindible para garantizar la intervención adecuada en el mismo.

De esta manera, la investigación ambiental puede definirse como aquella investigación básica o aplicada que integra, bajo una misma mirada, los componentes propios de las ciencias ambientales y sociales, de tal manera que intenta estudiar y resolver las diferentes problemáticas del entorno manteniendo como pilar la relación directa con la sociedad, vinculando las acciones propias del territorio como, por ejemplo, el hábitat de los diferentes ecosistemas. Cuando se aborda un escenario donde ocurren fenómenos determinados, siempre se hace con el ánimo de proponer como resultado estrategias o metodologías que permitan aportar a la sostenibilidad, conservación y protección de los recursos naturales, llegando incluso, en algunos momentos, a no tener un objetivo fijo sino uno variable, con enfoque sostenible, que va tomando forma a medida que transcurre el proceso de investigación. En otras palabras, la investigación ambiental no se enfoca en el componente meramente ecológico, sino que va más allá, llegando a indagar en las interacciones que se llevan a cabo al interior de este gran ecosistema llamado *territorio* (Lassoie & Sherman, 2010).

En muchas ocasiones se ha desfigurado el verdadero sentido de lo que es investigar realmente, entendiéndose por ello la acción puntual de buscar posibles soluciones que permitan mitigar un fenómeno ambientalmente desfavorable (generalmente a través de bibliografía), dejando de lado aquellas alternativas que pueden funcionar a partir de casos exitosos en escenarios similares. Sin embargo, la investigación no funciona sobre el concepto de adaptabilidad; se debe tener presente que cada territorio es un mundo completamente diferente, que sus características son particulares, al igual que los ecosistemas que en él habitan, y que las capacidades técnicas y tecnológicas escogidas para el abordaje del entorno, en muchos casos, no son pertinentes para realizar la tarea propuesta. Es por ello por lo que no toda actividad misional de una entidad o institución puede ser considerada como investigación, para ello es necesario contar con una metodología de evaluación de escenarios que permita, a través de la observación, la identificación de problemáticas, el análisis de variables, estudios de factibilidad, análisis de disponibilidad de recursos naturales, medida de la capacidad técnica, entre otros aspectos que resultan necesarios para lograr establecer una línea de partida que permita identificar la necesidad real y las alternativas de abordaje. De forma general, dentro de los procesos estratégicos el hecho de realizar un análisis de alternativas o una vigilancia tecnológica del sector no garantiza el éxito de un proceso, para ello se requiere conocer el territorio, la dinámica de este y, sobre todo, la relación sociedad-ambiente y sociedad-economía (Fuentes et al., 2019).

A partir de lo anterior, el conocimiento que surge derivado de las actividades relacionadas con los procesos internos de las diferentes entidades o institutos, utilizando una metodología definida dentro de los lineamientos que describe la ciencia, se convierte en una pieza fundamental, y línea de partida, al momento de evaluar los fenómenos ambientales desde la investigación. En este sentido, las bases de datos que se logran construir producto de actividades de monitoreo, seguimiento y control, tienen por sí mismas un enorme valor en el momento de intentar identificar las necesidades del territorio; en este sentido, de forma indirecta, se convierten en fuentes generadoras de conocimiento, si se hace el análisis correcto de las mismas.

Por esta razón, dentro de las políticas que estructuró en su momento Colciencias (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación), ahora Minciencias (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación), se encuentra la denominada ‘Política de Ciencia Abierta’ (Colciencias, 2018). Esta política tiene como objetivo potenciar la generación y uso de conocimiento, con miras a su apropiación por parte de los distintos sectores y grupos sociales en Colombia. Dentro de este contexto, la propuesta tiene como objetivo que nuestro país se caracterice por permitir el acceso directo a los resultados de diferentes investigaciones y el trabajo colaborativo dentro de un mismo proyecto, a partir de resultados previamente obtenidos por otra entidad, con el fin de evitar la duplicidad y, sobre todo, de promover la divulgación y socialización del conocimiento sin canales o vías jurídicas que lo limiten. Sin duda alguna, este sistema se convierte en un punto de partida de vital importancia para catapultar la investigación como herramienta de cooperación y desarrollo del territorio, permitiendo así cerrar las brechas existentes entre los diferentes actores que lideran las distintas líneas de investigación dentro del componente ambiental, para el caso que nos atañe. En este sentido, la sociedad debe estar consciente de que el conocimiento no adquiere ningún valor si no llega a quien verdaderamente lo necesita, y que para ello debemos estar a la vanguardia con respecto a las dinámicas que los sistemas nos presentan.

Partiendo del hecho de que la buena investigación nace de la necesidad, es fundamental encontrar las vías y los aliados correctos con injerencia directa y conocimiento del territorio, de tal forma que se aúnen esfuerzos con miras a proponer y desarrollar nuevas acciones, o modificar algunas que ya han sido experimentadas previamente pero que, al no haber sido exitosas, no se encuentren documentadas en ninguna base de datos. Desde esta perspectiva, surge la necesidad de identificar dichas experiencias y poder estructurar una línea base con mayor fuerza y contundencia, de tal manera que se propicie una confianza generalizada dentro de los actores participantes. Es en este momento, donde los procesos de vigilancia tecno-

lógica e inteligencia competitiva (VTIC) se convierten en una herramienta muy importante, que permite indagar e identificar el entorno real a partir de la captura, transformación y análisis de la información externa e interna, de tal manera que se aporte al proceso de planificación y se contribuya en el proceso de toma de decisiones minimizando los riesgos. Así, puntualmente dentro del ámbito ambiental, los observatorios y los espacios de participación ciudadana se convierten en alternativas fiables para analizar y priorizar problemáticas reales con afectación directa en el territorio. Dentro de este contexto, estructurar una adecuada hoja de ruta como resultado del proceso de vigilancia tecnológica, constituye el mecanismo ideal para fomentar la cultura de la investigación, haciendo sentir a cada miembro de este gran ecosistema como una parte fundamental del proceso y de la solución.

En nuestro país, específicamente, existen diferentes planes y estrategias que tienen como finalidad guiar la investigación ambiental a distintas escalas. Estos planes son construidos con el apoyo de los líderes de distintos sectores que, a partir de su conocimiento, exponen las necesidades del territorio. A nivel nacional, estos lineamientos están dados en el Plan Estratégico Nacional de Investigación Ambiental (Penia), formulado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; y a nivel local, se encuentran en documentos públicos como, por ejemplo, en el Plan de Investigación Ambiental para Bogotá (PIAB), formulado por la Secretaría Distrital de Ambiente. Sin embargo, es sorprendente observar cómo muchas de las entidades del orden nacional, regional y local desconocen dichos planes, razón por la cual, el trabajo colaborativo pasa a un segundo plano, y se desdibuja la posibilidad de aportar de manera conjunta aunando esfuerzos técnicos y administrativos a favor del mismo objetivo. Aun así, día a día son más los centros de investigación reconocidos por el máximo rector en el campo de la ciencia, la tecnología y la innovación, muchos de ellos incluso se encuentran adscritos a entidades reconocidas dentro del ámbito netamente ambiental, que comienzan a visibilizar en la investigación medioambiental una alternativa precisa para la consecución de resultados, como es el caso de la Dirección de Laboratorio e Innovación Ambiental de la CAR Cundinamarca. Actualmente, es importante tener un contexto claro sobre las líneas de trabajo de los institutos de investigación del SINA, puesto que, aunque son específicos en la mayoría de los casos, sus aportes y descubrimientos se convierten en el punto de partida de proyectos regionales y nacionales.

Es en este sentido, y de forma general, se ha logrado identificar que si bien el seguimiento, la evaluación y el control ambiental son importantes para la vigilancia del territorio, tal como lo hacen las autoridades ambientales a lo largo y ancho del territorio nacional, no son suficientes para lograr una transformación del territorio

si no se complementan con propuestas de trabajo colaborativo, donde el Estado y la comunidad formulen estrategias basadas en la investigación, manteniendo siempre los principios sobre los cuales se fundamenta el manejo de los recursos naturales.

### **El desarrollo ambiental**

Existen diferentes estudios que han demostrado que la pérdida de los recursos naturales avanza a pasos agigantados, poniendo en peligro el desarrollo y la sostenibilidad del territorio (Zurruta et al., 2015). Cuando se analizan los proyectos o las acciones que pueden aportar al desarrollo del medioambiente, es válido comenzar a indagar por el término ‘desarrollo’ en sí mismo, puesto que es muy difícil encontrar en la literatura documentos que hagan referencia expresa a ello dentro de este enfoque. Este fenómeno ocurre porque no es posible concebir cómo *el ambiente se desarrolla*, lo que resulta cierto puesto que, de forma general, se suele abordar el *desarrollo* del medioambiente desde el perfeccionamiento de nuevas tecnologías, el progreso del territorio, la administración de los recursos y la sustentabilidad ambiental entre otros factores. Así, cuando se hace referencia a la investigación, desarrollo e innovación ambiental como herramienta, el término ‘desarrollo’ actúa como puente directo entre la investigación y la innovación. De tal modo que no es posible innovar, en términos de la ciencia, si desde la investigación por sí misma no se establecen estrategias de desarrollo que permitan concluir con una correcta gestión ambiental.

De igual forma, el desarrollo de nuevas tecnologías amigables con el medioambiente, que optimicen los recursos y propendan por el cuidado de la salud de las personas, hacen parte del desarrollo del territorio, justificando sus acciones desde el cumplimiento de los instrumentos de planificación de nuestro país, como es el caso de los programas de producción más limpia. Dentro de los diferentes instrumentos, es posible encontrar programas, políticas o planes que direccionan sus lineamientos hacia la necesidad de fortalecer e implementar acciones que permitan el desarrollo sostenible del territorio a través de experiencias de investigación, como es el caso de la ‘Política para la gestión sostenible del suelo’, la cual, en la ‘Línea 5. Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología’, tiene como quinto objetivo: promover la investigación, innovación y transferencia de tecnología para el conocimiento de los suelos, su preservación, restauración, uso y manejo sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016).

Tal y como sucede en este documento, la mayoría de los instrumentos abordan esta línea desde la necesidad de aportar desde el desarrollo tecnológico, el

desarrollo experimental o el desarrollo económico, como estrategias para generar un avance en los mecanismos de cuidado y protección ambiental. Es común escuchar que los desarrollos toman mayor protagonismo en nuestro territorio, de forma puntual para el caso del ambiente, en lo referente a la implementación de estrategias en torno a movilidad sostenible, eficiencia energética, tratamiento del agua, cuidado del aire o manejo de residuos peligrosos, solo por nombrar algunas de ellas. De esta manera, se garantiza que a través de la ciencia se puedan lograr avances con beneficios a corto, mediano o largo plazo utilizando, en la mayoría de los casos, tecnologías que permitan mitigar los impactos asociados a la mala gestión ambiental realizada por algunos sectores económicos. En este contexto, toman cada vez más fuerza los centros de desarrollo tecnológico (CDT), los cuales, según la definición de Colciencias en la guía para el reconocimiento de actores, se definen como “Organizaciones públicas o privadas, dedicadas al desarrollo de proyectos de investigación aplicada, el desarrollo de tecnología propia y actividades de transferencia que responden a necesidades y/o oportunidades de desarrollo social y económico del país, sus regiones y/o ciudades” (Colciencias, s. f., p. 5).

Estos CDT tienen como directriz general desarrollar productos que se encuentren en un rango de 3 a 8 dentro de la escala de madurez tecnológica establecida por esta misma entidad. Si bien en Colombia existen diferentes CDT, no es posible observar un centro cuyo énfasis sea netamente ambiental, puesto que aquellos que se encuentran reconocidos abordan el tema ambiental como un campo derivado de las actividades principales, y no se invierten todos los recursos humanos y científicos requeridos para tratar de buscar alternativas propias para el objetivo que nos compete. Así, el hecho de crear un centro exclusivo para desarrollar tecnología con enfoque ambiental sería un gran aporte para cumplir con la meta de avanzar en el desarrollo del territorio.

### **La innovación ambiental**

Dentro de la estructura de I+D+i, sin duda alguna, la innovación es la línea que mayor interés ha demostrado tener por parte de los diferentes actores que día a día trabajan a favor de la protección, conservación y cuidado ambiental. La innovación es la meta hacia la que se orientan muchas de las políticas públicas en ciencia y tecnología de muchos países del mundo, con el propósito de mejorar la posición competitiva de las entidades mediante la generación e incorporación de nuevas tecnologías y conocimientos. Sin embargo, no siempre se habla de tecnología; el hecho de que la innovación haga parte de la fórmula para realizar cambios dentro de una organización o un proceso organizacional también es valorado.

En Colombia, el término ‘innovación’ ha sido muy utilizado en todos los campos de acción, por lo cual, no es específico para abordar únicamente temáticas ambientales. En este sentido, es posible encontrar dentro del conjunto de leyes, decretos y normas que expide el Gobierno nacional, el concepto de ‘innovación’ como lineamiento estratégico. Solo por mencionar algunas de ellas, la Ley 1286 de 2009 en su Artículo 2° determina:

1. Fortalecer una cultura basada en la generación, la apropiación y la divulgación del conocimiento y la investigación científica, el desarrollo tecnológico, la innovación y el aprendizaje permanente [...] 3. Incorporar la ciencia, la tecnología y la innovación, como ejes transversales de la política económica y social del país (Colombia, 2009)

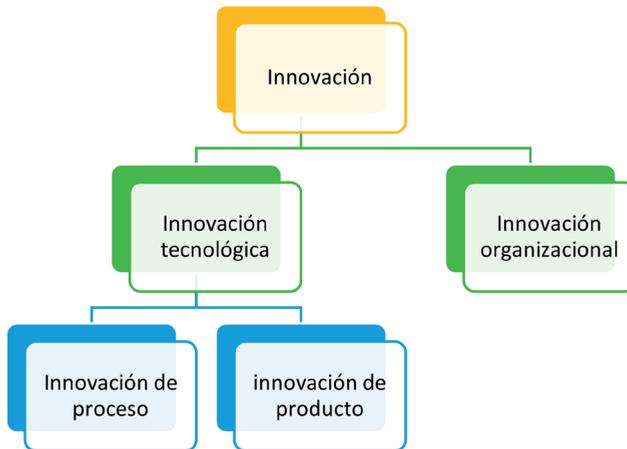
De igual forma, la Visión II Centenario, Colombia 2019 hace énfasis en: “Fundamentar el crecimiento y el desarrollo social en la ciencia, la tecnología y la innovación [...] Meta 8: Apoyar la competitividad del sector productivo mediante la innovación tecnológica” (DNP, 2006, s. p.). Finalmente, el Plan Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación 2007-2019 señala en su objetivo específico 2 la necesidad de “fomentar la innovación y el desarrollo productivo” (DNP, 2007, s. p.).

Se podría, entonces, escribir un capítulo completo mencionando y recopilando todos los escenarios sobre los cuales se direcciona el uso de la innovación como eje transversal, puesto que es muy tentador el hecho, por sí mismo, de innovar y ver esas ideas materializadas, brindando así la oportunidad a recibir el reconocimiento que la mayoría de los actores están buscando constantemente. Sin embargo, con el fin de unificar conceptos, la mayoría de países del mundo han decidido estructurar una serie de normas que tienen dentro de sus objetivos servir como guía para que empresas e instituciones identifiquen los mejores modos de gestionar la innovación, para así lograr resultados sistemáticos y continuos, de acuerdo con su entorno, sus capacidades y recursos. (Pérez & Coutín, 2005)

En las dos últimas décadas, la disminución de la calidad del ambiente ha llevado a los diferentes actores del territorio a proponer alternativas de mitigación innovadoras que sean consistentes con la necesidad real del entorno, pero el primer obstáculo al que se enfrentan es definir qué es exactamente la innovación ambiental. Aunque la definición puede llegar a ser subjetiva, desde el concepto experimental sobre el cual se aplica, existen también muchas definiciones en la literatura sobre lo que es *realmente* la innovación ambiental. Luego de hacer un análisis general, es posible definirla como un procedimiento, técnica, tecnología o producto que puede

ser nuevo o modificado, resultando útil para reducir o evitar impactos ambientales negativos dentro de la gestión ambiental. Sin embargo, la definición no podría finalizar como un concepto netamente teórico, por ello, no es posible hablar de innovación si dicho desarrollo no sirve para satisfacer una necesidad puntual o global para un ecosistema. En este sentido, la verdadera intención de la innovación no es crear por crear, o desarrollar por desarrollar, sino que cobra su verdadero sentido cuando se materializa y genera un beneficio que llega a cambiar o transformar las dinámicas del territorio.

Tal como se mencionó al inicio de esta sección, es importante profundizar un poco en los dos tipos de innovación ambiental que hasta el momento han sido identificados, con el fin de poder analizar, a través de las características del trabajo científico propio de la institución, con cuál de ellos se relaciona. Este hecho se justifica desde la condición de que la gestión ambiental que utiliza la innovación como herramienta requiere de un contexto claro que permita definir objetivos con un alcance adecuado. Así, se hace referencia a la innovación tecnológica y a la innovación organizacional, cuyas diferencias están determinadas según las directrices de la OCDE desde el año 1997. Si se analiza desde el enfoque conceptual, mientras que la innovación organizacional está representada por los sistemas de gestión, la innovación tecnológica se podría subdividir en innovación de producto e innovación de proceso (ver figura 1). Aunque existen otros tipos de clasificaciones, la categorización que se toma como base en este contexto es la que presenta las características más amplias, de tal manera que puede ser también utilizada en otro contexto distinto al ambiental.



**Figura 1.** Tipos de innovación  
Fuente: Rennings et al. (2006)

## La innovación tecnológica

Es común encontrar que la mayoría de los proyectos con énfasis ambiental le apuestan a este tipo de innovación dentro de su metodología de desarrollo y el enfoque de los productos. Así, la investigación comienza a tomar un rumbo donde objetivos puntuales, como, por ejemplo, la reconversión tecnológica, se convierten en una herramienta fundamental de gestión ambiental. Este tipo de innovación formula sus bases a partir de dos tipos de innovación que abordan los procesos o los productos.

Si bien es cierto que podría ser un poco complejo diferenciar entre estos dos tipos, se podría simplificar señalando que la *innovación de proceso* está enfocada, completamente, al desarrollo o adopción de mecanismos o alternativas que permitan minimizar los impactos ambientales negativos, a partir de las acciones cotidianas de los procesos internos de una institución relacionadas, por ejemplo, con el ahorro de energía, la prevención de la contaminación, el uso eficiente del agua o minimizar el gasto de papel, entre otras. Aunque se habla de innovación en los procesos, siempre se aborda desde el producto que se desea conseguir con la modificación o adopción de nuevas estrategias o tecnologías, sin embargo, se habla de *proceso* teniendo en cuenta que el cambio se aplica directamente sobre el proceso que genera el problema.

Otros autores van un poco más allá en el uso de este tipo de innovación, pues plantean que los sistemas de gestión ambiental de las entidades pueden ser enfocados desde dos líneas estratégicas: la *innovación en medidas aditivas*, y la *innovación en tecnologías limpias*, añadiendo que la selección de uno u otro tipo es relevante en términos de productividad, inversión necesaria, costes de adaptación y compatibilidad con los métodos de producción existentes (Triebswetter & Wackerbauer, 2008). Resulta importante observar cómo cualquier cambio que se desarrolle, adopte o valide dentro de estas categorías se considera como una innovación en el proceso, puesto que afecta directamente a la cadena de valor, de tal forma que sea minimizado el impacto negativo del proceso sobre el medioambiente.

En cuanto a la definición de innovación de producto existe un poco más de claridad, puesto que se analizan las características del producto que se ha generado a partir de un proceso de investigación, cuya utilidad es fundamental para optimizar los procesos internos de uno o más sectores productivos. En este sentido, es importante que ese producto nuevo o mejorado permita mitigar los efectos ambientales adversos, minimizando la generación de contaminantes derivados de su propio funcionamiento. Así, por ejemplo, una nueva tecnología diseñada para la fabricación de cerámica, además de minimizar costes y optimizar el proceso, entre otros

beneficios, debe ser amigable con el medioambiente, disminuyendo, por un lado, la generación de gases o material particulado y, por otro, reduciendo los vertimientos o residuos sólidos producto de la combustión de materia prima, como en el caso del carbón.

De esta manera, tanto la innovación de proceso como de producto, a través de la creación o adopción de nuevas tecnologías, se convierten en factores importantes y esenciales al momento de transformar un territorio, cuidar el medioambiente y aportar al desarrollo económico de una zona determinada. Por esta razón, las entidades que lideran el sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación están publicando constantemente convocatorias que tienen como base premiar y respaldar la innovación, de tal manera que sea posible, desde la gestión pública, aportar al cuidado de los recursos naturales. Finalmente, se debe hacer énfasis en que adoptar una metodología o tecnología y acondicionarla o modificarla para que funcione en una zona con variables específicas también puede ser considerado un proceso innovador, encontrándose acorde a lo que por innovación se entiende según las normas técnicas colombianas (NTC) 5801: 2018.

### **La innovación organizacional**

También conocida como innovación administrativa en muchos campos de acción, este tipo de innovación no requiere de un antecedente estrictamente científico para lograr su definición. En otras palabras, aunque como toda innovación tiene por objeto mitigar una necesidad, esta puede ser estructurada a partir de un proceso de observación y análisis sin que se requiera profundizar en actividades propias del método científico. Por ello, en varias entidades o gremios, este tipo de innovación se enfoca, principalmente, en la formulación o modificación de procedimientos, políticas o responsabilidades, de acuerdo con la naturaleza de la organización el fin de aportar a la gestión ambiental.

Muestra clara de este tipo de innovación son los proyectos que tienen como estrategia el etiquetado ambiental o etiquetado verde que, aunque por sí mismos no tienen implícito el desarrollo de una tecnología, establecen condiciones organizacionales de impacto que aportan a la protección de los recursos naturales. Este tipo de innovación toma mayor importancia con el pasar del tiempo, puesto que se evidencia como una alternativa que permite optimizar procesos y procedimientos dentro de las organizaciones a bajo coste. Un ejemplo de ello se observa en el desarrollo y adopción de plataformas digitales para la organización documental o para el seguimiento de trámites ambientales internos, de tal forma que la trazabilidad sea la protagonista de los procesos.

## Cómo se gestiona la I+D+i

Una vez contextualizadas cada una de las partes que integran la estrategia de I+D+i como metodología para fortalecer la gestión ambiental de las diferentes organizaciones, es importante realizar un análisis para identificar cómo estos tres componentes se integran dentro de un mismo sistema, de tal forma que sea posible estructurar y formular acciones en términos de investigación, desarrollo e innovación. En otras palabras, se requiere saber cómo se debe gestionar I+D+i para que pueda servir como herramienta de gestión ambiental. Tanto en Europa como en América Latina, algunos países presentan como referentes internacionales sistemas basados en la gestión de la investigación o en la gestión de la innovación, los cuales han sido desarrollados y adoptados tanto por la academia como por algunas entidades públicas o privadas. Dichos referentes se encuentran soportados en normas técnicas puntuales, que ponen en conocimiento de la comunidad científica sus lineamientos de evaluación, reconocimiento y adopción, sin embargo, algunos estudios han demostrado un alto grado de desconocimiento sobre la existencia de dichas normas y, más aún, sobre los lineamientos para su aplicación.

En Colombia, desde al año 2008 se formularon las normas técnicas colombianas (NTC) 5800, 5801 y 5802, las cuales se encargan de dar los lineamientos puntuales a las instituciones que deseen implementar un sistema para gestionar la innovación, teniendo como base la investigación y el desarrollo. Cada una de estas normas tiene una finalidad específica, así, la NTC 5800 presenta la terminología y definiciones en el contexto de la innovación; la NTC 5801 expone los requisitos para adoptar un sistema de gestión de la innovación; y la NTC 5802 propone los requisitos para formular proyectos de investigación. Es importante hacer mención de este sistema, puesto que hoy en día se presenta como una alternativa sólida y estructurada para las instituciones o entidades que deseen comenzar a formular los lineamientos para la gestión ambiental, de tal manera que les permita contar con la posibilidad de desarrollar proyectos de investigación; estructurar espacios de creatividad y que promuevan la lluvia de ideas; liderar plataformas para la gestión y transferencia del conocimiento; y proteger los activos intangibles a partir de la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Una vez identifica la herramienta, es importante analizar cómo se aplica dentro del campo ambiental. El análisis es sencillo si se toma en cuenta que la mayoría de los fenómenos ambientales negativos que ocurren en el territorio, producto de actividades antropogénicas, podrían abordarse a través de metodologías técnico-científicas que permitan el desarrollo de nuevas tecnologías o la implementación de

buenas prácticas, que al final terminen arrojando, en la mayoría de los casos, un producto de innovación. Problemáticas tales como los vertimientos y la captación ilegal del agua, la contaminación del aire, la degradación del suelo, la deforestación y la disposición indebida de residuos peligrosos, podrían tener una solución más rápida si en lugar de tratarlas a través de procesos sancionatorios, se hiciese a través de propuestas técnicas que favorezcan a la comunidad y al territorio, teniendo como base un concepto tan estudiado como el de la *cultura ambiental*.

Existen, en este contexto, muchas experiencias exitosas que han permitido evidenciar que no solamente basta con desarrollar una alternativa para mitigar los impactos ambientales, sino que es importante que la comunidad comience a cambiar su concepto sobre el cuidado del ambiente, entendiendo que cada uno de sus integrantes hace parte del cambio y que la adopción de una cultura basada en la responsabilidad y la conciencia ambiental es fundamental para que cualquier metodología funcione. En otras palabras, cuando se empodera a una comunidad mediante la transferencia de un conocimiento técnico-científico y se permite que las soluciones sean desarrolladas por sus integrantes, de tal manera que la gestión ambiental se convierta en un compromiso de todos y no solo del sector público o privado, se logra transformar el territorio y, sobre todo, se hace posible la sostenibilidad de la transformación.

A la par de la cultura ambiental se encuentra la cultura de la innovación, si bien es importante que se formulen metodologías de pedagogía que permitan educar a las comunidades sobre la forma en que se deben gestionar los recursos naturales, también es importante que las personas comiencen a ver en la innovación una alternativa para optimizar sus procesos y aportar a la sostenibilidad del territorio. Para la adopción de sistemas de gestión de la innovación, la cultura de la innovación se convierte en un importante factor de competitividad y es necesaria para el desarrollo y sostenimiento de los procesos. Esto se logra cuando existe una articulación entre los diferentes actores territoriales, de tal manera que sea posible desarrollar estrategias de trabajo conjuntas, partiendo de la base de que el recurso humano, como generador de ideas o conceptos, es el principal capital para lograr determinar un sistema de innovación acorde con las necesidades.

A través de los años hemos aprendido que los sistemas y el entorno en el que vivimos son dinámicos, por ello se requiere estar siempre a la vanguardia de los avances y de las opciones que se presentan. Por esta razón, se debe dejar a un lado el miedo que representa salir de esa zona de confort dentro de la cual el desarrollo del territorio se ha realizado siempre a través de los mismos mecanismos, para lograr innovar desde todos los ángulos posibles. Si bien es imprescindible respetar la insti-

tucionalidad, también es importante tomar el riesgo de experimentar nuevas estrategias que seguramente tenderán a proporcionar resultados sorprendentes, como es el caso de utilizar los sistemas de gestión de la innovación como alternativa para el desarrollo económico, social y ambiental.

En Colombia, las Fuerzas Armadas se han tomado en serio la tarea de desarrollar y fortalecer acciones específicas en torno a utilizar la investigación, el desarrollo y la innovación como herramienta para la gestión ambiental, haciendo énfasis en el cuidado, la protección y la sostenibilidad del territorio. De esta manera, es posible encontrar dentro del Ejército Nacional, la Armada Nacional y la Fuerza Aérea, algunos proyectos, operaciones, acciones, políticas, entre otros, enfocados a lograr este mismo objetivo. De forma puntual, para el caso del Ejército Nacional, dichas estrategias han venido tomando fuerza y hoy en día es posible observar cómo, dentro de los diferentes campos de gestión ambiental, existe una fuerte cooperación con esta entidad, que se ha esforzado tanto por educar ambientalmente a los miembros de esta institución como por aportar conocimiento en los espacios en que se requiere aunar esfuerzos para proteger el ambiente.

Así, es posible encontrar, por ejemplo, que dentro de su estructura interna el Ejército cuenta con una Dirección de Ciencia y Tecnología, y a la par existen algunos entes centralizados que alimentan dicha dirección, como es el caso del Departamento de Investigación Desarrollo Tecnológico e Innovación de la Escuela Militar de Cadetes. Este departamento tiene la misión de promover los procesos de investigación que impulsan la generación de nuevo conocimiento y la difusión científica para impactar al Ejército Nacional de Colombia. Asimismo, su objetivo es gestionar los procesos investigativos (formativos y formales) con el compromiso de fortalecer la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación (I+D+i), así como la divulgación del nuevo conocimiento de la Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova (ESMIC) (ESMIC, 2020). Si bien es cierto que dentro de estas dependencias no se aborda exclusivamente el tema ambiental, su estructura y la experiencia que han ido adquiriendo en la adopción de sistemas tan importantes dentro del fortalecimiento de la gestión I+D+i, pueden servir como modelo para la estructuración de más departamentos dentro de la institución con este mismo enfoque.

Si se analiza ahora el ala académica de la institución, es posible encontrar como referente el Centro de Educación Militar (CEMIL), el cual ha venido desarrollando un importante rol en el proceso de educar y capacitar a los miembros de la institución en diferentes líneas, tanto, que hoy en día se proyecta para el 2030 como una institución de educación superior reconocida, innovadora, moderna y competitiva,

en el desarrollo de programas de capacitación y especialización integral para mejorar las competencias del personal (CEMIL, s. f.). Para esta institución, la investigación comienza a visualizarse como un pilar estratégico para el desarrollo de su plan de acción, a través del cual busca integrarse al Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de nuestro país. Actualmente el CEMIL soporta su sistema de gestión de la investigación a partir de la formulación y desarrollo de proyectos I+D+i, la creación de semilleros y grupos de investigación, la formulación de convenios o alianzas de cooperación en ciencia y tecnología con otras instituciones del país, el desarrollo de plataformas o estrategias de divulgación y transferencia del conocimiento y la adopción de lineamientos para la protección del capital intelectual. Con todas estas herramientas, sin duda alguna, una institución de cualquier naturaleza consigue no solamente el posicionamiento, sino también la capacidad de generar productos innovadores que permitan comenzar a formular una estrategia para la gestión ambiental, donde la minimización de los riesgos asociados a las actividades se logre materializar.

De acuerdo con lo anterior, cabe preguntarse qué ha pasado en los últimos años, pues esta normatividad no es nueva y la terminología en torno a la ciencia y la tecnología ya ha hecho parte de documentos regulatorios, además, las instituciones cuentan con el capital humano para la adopción de lineamientos generales en torno a esta estrategia, entonces, ¿por qué hoy en día son aún pocas las instituciones que cuentan con estos sistemas? La respuesta a este interrogante se puede abordar desde dos enfoques: el primero de ellos se desarrolla a partir de la creencia general de que la investigación, el desarrollo y la innovación son deber de la academia, es decir, que la academia debe trabajar en torno al estudio de alternativas técnico científicas, puesto que en manos de ella se encuentra la generación del conocimiento, por ende, no es posible realizar investigación si no se tiene a la academia como aliada estratégica.

Este pensamiento es, en parte, razonable, si se toma en cuenta que las instituciones educativas adoptan como eje fundamental el método científico para el estudio y análisis de alternativas que permitan resolver necesidades puntuales, además de ello, como se ha expuesto a lo largo de este capítulo, siempre es necesario aunar esfuerzos cuando de lograr objetivos más rápidamente se trata. Sin embargo, todas las herramientas presentadas permiten que hoy en día cualquier institución pueda generar conocimiento y adoptar prácticas técnico-científicas, sin necesidad de contar con la experticia de años que quizá tiene la academia. En este sentido, el desarrollo de cualquier tipo de investigación o innovación se convierte en un gran

logro para una entidad que desea aportar al cambio y mitigación de problemáticas desde una gestión ambiental responsable.

La segunda razón que se manifiesta en muchos documentos y procesos sobre la razón que obstaculiza el proceso de adoptar sistemas de gestión de la I+D+i hace referencia puntual a que este hecho demanda muchos recursos, con los que quizá en una primera instancia no se cuenta; es decir, se hace referencia al planteamiento de que investigar e innovar no solo cuesta, sino que cuesta demasiado. Frente a esto, se puede inferir que, si bien desarrollar procesos de investigación e innovación efectivamente demanda recursos, sobre todo tiempo, la mayoría de las instituciones podrían contar con los requerimientos necesarios si se realiza una organización responsable del proceso. Con esto se quiere decir que la mayoría de entidades cuentan con el personal necesario para realizar, por lo menos, proyectos de investigación aplicada. En algunos casos se puede observar que el capital humano es subvalorado, pues no se toma en cuenta que es mediante este y sus ideas que se puede construir el camino para abordar y dar solución a las necesidades que se afronten.

Por otro lado, con relación a los recursos económicos, es válido afirmar que las estrategias de cooperación permiten crear redes que posibilitan desarrollar proyectos en donde cada entidad aporta desde sus capacidades técnicas o tecnológicas. En otras palabras, no se requiere dentro de la investigación básica demasiados recursos monetarios para temas de investigación.

Desde el ámbito jurídico, los convenios especiales de cooperación en ciencia y tecnología nacen justamente para hacer posible la investigación. Así, en la Ley 80 de 2003 y la Ley 1150 del 2007, junto con sus decretos reglamentarios, se dan lineamientos sobre la posibilidad de crear las estrategias necesarias para que las instituciones cuenten con el respaldo que permita desarrollar investigación, incluso entre entidades públicas y entidades privadas.

Esto se menciona, simplemente, como mensaje para que las personas que tienen como visión este tipo de iniciativas comprendan que la gestión de I+D+i está respaldada desde el Gobierno nacional, y que solamente hace falta tener la intención y convicción verdaderas para conseguir cambiar las estrategias que durante años han acompañado los procesos de planificación, para entrar en nuevas dinámicas donde la única intención es velar por los intereses del ambiente y de las comunidades que habitan en él.

## Conclusión

Corresponde a todos la responsabilidad de mantener un territorio adecuado, que garantice la sostenibilidad de los recursos naturales y de los ecosistemas. Ahora bien, aunque existen diferentes alternativas y mecanismos para lograrlo, es importante saber identificar aquellas que desde su método nos brinden la confianza y la determinación para sustentarlas y respaldarlas. En este orden de ideas, la I+D+i se presenta como una herramienta importante para la gestión ambiental, pues cumple con las características descritas. Aunque somos conscientes de que la implementación de cambios y la adopción de nuevas estrategias dentro de un escenario de creatividad implican alejarse del camino ya conocido, el verdadero sentido de la investigación y la innovación se encuentra, precisamente, en enfrentar este riesgo.

## Referencias

- CEMIL. (s. f.). Misión-visión. *CEMIL*. <https://cemil.edu.co/index.php/informacion-de-interes/mision-vision/>
- CGFM. (2019). Plan Estratégico Militar. Con capacitaciones el Ejército contribuye con el medioambiente, en el sur del Tolima. Comando General de Las Fuerzas Militares de Colombia. <https://www.cgfm.mil.co/es/blog/con-capacitaciones-el-ejercito-contribuye-con-el-medio-ambiente-en-el-sur-del-tolima>
- Colciencias. (2018). *Lineamientos para una política de ciencia abierta en Colombia*. [https://minciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor\\_files/Lineamientos%20ciencia%20abierta%2017-dic-2018-doc.pdf](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/Lineamientos%20ciencia%20abierta%2017-dic-2018-doc.pdf)
- Colciencias. (s. f.). *Guía para el reconocimiento de centros de desarrollo tecnológico y centros de innovación y productividad*. [https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reconocimiento/m304pr08g07\\_guia\\_tecnica\\_para\\_el\\_reconocimiento\\_cdt\\_cip\\_v00.pdf](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reconocimiento/m304pr08g07_guia_tecnica_para_el_reconocimiento_cdt_cip_v00.pdf)
- Díaz, D. M. & Rincón, C. M. (2015). *Uso y percepciones del Manual de Medioambiente por parte de asesores y gestores ambientales del Ejército Nacional*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- ESMIC. (2020). Departamento Investigación Desarrollo Tecnológico e Innovación. *ESMIC*. [https://www.esmic.edu.co/investigaciones/departamento\\_idi](https://www.esmic.edu.co/investigaciones/departamento_idi)
- Fuentes, D., Toscano, A., Murillo, V., Pérez, M., & Jiménez, A. (2019). Sostenibilidad y contabilidad ambiental. Análisis bibliométrico y revisión documental de la investigación científica en el periodo 2013-2017. *Económicas CUC*, 41(1), 1-19.
- Gabaldón, A. (2004). Reseña de “Gestión ambiental en América Latina y el Caribe. Evolución, tendencias y principales prácticas” de Manuel Rodríguez Becerra y Guillermo Espinoza Academia. *Revista Latinoamericana de Administración*, (32), 119-124.
- Gómez-Rey, A., Vargas-Chaves, I., & Rodríguez, G. (2020). El desarrollo sostenible como política en Colombia. *Civilizar: Ciencias Sociales y Humanas*, 20(38), 1-11.

- Lassoie, J., & Sherman, R. (2010). Promoting a Coupled Human and Natural Systems Approach to Addressing Conservation in Complex Mountainous Landscapes of Central Asia. *Frontiers of Earth Science in China*, 4(1), 67-82.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Política para la gestión sostenible del suelo*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [http://www.andi.com.co/Uploads/8.%20Pol%C3%ADtica\\_para\\_la\\_gesti%C3%B3n\\_sostenible\\_del\\_suelo\\_FINAL.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/8.%20Pol%C3%ADtica_para_la_gesti%C3%B3n_sostenible_del_suelo_FINAL.pdf)
- Miranda, L. M. (2013). Cultura ambiental: un estudio desde las dimensiones de valor, creencias, actitudes y comportamientos ambientales. *Producción + Limpia*, 8(2), 94-105.
- Osuna, L. (2020). La educación ambiental: una estrategia metodológica en el contexto educativo. *Revista Seres y Saberes*, (7), 55-61.
- Pérez, Y., & Coutín, A. (2005). La gestión del conocimiento: un nuevo enfoque en la gestión empresarial. *ACIMED*, 13(6), 1-74.
- Rennings, K., Ziegler, A., Ankele, K., & Hoffmann, E. (2006). The Influence of Different Characteristics of the EU Environmental Management and Auditing Scheme on Technical Environmental Innovations and Economic Performance. *Ecological Economics*, 57(1), 45-59.
- Santamaría, M. (Ed.). (2019). *Iniciativas de conservación en Colombia: reconociendo esfuerzos a nivel local, regional y nacional*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Triebswetter, U., & Wackerbauer, J. (2008). Integrated Environmental Product Innovation in the Region of Munich and its Impact on Company Competitiveness. *Journal of Cleaner Production*, 16(14), 1484-1493.
- Vergara-Buitrago, P. (2020). Estrategias implementadas por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia para conservar los páramos. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 167-176.
- Zurrita, A., Badii, M., Guillén, A., Lugo, O., & Aguilar, A. (2015). Factores Causantes de Degradación Ambiental. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(3), 1-9.

# Educación y gestión ambiental: alianza indispensable<sup>1</sup>

# | 2

<https://doi.org/10.21830/9789585318342.02>

*Alba Nubia Muñoz Montilla<sup>2</sup>*

Pontificia Universidad Javeriana

*Anderson Castro Carreño<sup>3</sup>*

Escuela de Aviación del Ejército

*Sergio Andrés Cruz<sup>4</sup>*

Escuela de Armas Combinadas del Ejército

## Resumen

La educación ambiental tiene la capacidad de modificar conductas, estilos de vida y formas de convivencia, por lo que se constituye como un componente indispensable del desarrollo sostenible. De la misma manera, la gestión ambiental, como proceso que está orientado a resolver, mitigar o prevenir los problemas de carácter ambiental, aporta instrumentos y procesos de mejora continua y de cumplimiento de regulaciones ambientales. Mediante la alianza y el actuar conjunto entre educación y gestión ambiental, pueden enfrentarse los retos y desafíos que impone un camino hacia el desarrollo sostenible. La gestión ambiental, entonces, aporta a la toma de decisiones estructurada e intencionalmente proambiental, orientada a la minimiza-

---

1 Este capítulo hace parte de los resultados del proyecto de investigación “Reciclaje químico de residuos de lubricantes generados en la División de Aviación Asalto Aéreo”, del Grupo de Investigación en Aviación Militar de la Escuela de Aviación del Ejército, registrado con el código COL0077618 y categorizado en C por Minciencias. Los puntos de vista y los resultados de este capítulo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

2 PhD en Educación (Universidad Pedagógica Nacional). Magíster en Gestión Ambiental (Pontificia Universidad Javeriana). Licenciada en Biología (Universidad Pedagógica Nacional). Líder Línea de Investigación de Educación y Gestión Ambiental de la Red de Docentes Investigadores (REDDI). Experiencia en la coordinación de programas de formación docente y proyectos de educación y gestión ambiental a nivel local y distrital (REDDI). Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1486-1410> - Contacto: nubia@reddi.net

3 Magíster en Ciencias-Químicas (Universidad Nacional de Colombia). Especialista en Educación y Gestión Ambiental (Universidad Nacional de Colombia). Licenciado en Química (Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Docente e investigador del Grupo de Investigación ESAVE. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0087-8932>. - Contacto: andersoncastrocarreno@cedoc.edu.co

4 Capitán del Ejército Nacional de Colombia. Magíster en Administración de Organizaciones (Universidad Nacional Abierta y a Distancia). Especialista en Conducción y Administración de Unidades Militares (Escuela de Armas Combinadas del Ejército). Profesional en Ciencias Militares y Profesional en Administración Logística (Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”). Oficial de Investigación de la Escuela de Armas Combinadas del Ejército. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0559-7371> - Contacto: sergio-cruz@cedoc.edu.co

ción del consumo energético y de residuos, así como a la optimización de materias primas. La educación ambiental aporta estrategias pedagógicas que direccionan la elección de alternativas favorables con el ambiente, además, sugiere qué medios pueden ser los más efectivos para que las personas desarrollen buenas prácticas ambientales desde dos dimensiones, una relacionada con la tecnología y otra relativa a los procesos organizacionales, comportamentales y emocionales.

Palabras clave: educación ambiental; gestión ambiental; sostenibilidad; innovación tecnológica.

## Introducción

Una de las mayores preocupaciones a las que se enfrenta la humanidad es la de asumir la responsabilidad social que implica la sostenibilidad de los recursos del planeta. Si bien es cierto que en las últimas décadas se ha avanzado considerablemente en el desarrollo conceptual y científico del diseño de políticas públicas de educación y de gestión ambiental, y se han logrado mayores niveles de preocupación ambiental entre los ciudadanos en general, esto no se ha reflejado en el estilo de vida (huella ecológica personal), ni ha significado un cambio hacia comportamientos ambientalmente responsables individuales ni colectivos, que procuren preservar el ambiente o minimizar los impactos negativos sobre este, que permita a las generaciones actuales y futuras una relación más armoniosa con su entorno (Muñoz-Montilla, 2017).

Los altos niveles de concienciación ambiental no han logrado traducirse en acciones ecológicas de mayor responsabilidad (Álvarez & Vega, 2009; García, 2007). La preocupación generalizada por el ambiente no corresponde con cambios en el estilo de vida de las personas o en el aumento de conductas responsables con al ambiente (Muñoz-Montilla, 2017).

Muchas investigaciones aportan evidencia que demuestra que las personas pueden reconocer su preocupación ambiental sin que ello induzca a ningún cambio en la esfera del comportamiento efectivo (Álvarez & Vega, 2009; Corraliza, 1999; Aguilar et al., 2006), que no hay correspondencia entre lo que conocen u opinan las personas sobre lo que se debe hacer frente al entorno (actitudes) con respecto a la adopción de comportamientos ambientalmente relevantes (Gifford & Nilsson, 2014; Barazarte et al., 2014; Gifford & Sussman, 2012; Schultz & Kaiser, 2012, Páramo, 2017) ni frente al diseño de las políticas públicas, ni con la producción de tecnologías que contribuyan al cambio del comportamiento (Newsome & Alavosius, 2011).

La educación ambiental tiene la capacidad no solo de intentar modificar conductas sino también estilos de vida, formas de convivencia y aspiraciones de futuro, por lo que se constituye como un componente principal del desarrollo sostenible.

A su vez, la gestión ambiental, como “proceso que está orientado a resolver, mitigar y/o prevenir los problemas de carácter ambiental, con el propósito de lograr un desarrollo sostenible” (Observatorio Ambiental de Bogotá, 2017, s. p.), aporta una serie de instrumentos y procesos de mejora continua y de cumplimiento de regulaciones ambientales.

Por medio de la alianza y el actuar conjunto entre educación y gestión ambiental pueden enfrentarse los retos y desafíos que impone un camino hacia el desarrollo sostenible, como son: “fin a la pobreza, combatir las desigualdades, promover la igualdad entre los géneros, construir sociedades pacíficas, justas e inclusivas, garantizar una protección duradera del planeta y sus recursos naturales” (Arcos, 2018 p. 1)

## **Marco teórico**

### **Educación para la sostenibilidad**

El objeto de la educación ambiental no es el ambiente como tal, sino la relación que hemos establecido con él; la multiplicidad y diversidad de objetivos y la necesidad de anclar la intervención en cada contexto específico, hace de esta una tarea inmensa y compleja.

La educación ambiental ha recorrido un interesante camino en cuyo final se ha encontrado, o fusionado, con la educación para la sostenibilidad (Benayas & Marcen, 2019). La educación es un componente principal del desarrollo sostenible y un elemento determinante, por su responsabilidad en la formación de agentes para la participación y transformación de su entorno, redirigiendo la trayectoria actual del desarrollo humano.

En las últimas décadas, ha habido una transformación pedagógica con respecto al alcance y propósito de la educación ambiental, para orientarla hacia el desarrollo sostenible. Con esa intención, la Unesco creó el programa ‘Educación para un futuro sostenible’, en el cual Edgar Morín (1999) presentó, entre siete de los saberes necesarios para la educación del futuro, el principio de un conocimiento pertinente, resaltando la importancia y el valor de los aprendizajes generados a partir de la comprensión del propio contexto. Según Morín (1999), el conocimiento perti-

nente se evidencia mediante cuatro aspectos: el contexto, lo multidimensional, lo global y la interacción compleja. A su vez, planteó que la educación debe trabajar en la era planetaria para la identidad y la conciencia terrenal (Morín, 1999).

La educación para el desarrollo sostenible exige repensar nuestro modelo de desarrollo y nuestros sistemas, nuestras políticas y nuestras prácticas educativas. Con ello se busca que los individuos, independientemente de su edad, sexo, raza, o cualquier otra diferencia, estén sensibilizados, formados y capacitados para tomar decisiones y, por consiguiente, actuar según las estructuras de su propia cultura hacia un futuro más sostenible (Benayas, 2008)

### **Hacia el desarrollo sostenible**

Ligado a los fines de la educación ambiental, desde la década de los ochenta y a través del Informe Brundtland, se planteó el concepto de desarrollo sostenible, ahora manejado, utilizado y discutido por las naciones, independientemente de su ubicación geográfica (Benayas, 2008).

El concepto de desarrollo sostenible tiene dos vertientes de origen: la primera se encuentra ligada a la economía, en este contexto, hubo quienes criticaron durante la década de los setenta el modelo de crecimiento económico en el cual estaban embarcados los países industrializados; la segunda está relacionada con el nacimiento de la crítica ambientalista al modo de vida y consumo de las sociedades contemporáneas (Figueroa et al., 2005). Estas críticas se expandieron en América Latina durante la década de los ochenta, debido a la crisis social y económica padecida por gran parte de sus naciones. El segundo grupo de críticos, los ambientalistas, puso un gran énfasis en que el nivel de consumo y desarrollo de los países industrializados no era sustentable en el tiempo (Figueroa et al., 2005).

A partir de allí, se hizo un llamado a la reformulación del modo de vida contemporáneo y se alertó sobre el agotamiento de los recursos energéticos y los recursos naturales, así como de la extinción de las especies.

Fenómenos como el calentamiento global, el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono, la fragmentación de comunidades naturales, o la degradación de ambientes urbanos fueron acogidos, entre otros, por grupos sociales organizados, corrientes ecologistas y, posteriormente, por el mundo académico en cabeza de universidades y centros de investigación (Figueroa et al., 2005).

En el informe titulado “Nuestro futuro común” se define el desarrollo sostenible como la satisfacción de “las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Informe Brundtland, 1987). El desarrollo sostenible trata de lograr, de

manera equilibrada, el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medioambiente; estos tres aspectos constituyen sus tres pilares (ver figura 1).



**Figura 1.** *Pilares del desarrollo sostenible*  
Fuente: Mintic & Mineducación (s. f.)

El informe redactado por la Comisión Brundtland integra tres elementos básicos: 1) la cobertura de las necesidades básicas; 2) el límite de los sistemas naturales que restringen su capacidad; y 3) la cobertura de las necesidades de las generaciones futuras (Figueroa et al., 2005).

En 2002, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la declaración de la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible. En ella, cada país tiene la obligación de trabajar para determinar sus propias prioridades y modos de intervención. Es necesario que los objetivos y los planes a futuro sean definidos localmente para satisfacer las condiciones ambientales, sociales y económicas de cada comunidad (Pérez, Vilches & Oliva (2005).

En líneas generales, el desarrollo sostenible plantea satisfacer las necesidades del presente, fomentando una actividad económica que suministre los bienes necesarios a toda la población mundial y satisfaga las necesidades del futuro, reduciendo al mínimo los efectos negativos de la actividad económica, tanto en el consumo de recursos como en la generación de residuos, de tal forma que sean soportables por las próximas generaciones (Mintic & Mineducación, s. f.).

Los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), que forman el cuerpo central de la Agenda 2030, destacan el trabajo en alianzas:

Para que una agenda de desarrollo sostenible sea eficaz se necesitan alianzas entre los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil. Estas alianzas se construyen sobre la base de principios y valores, una visión compartida y objetivos comunes que otorgan prioridad a las personas y al planeta, y son necesarias a nivel mundial, regional, nacional y local. (s. p.)

De este modo, se establece un marco internacional que interpela a la educación y la gestión ambiental hacia el trabajo mancomunado entre sociedad civil, empresas, instituciones y gobiernos (Naciones Unidas, 2018).

Al mismo tiempo, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) propone tres principios generales orientadores:

El desarrollo humano sostenible debe conceder prioridad a los seres humanos. La protección ambiental es vital, pero es un medio para promover el desarrollo humano. Ello implica asegurar la viabilidad a largo plazo de los sistemas de recursos naturales del mundo, incluida su biodiversidad. Toda la vida depende de ellos.

Los países en desarrollo no pueden escoger entre crecimiento económico y protección ambiental. El crecimiento no es una opción. Es un imperativo. La cuestión no es cuánto crecimiento económico haga falta, sino qué tipo de crecimiento.

Cada país habrá de fijar sus propias prioridades ambientales, las cuales diferirán con frecuencia con las de los países industrializados y en desarrollo. (Figueroa et al., 2005 p. 9)

### **Aprendizaje para el cambio**

En un mundo en el que cada vez estamos más preocupados por las consecuencias futuras de la contaminación o el cambio climático, es necesaria la educación en valores ambientales desde pequeños, para generar mayor conciencia (Arcos, 2018). Es importante tener en cuenta que la educación ambiental no es un proceso que solo interviene en las personas en las etapas iniciales de su vida o en los entornos escolares, pues, dado que se refiere a la esfera actitudinal y comportamental, interviene en todas las etapas del desarrollo personal de los individuos.

Las primeras etapas educativas suponen una oportunidad para introducir esos primeros conceptos sobre educación ambiental, empezar a inculcar a los niños hábitos sostenibles y transformar su relación con el ambiente. Sin embargo, se requiere un impulso hacia el accionar proambiental en todos los momentos de la vida de las personas. Se trata de facilitar herramientas y conocimientos que

permitan tomar conciencia de la importancia de cuidar nuestro entorno para poder tomar decisiones de manera responsable (Arcos, 2018). Tal y como lo plantean Esteves y otros (2013), la educación ambiental ha pasado de considerarse un medio de acercamiento a la naturaleza para facilitar su conservación, a un instrumento para educar en el cambio hacia modelos de desarrollo sostenible.

Tomando como referencia una de las primeras definiciones de educación ambiental, dada en 1975, en el Seminario Internacional de Educación Ambiental de Belgrado, se plantearon objetivos que buscaban

lograr que la población mundial tome conciencia sobre el medio ambiente en el que vive y se interese por él y sus problemas y que adquiriera los conocimientos, aptitudes, actitudes, motivaciones y comportamientos necesarios para trabajar individual y colectivamente en la búsqueda de soluciones a los problemas actuales y para prevenir los que pudieran aparecer en lo sucesivo. (s. p.)

En estos objetivos se hace evidente la preponderancia que la sociedad actual concede a una serie de retos ambientales que necesitan de una urgente intervención. De ahí que las diferentes actuaciones educativas deban plantearse tomando como punto de partida el análisis de esos problemas ambientales, más próximos e inmediatos al individuo, para que este se implique de forma directa en su solución (Benayas, 1999).

Como las intervenciones educativas son procesos lentos y progresivos que no producen cambios inmediatos en los individuos, no resulta fácil poner de manifiesto la relación directa entre la mejora de ciertas condiciones ambientales, o la disminución de determinados problemas ecológicos, y la realización de una determinada intervención educativa (Benayas, 1999). De ahí la importancia de monitorear los efectos de las intervenciones de educación ambiental, a través del mejoramiento ambiental o del accionar proambiental de los individuos (Muñoz & Páramo, 2018).

Benayas (1999) plantea que los efectos ambientales de un programa de educación ambiental podrán ser evaluados siempre que partan de problemas ambientales concretos, próximos al individuo, y que definan objetivos de comportamientos precisos dirigidos a conseguir mejoras ambientales claramente definidas.

## **La gestión ambiental**

Producto de las dinámicas de desarrollo humano se han generado problemas ambientales que representan un nuevo desafío para la humanidad: generar estrate-

gias de manejo adecuado de recursos naturales que den continuidad a dinámicas de desarrollo social y económico.

La gestión ambiental surge en la década de los sesenta como consecuencia de los altos niveles de contaminación producto de la industria (Flynn, 2017) y el detrimento considerable de los recursos naturales y la salud humana (Martínez & Figueroa, 2014). En sus inicios, se enfocó en minimizar los impactos potenciales generados por actividades productivas, por lo que se ubicaba en el área de regulación y normatividad ambiental (Flynn, 2017). Se generó entonces una discusión frente a los límites permitidos y cómo la regulación ambiental podría ralentizar o detener el desarrollo, suscitando una serie de convenciones y acuerdos transnacionales tales como el informe de Brundtland y la Conferencia Internacional de las Naciones Unidas de Río de Janeiro, en 1992, en la que alcanzó protagonismo el concepto de desarrollo sostenible, que aún hoy constituye un tema central en la agenda de dichas conferencias, con el objeto de definir instrumentos de política aplicables a todas las naciones hacia un futuro sostenible.

La gestión ambiental se ha enfocado, primordialmente, en la administración de los elementos limitados que provee la naturaleza, en procura del bienestar colectivo e individual, considerándolos como capital natural (Martínez & Figueroa, 2014).

Sin embargo, existen diversos paradigmas de gestión ambiental que han tenido una evolución a lo largo del tiempo dependiendo de la postura política y la visión de desarrollo, entre ellos están: el paradigma del *crecimiento económico*, que plantea que los recursos son ilimitados, con un fuerte componente antropocéntrico y utilitarista, primero de los enfoques de gestión que incluye estrategias de optimización productiva e industrial. El segundo, corresponde al de *protección del ambiente*, aún con enfoque antropocéntrico, pero considerando los recursos naturales como finitos y susceptibles de ser administrados, es el enfoque principal en políticas de Estado y normatividad ambiental. El tercer enfoque es el de *gestión de los recursos*, cuyo baluarte es la sostenibilidad y la implementación de estrategias encaminadas al estudio, prevención y mitigación del impacto ambiental. El cuarto enfoque de gestión es el de *ecodesarrollo*, centrado en el desarrollo de nuevas tecnologías con el menor impacto posible, así como la comprensión de los niveles de resiliencia de los ecosistemas y la complejidad ante dinámicas de cambio. El quinto y último enfoque es el de *ecología profunda*, que centra su análisis en el indefectible fin de los recursos naturales y el desastre ocasionado por el crecimiento poblacional; considera una *ecotopía* de armonía entre el ser humano y la naturaleza, con el menor consumo de recursos (Colby, 1989). Desde luego, existe una amalgama de enfoques de acuerdo

con la escala en la cual se plantean las estrategias de gestión ambiental, bien sean de orden empresarial, local, regional, nacional o global, de manera que concebir una propuesta de gestión también requiere analizar el contexto espacio-temporal en el que esta se desarrolla (Martínez & Figueroa, 2014).

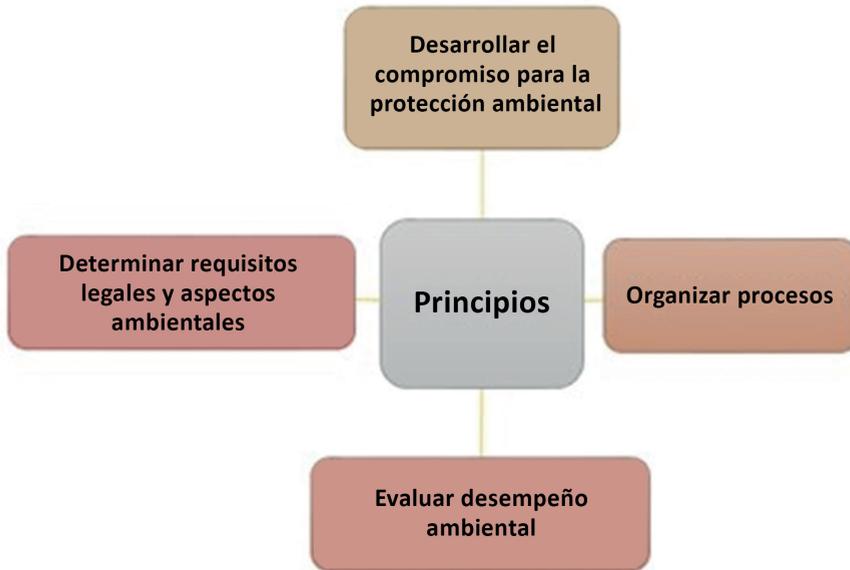
La gestión ambiental requiere de un enfoque que conciba al hombre como parte del entorno natural, reconozca los componentes de los sistemas naturales no como fracciones de un todo, sino desde las profundas interacciones entre los mismos (Capra, 1996). Los problemas ambientales van más allá de lo ecológico, subyacen a una crisis de pensamiento economizado (Leff, 2007) en el cual el valor de la naturaleza tiene una correspondencia material, por tanto, es susceptible de ser adquirida y modificada, sin considerar su carácter finito y de complejas interacciones de entropía. La complejidad ambiental implica la combinación de conocimientos inter y transdisciplinarios, el diálogo de saberes y el reconocimiento de la subjetividad al momento de abordar el mismo problema desde diversas formas de conocimiento (Leff, 2007), lo que se aleja del paradigma de pensamiento antropocéntrico positivista moderno. Las ciencias ambientales se abordan de forma interdisciplinar, pues al enfrentar un problema ambiental desde la complejidad, este debe ser observado de una manera dinámica y transversal, lo que exige transformar el paradigma antropocéntrico convencional, a partir de la vinculación activa de las comunidades hacia la gestión sostenible, y hacer frente a la crisis global (Arias, 2012).

## **Sistemas de gestión ambiental**

Los sistemas de gestión ambiental se desarrollan en cada organización de acuerdo con el estándar al que se adapten mejor, a la normatividad aplicable y a las características propias de la organización.

A nivel internacional, existen diferentes estándares certificables, así que, para implementar un sistema de gestión ambiental, la organización debe conocer previamente los impactos ambientales generados por su actividad para así poder mitigarlos, para ello es necesario el uso de herramientas de evaluación, como las matrices de valoración de impacto ambiental.

Los sistemas de gestión ambiental parten de los siguientes principios: desarrollar el compromiso para la protección ambiental, determinar los requisitos legales y los aspectos ambientales, establecer procesos y evaluar el desempeño ambiental (ver figura 2).



**Figura 2.** Principios para la implementación de un sistema de gestión ambiental  
Fuente: adaptado de la Norma ISO 14001 (2015).

La implementación de sistemas de gestión ambiental brinda a las organizaciones beneficios y ventajas como los que muestra la figura 3.



**Figura 3.** Beneficios de la implementación de los sistemas de gestión ambiental  
Fuente: Acosta (2015)

La implementación de estos sistemas permite:

- Identificar el nivel comportamiento ambiental de la organización.
- Detectar oportunidades de mejora en la fabricación del producto o servicio.
- Facilitar la adaptación planificada a las nuevas exigencias previstas.
- Realizar seguimiento al desarrollo de objetivos que son compartidos por toda la organización.
- Establecer prioridades de actuación.
- Acceder a información relacionada con nuevas tecnologías aplicables al sector.
- Optimizar recursos y materias primas para lograr mejoras ambientales en los productos.

## **Alianza entre educación y gestión ambiental**

Si partimos de la concepción de gestión ambiental como toma de decisiones estructurada intencionalmente, con una visión proambiental orientada a un desarrollo más sostenible, la educación ambiental puede aportar estrategias desde dos dimensiones: una dimensión relativa a los procesos organizacionales, comportamentales y emocionales y, desde luego, una dimensión tecnológica que resulta muy importante (Pol et al., 2010).

La gestión ambiental tiene que ver con la elección entre tecnologías, el manejo de recursos, el control de calidad y el respeto ambiental de las ejecuciones orientado a la minimización del consumo energético, los residuos y las materias primas. En gran medida, estas decisiones dependen del comportamiento individual y social de las personas dentro de las organizaciones y en la sociedad en la que estén inmersas. También comporta cambios en la organización que hay que gestionar (Pol et al., 2010).

Mediante estrategias educativas puede aportarse a la elección de estas alternativas favorables con el ambiente, además, se pueden sugerir los medios para que las personas desarrollen buenas prácticas ambientales.

A su vez, la gestión ambiental provee herramientas que hacen viables las estrategias educativas, para que estas vayan más allá de la información y el conocimiento ambiental y pasen a la esfera del accionar proambiental.

La gestión ambiental suele asociarse, especialmente, con el mundo empresarial productivo, las grandes industrias contaminantes, las extractivas y las grandes

infraestructuras, entre otros agentes. Pero la gestión ambiental también implica a las empresas de servicios, las organizaciones no gubernamentales, las asociaciones civiles varias, las propias administraciones públicas y, directamente, a los ciudadanos. Estamos insertados en organizaciones sociales de todo tipo que, además del comportamiento individual privado de sus componentes, desarrollan un ‘comportamiento organizacional’ e imponen unas pautas de comportamiento a sus miembros, sus proveedores y sus clientes (Pol et al., 2010).

Según Pol y otros (2010), lo que mueve a las empresas a adoptar medidas de protección y de gestión ambientales se resume en tres factores:

1. El efecto de una legislación cada vez más amplia y exigente, acompañada de mayores medidas de cumplimiento en su aplicación.
2. Los grupos de presión, formados por clientes, proveedores, empleados, inversores, grupos reivindicativos, la comunidad en general y el ciudadano como consumidor, que son cada día más conscientes de su papel y responsabilidad ambiental.
3. La búsqueda de ecoeficiencia, por compromiso ambiental o por interés económico, lo que lleva a la empresa a minimizar tanto el uso de recursos como la contaminación provocada por los procesos industriales, sin que ello comprometa la productividad y los costos económicos.

## Conclusiones

El objeto de la educación ambiental no es el ambiente como tal, sino la relación que hemos establecido con él. La multiplicidad y diversidad de objetivos, así como la necesidad de anclar la intervención en cada contexto específico, hacen de la educación ambiental una tarea inmensa y compleja.

Tal y como lo plantea Morín (1999), aún es tiempo de dar un giro al rumbo que la educación ha emprendido y orientar los procesos de formación hacia cambios en el estilo de vida de las personas, de tal manera que empiece a funcionar el concepto de ‘ecología de la acción’, es decir, que se desencadenen una serie de acciones y reacciones que afecten de manera positiva al sistema global (Universidad Autónoma de Manizales, 2011).

El increíble desafío que como comunidad global tenemos por delante nos empuja, inexorablemente, a la colaboración o al desastre. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), en su “Informe especial sobre el calentamiento global de 1,5 °C”, señala que el tiempo, el margen de

posibilidad para actuar que nos queda solo podrá ser aprovechado aunando fuerzas de los más diversos actores y con un liderazgo decidido de quienes ostentan altas responsabilidades (Benayas & Marce, 2019).

La consolidación de la educación ambiental como herramienta de manejo del medioambiente contribuye a afianzar, a través de estrategias pedagógicas, los sistemas de gestión ambiental de calidad y, a su vez, para generar cultura proambiental en las personas y en las instituciones, a partir de buenas prácticas que conduzcan a adecuados procesos de sostenibilidad ambiental.

## Referencias

- Acosta, A. (2015). *Sistema de Gestión Ambiental*. <https://es.slideshare.net/arturoacosta87/sistema-de-gestion-ambiental-ppt-2015-arturo-acosta>
- Aguilar, M., García, M., Monteoliva, A., & Salinas, J. (2006). El modelo del valor, las normas y las creencias hacia el medio ambiente en la predicción de la conducta ecológica. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 7(2), 21-44.
- Álvarez, P., & Vega, P. (2009). Actitudes ambientales y conductas sostenibles. Implicaciones para la educación ambiental. *Revista de Psicodidáctica*, 14(2), 245-260.
- Arcos, A. (2018). La educación ambiental arma del futuro para el planeta. *Magisterio*. <https://www.magisnet.com/2018/12/la-educacion-ambiental-arma-para-el-futuro-del-planeta/#:~:text=En%20un%20mundo%20en%20el,peque%C3%B1os%20para%20generar%20mayor%20conciencia>.
- Arias, E. (2012). Gestión ambiental sistémica: estrategia de articulación y fortalecimiento para las organizaciones. *Scientia et Technica*, 1(52), 235-240.
- Barazarte, R., Neaman, A., Vallejo, F., & García, P. (2014). El conocimiento ambiental y el comportamiento proambiental de los estudiantes de la enseñanza media, en la región de Valparaíso (Chile). *Revista de Educación*, (364), 12-34.
- Benayas, J. (1999). *La efectividad de la educación como factor de cambio ambiental*. [https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/1999-benayas\\_tcm30-163418.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/1999-benayas_tcm30-163418.pdf)
- Benayas, J. (2008). La educación como herramienta de gestión hacia la sostenibilidad. *Expo Zaragoza 2008*. <https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/cajaAzul/25S11-P1-Javier%20BenayasACC.pdf>
- Benayas, J., & Marcén, C. (Eds.). (2019). *Hacia una educación para la sostenibilidad. 20 años después del libro blanco de la educación ambiental en España*. Centro Nacional de Educación Ambiental (Ceneam).
- Brundtland, G. (1987). *Nuestro Futuro Común* (Informe Brundtland). Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU.
- Capra, F. (1996). *The web of life: A new scientific understanding of living systems*. Anchor.
- Colby, M. (1989). *The Evolution of Paradigms of Environmental Management in Development*. The World Bank.

- Corraliza, J. (1999). Comportamiento y educación ambiental. ¿Por qué no me deja tranquilo hablar de Educación Ambiental? *Revista de la SCEA*, (17), 14-17.
- De Belgrado, C. (1975). Seminario Internacional de Educación Ambiental
- De Bogotá, O. A. (2017). Observatorio Ambiental de Bogotá. Obtenido de Observatorio Ambiental de Bogotá: <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado>.
- Esteves, M., Gigena, M., Humphreys, C., & Maruschak, L. (2013). La educación ambiental: una herramienta clave de la gestión ambiental. *Augmdomus*, 5, 60-74.
- Figueroa, C., Basoalto, V., González, G., & Figueroa, J. (2005). *Educación y gestión ambiental para la sustentabilidad en los establecimientos educacionales*. ONG Entorno.
- Flynn, S. (2017). *Environmental Management*. Salem Press Encyclopedía.
- García, J. (2007). El entorno del hombre en la ciudad, su identidad social urbana. *Revista Chilena de Economía y Sociedad*, 1(2), 62-75.
- Gifford, R., & Nilsson, A. (2014). Personal and Social Factors that Influence Pro-environmental Concern and Behaviour. *International Journal of Psychology*, 49(3), 141-157.
- Gifford, R., & Sussman, R. (2012). Environmental Attitudes. En R. Sussman (Ed.), *The Oxford handbook of environmental and conservation psychology* (pp. 65-80). Oxford University Press.
- Leff, E. (2007). La complejidad ambiental. *Revista de la Universidad Bolivariana*, 6(16), 1-9.
- Martínez, J., & Figueroa, C. (2014). Evolución de los conceptos y paradigmas que orientan la gestión ambiental ¿cuáles son sus limitaciones desde lo global? *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 13(24), 13-27.
- Mintic & Mineducación. (s. f.). Pilares fundamentales del Desarrollo Sostenible. *Colombia Aprende*. [http://aprende.colombiaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/curriculos\\_ex/n2g10\\_cienamb/nivel2/ciencias/unidad4/leccion1.html](http://aprende.colombiaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/curriculos_ex/n2g10_cienamb/nivel2/ciencias/unidad4/leccion1.html)
- Morín, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Unesco.
- Muñoz-Montilla, A. (2017). *La formación en prácticas culturales para la conservación del recurso hídrico* (Tesis doctoral). Universidad Pedagógica Nacional.
- Muñoz-Montilla, A., & Páramo-Bernal, P. (2018). Monitoreo de los procesos de educación ambiental: propuesta de estructuración de un sistema de indicadores de educación ambiental. *Revista colombiana de educación*, (74), 81-106.
- Naciones Unidas. (2018). *Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas.
- Newsome, W., & Alavosius, M. (2011). Toward the prediction and influence of environmentally relevant behavior: Seeking practical utility in research. *Behavior and Social Issues*, 20(1), 44-71.
- Norma ISO. (2015). ISO 14001, Gestión medioambiental. <https://bit.ly/34MIGs1>
- Páramo, P. (2017). Reglas proambientales: una alternativa para disminuir la brecha entre el decir-hacer en la educación ambiental. *Suma psicológica*, 24(1), 42-58.
- Pérez, D. G., Vilches, A., & Oliva, J. M. (2005). Década de la educación para el desarrollo sostenible. Algunas ideas para elaborar una estrategia global. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 91-100.
- PNUD & ONU. (2000). *Informe sobre desarrollo humano 2000*. PNUD & ONU.

- Pol, E., Moreno, E., & Castrechini, A. (2004). Gestión ambiental como gestión de comportamientos. Ciclos. *Cuadernos de Comunicación, Interpretación y Educación Ambiental*, 15, 17-22.
- Schultz, P., & Kaiser, F. G. (2012). *Promoting pro-environmental behavior*.
- Universidad Autónoma de Manizales. (2011). *Sistema de Gestión Ambiental*. [https://www.autonoma.edu.co/sites/default/files/37\\_sistema\\_de\\_gestion\\_ambiental.pdf](https://www.autonoma.edu.co/sites/default/files/37_sistema_de_gestion_ambiental.pdf)

Esta página queda intencionalmente en blanco

# Educación ambiental para el cumplimiento de los objetivos del Ejército Nacional<sup>1</sup>

# 3

<https://doi.org/10.21830/9789585318342.03>

*Diana Carolina Contreras Gutierrez*<sup>2</sup>

Escuela de Aviación del Ejército

*Ingrid Yuliana Arango Calderón*<sup>3</sup>

Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”

## Resumen

Las Fuerzas Armadas deben velar en todo el territorio nacional por la protección y defensa del medioambiente y los recursos naturales renovables (Congreso de la República de Colombia, 1993). Como estrategia, el Ejército Nacional ha implementado diferentes planes dentro de su política, además, ha direccionado la investigación para dar soluciones científico-tecnológicas a los problemas relacionados con el área ambiental. El principal objetivo de esta investigación es diagnosticar el estado actual del panorama ambiental en el Ejército Nacional y de las capacidades de investigación y desarrollo tecnológico en el área ambiental. Todo ello, mediante una investigación de tipo descriptiva, en la cual se realizó una priorización, identificando los ejes y objetivos en el área ambiental por parte del Ejército Nacional, con el fin de realizar un direccionamiento, a través de las líneas de investigación en el sistema de educación, para así medir las capacidades de ciencia y tecnología. Se concluye que existe una estrecha relación entre la protección del medioambiente y la seguridad nacional. Para lograr el cumplimiento de los objetivos del Ejército Nacional deben fortalecerse las capacidades y aumentar los proyectos que apuntan a las líneas de investigación del área medioambiente y biodiversidad.

**Palabras clave:** educación; investigación; medioambiente; militar.

---

1 Este capítulo hace parte de los resultados del proyecto de investigación “Estrategias didácticas basadas en la inteligencia emocional como herramienta para la formación del carácter de los estudiantes” del Grupo de Investigación en Ciencias Militares, de la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”, registrado con el código COL0082556 y categorizado en C por Minciencias. Los puntos de vista y los resultados de este capítulo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

2 Magíster en Desarrollo y Gerencia de Proyectos (Escuela Colombiana de Ingeniería). Especialista en Formulación y Evaluación de Proyectos (Universidad Católica de Colombia). Administradora Ambiental (Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Investigadora de la Escuela de Aviación del Ejército Nacional. <https://orcid.org/0000-0002-8996-5348> - Contacto: [dianacontrerasgutierrez@cedoc.edu.co](mailto:dianacontrerasgutierrez@cedoc.edu.co)

3 Capitán en el Ejército Nacional de Colombia. Especialista en Ciencias Militares para el Planeamiento (Centro de Educación Militar). Profesional en Ciencias Militares y Profesional en Administración Logística (Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”). Investigadora de la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”, grupo de investigación en Ciencias Militares. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5995-9262> - Contacto: [ingridarangoalderon@cedoc.edu.co](mailto:ingridarangoalderon@cedoc.edu.co)

## Introducción

La seguridad nacional debe ser contemplada en tres aspectos, seguridad humana, seguridad social y seguridad ambiental (Vinola & Padma, 2015). Por tal razón, es necesario ampliar la seguridad nacional con las nuevas amenazas que se vislumbran desde un enfoque ambiental, a partir de los nuevos desafíos que degradan al medioambiente y producen el cambio climático (O'Toole, 2017).

Para Alavi, Mirehei y Ahmadi (2017) existe una relación significativa entre el desarrollo sostenible de un país y la seguridad nacional. En otras palabras, la seguridad nacional mejora el entorno ecológico de un país (Kim & Mesquita, 2015). Dabelko y Rogers (2016) identificaron diferentes ventajas ambientales que surgen de la cooperación militar, con fines de seguridad, de hecho, O'Toole (2017) afirma que en los países de Latinoamérica el medioambiente está siendo asegurado por las Fuerzas Militares.

Por otro lado, es importante resaltar que en los conflictos armados se ha causado un daño al medioambiente y los recursos naturales, en áreas de importancia ambiental como parques nacionales y áreas especiales de conservación (Smith, 2019; Kim & Mesquita, 2015). De igual forma, un sin número de actividades de las Fuerzas Militares también han originado diferentes impactos en el medioambiente (Magagula, 2020; Petre et al., 2016). En consecuencia, el sector defensa de cualquier país está llamado a diseñar programas para reducir el riesgo de degradación del medioambiente y, a la vez, garantizar la utilización sostenible los recursos naturales (Magagula, 2020)

## Marco teórico

### Panorama ambiental a nivel Colombia

La parte ambiental en el sector público en Colombia se formalizó con la Ley 99 de 1993, en la cual se crea el Ministerio del Medioambiente, se establece la gestión y conservación del medioambiente y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). En cuanto la normatividad, cabe destacar la Ley 1930, de gestión integral de los páramos en Colombia; el Decreto 948 de 1995, sobre reglamento, protección y control de la calidad de aire; la Ley 430 de 1998, de residuos peligrosos; el Decreto 2105/83, sobre la potabilización y suministro del agua; el Decreto 2183/96, de licencias ambientales; y el Decreto 0901/97, sobre utilización del agua como receptor de vertimientos.

Por otra parte, dentro de los organismos públicos del sector ambiental a nivel nacional, se tiene como principal entidad el Ministerio de Medioambiente, autoridad ambiental en Colombia, junto con la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y Parques Nacionales de Colombia. Dentro de las autoridades ambientales regionales, se encuentran las Corporaciones Autónomas Regionales; institutos públicos tales como: el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar) o el Instituto Humboldt, entre otros.

En Colombia, los problemas ambientales se hacen cada vez más complejos para la sociedad, lo que lleva a reflexionar sobre los efectos adversos que se puedan generar (Ramírez, 2015). La población que habita Colombia percibe la existencia de problemas ambientales, tales como la calidad del aire; la calidad del agua de ríos, arroyos y subterránea. Se puede establecer que las comunidades expuestas reconocen estar enfrentadas a una elevada contaminación y presentar preocupación ante el impacto y las consecuencias para la salud y la vida diaria (Robledo et al., 2017).

Entre los impactos ambientales a los que se enfrenta Colombia, se encuentran: afectaciones ambientales derivadas de actividades ganaderas, que causan daños a la vegetación y las fuentes hídricas (Giraldo et al., 2020); los plaguicidas, que resultan muy peligrosos a causa de los contaminantes orgánicos persistentes (COP), pues son altamente tóxicos y permanecen tanto en el medioambiente como en los tejidos de los seres vivos (García et al., 2015); la deforestación y la creciente pérdida de especies, debidas a las actividades antrópicas (Galeano & Mancera, 2018); y, finalmente, la minería, que genera impactos ambientales negativos en el agua, afectando los páramos y el futuro del recurso hídrico (Tarazona & Lugos, 2019).

### **Panorama Ambiental en el Ejército Nacional**

La Ley 99 de 1993, en su artículo 103, determina el papel fundamental que tienen las Fuerzas Armadas en relación con la defensa del medioambiente:

Las Fuerzas Armadas velarán en todo el territorio nacional por la protección y defensa del medioambiente y los recursos naturales renovables y por el cumplimiento de las normas dictadas con el fin de proteger el patrimonio natural de la nación, como elemento integrante de la soberanía nacional. (Congreso de la República, 1993)

Para el 2018 el sector defensa, a través de la política ambiental, pone a disposición del Estado colombiano las capacidades de la Fuerza Pública para mitigar los efectos del cambio climático, proteger los ecosistemas y el ambiente (Ministerio de Defensa Nacional, 2018). En ese mismo orden de ideas, el Plan Estratégico del Ministerio Defensa (2018-2022) define la contribución a la protección de los recursos naturales y del medioambiente como una de las áreas misionales del Sector Defensa y Seguridad, convirtiéndose en un objetivo estratégico alineado con el Plan Nacional de Desarrollo (Ministerio de Defensa Nacional, 2019).

En cuanto a la planeación estratégica del Ejército Nacional, el quinto objetivo es propuesto para apoyar la protección de los recursos naturales como activos estratégicos de la nación y la gestión de riesgos de desastres (Ejército Nacional de Colombia, 2019). Para el cumplimiento de este objetivo el Ejército Nacional cuenta, principalmente, con el Departamento de Ingenieros, que tiene la capacidad de emitir lineamientos y directrices en materia de gestión ambiental, con el fin de mitigar el impacto al medioambiente (Ejército Nacional de Colombia, 2020).

### **Ejes estratégicos y objetivos para la protección del medioambiente**

Para el año 2019, el Ejército Nacional emite el Plan Artemisa, el cual tiene como misión la defensa de parques nacionales y áreas protegidas, para mitigar el daño al medioambiente, aportar a la sostenibilidad y a la protección de la biodiversidad y el agua, así como a la declaración de activos estratégicos de la nación (Ejército Nacional de Colombia, 2018). El Plan Artemisa cuenta con tres ejes estratégicos, en los cuales se plantean rutas mediante sus líneas de acción, con el fin de dar cumplimiento a siete objetivos. El Plan Artemisa se encuentra clasificado dentro de la organización como restringido.

En la tabla 1 se muestran los ejes y objetivos identificados para el direccionamiento de la investigación y desarrollo tecnológico por parte del Sistema de Educación del Ejército Nacional. Esta selección se realizó de acuerdo con las capacidades de los grupos de investigación que conforman el Sistema de Ciencia y Tecnología y la orientación propuesta desde la educación.

**Tabla 1.** Ejes estratégicos y objetivos propuestos en el Plan Artemisa

Ejes estratégicos	Objetivos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección del Estado y sus recursos.</li> <li>• Control institucional del territorio.</li> <li>• Fortalecimiento institucional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmantelar las organizaciones criminales que depredan el medioambiente.</li> <li>• Neutralizar estructuras que hacen presencia en Parques Naturales Nacionales (PNN) y áreas protegidas.</li> <li>• Contribuir con el mantenimiento de la integridad ecológica de los ecosistemas para la perpetuación de las especies endémicas o amenazas.</li> <li>• Denegar los espacios de protección medioambiental a la criminalidad.</li> </ul>

*Nota:* se omitieron aquellos ejes y objetivos que no se pueden direccionar a través de la investigación y el desarrollo tecnológico.

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos del Plan Artemisa (Ejército Nacional de Colombia, 2018).

## Investigación ambiental en el Ejército Nacional desde la educación

En la actualidad, se ha identificado la necesidad de incorporar competencias ambientales en la formación militar (Magagula, 2020; De Andrade, 2020). Esto, adaptando las habilidades profesionales con competencias ambientales, con el fin de atacar el problema de insostenibilidad asociado al hecho de que el daño al medioambiente está llegando a su límite (De Andrade, 2020)

Asimismo, se ha resaltado la generación de conocimiento científico y técnico que permita el uso, aprovechamiento sostenible y protección de los mares colombianos y otros ecosistemas estratégicos (Ministerio de Defensa Nacional, 2018). A este respecto, para Magagula (2020), un programa de investigación ambiental en el sector defensa tiene un importante potencial para influir en programas para la gestión ambiental. Por tal razón, los proyectos de investigación del sector defensa en esta área han generado un gran impacto positivo en la sostenibilidad ambiental, el cambio climático y la biodiversidad (Rice & Keysar, 2017; Hutchinson et al., 2015; Jeong et al., 2015).

Por todo lo anterior, el Comando de Educación y Doctrina del Ejército Nacional (CEDOC) —como unidad encargada de orientar planes y políticas de doctrina, educación, instrucción, entrenamiento, ciencia y tecnología, para fortalecer el desarrollo del personal militar (Ejército Nacional de Colombia, 2016)— direccionó los conocimientos, la investigación y la formación con las necesidades

del Ejército, estableciendo las áreas y líneas de investigación desde la educación. Con ese derrotero, se funda el área de investigación de Medioambiente y Biodiversidad, alineada con cinco objetivos de desarrollo sostenible (que se pueden observar en la tabla 2), a la política de defensa y seguridad, a los objetivos estratégicos del Ejército y a su misionalidad (CEDOC, 2019).

A partir de esta área, se definieron las líneas de investigación (que se pueden observar en la tabla 2) que sirven para orientar a los grupos de investigación en lo referente a la solución de problemas ambientales en el contexto militar, además de ayudarles a cumplir con las metas y objetivos identificados en los planes y directrices del Ejército Nacional (específicamente el Plan Artemisa) y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

**Tabla 2.** Direccionamiento de las líneas de investigación con los objetivos del Plan Artemisa y los ODS

Línea de investigación	Objetivos de la línea de investigación	ODS	Objetivo estratégico del Plan Artemisa
Minería ilegal	Caracterizar los impactos ambientales que ha generado la minería ilegal. Proponer estrategias para desmantelar la minería ilegal en todo el territorio nacional, priorizando zonas protegidas y parques nacionales. Desarrollar técnicas para bio-remediar los impactos ambientales generados por la minería ambiental. Establecer procesos y procedimientos que mitiguen, minimicen y prevengan impactos ambientales producidos por la minería legal e ilegal.	Vida de ecosistemas terrestres. Salud y bienestar. Agua limpia y saneamiento.	Desmantelar las organizaciones criminales que depredan el medioambiente. Denegar los espacios de protección medioambiental a la criminalidad.
Deforestación	Identificar las zonas vulnerables y vulneradas por la deforestación por parte de las organizaciones criminales. Diseñar estrategias que prevengan y mitiguen la deforestación.	Vida de ecosistemas terrestres. Salud y bienestar. Acción por el clima.	Desmantelar las organizaciones criminales que depredan el medioambiente. Denegar los espacios de protección medioambiental a la criminalidad. Neutralizar estructuras que hacen presencia en PNN y áreas protegidas.

Continúa tabla...

Línea de investigación	Objetivos de la línea de investigación	ODS	Objetivo estratégico del Plan Artemisa
Producción más limpia y gestión sostenible	<p>Caracterizar procesos y procedimientos logísticos, operacionales, industriales, administrativos, entre otros, del Ejército Nacional.</p> <p>Identificar los impactos ambientales que se generan por las actividades que realiza el Ejército Nacional.</p> <p>Implementar estrategias y técnicas de producción más limpia y gestión sostenible para mitigar, prevenir, corregir o compensar los impactos que se realicen producto de las actividades del Ejército Nacional.</p>	<p>Acción por el clima.</p> <p>Producción y consumo responsables.</p> <p>Ciudades y comunidades sostenibles.</p> <p>Energía asequible y no contaminante.</p>	<p>Contribuir con el mantenimiento de la integridad ecológica de los ecosistemas, para la conservación de las especies endémicas y/o amenazas.</p>
Conservación ecológica y protección de la biodiversidad	<p>Diseñar políticas para la protección del medioambiente y la biodiversidad.</p> <p>Establecer mecanismos que garanticen el desarrollo sostenible.</p> <p>Establecer el principio de prevención en las acciones que genere el Ejército Nacional y amenacen la preservación de los recursos naturales.</p> <p>Contribuir a la protección y mantenimiento de recursos naturales, biodiversidad y ecosistemas.</p>	<p>Vida de ecosistemas terrestres.</p> <p>Acción por el clima.</p>	<p>Contribuir en el mantenimiento de la integridad ecológica de los ecosistemas para la conservación de las especies endémicas y/o amenazas.</p>

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos del documento de Áreas y Líneas (CEDOC, 2019), del Plan Artemisa (Ejército Nacional de Colombia, 2018) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible en: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

A partir del direccionamiento planteado por el CEDOC, los grupos de investigación pertenecientes al Sistema de Ciencia y Tecnología del Ejército contribuyen con sus capacidades a cada una de las líneas de investigación (ver tabla 3). Con el objeto de acceder a recursos para la financiación de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, el CEDOC, a través de la Dirección de Ciencia y Tecnología DITEC, plantea los retos por medio de la formulación de una convo-

catoria anual. Así, para las “líneas priorizadas”, correspondientes a la convocatoria 2019, se plantearon los siguientes retos: lucha contra la explotación de recursos naturales; cambio climático; y aprovechamiento de recursos renovables aplicados a la institución militar. En la convocatoria 2020, dirigida a las capacidades requeridas para la fuerza, se plantearon necesidades en desarrollos logísticos para optimizar el uso de recursos naturales, en estrategias para mitigar el riesgo de desastres y en planes para prevenir y mitigar incendios forestales, entre otros temas.

**Tabla 3.** Capacidades de los grupos de investigación en el área de medioambiente y biodiversidad

Grupo de investigación	Capacidad: línea de investigación del grupo	Aporte con el área del medioambiente y biodiversidad
Grupo de investigación en ingeniería y simulación	Procesos, materiales e insumos en ingeniería civil y militar.	Uso de recursos naturales de manera más eficiente.
	Desarrollo de procesos y sistemas de seguridad y defensa.	Procesos de seguridad y defensa que permitan el cumplimiento del Plan Artemisa.
Grupo de investigación ingenieros militares	Ingeniería civil y militar aplicada al desarrollo de la tecnología.	Uso de recursos naturales de manera más eficiente.
	Gestión del riesgo de desastres.	Mitigación de impactos ambientales Conservación de ecosistemas
Grupo de investigación en logística militar	Logística, civil y militar.	Producción más limpia. Uso de recursos naturales de manera eficiente.
Grupo de investigación en aviación militar	Innovación y sostenibilidad.	Gestión ambiental en la aviación.
Grupo de investigación INTEMIL	Gestión logística militar.	Producción más limpia. Uso de recursos naturales de manera eficiente.

*Nota:* los grupos de investigación con líneas de investigación en seguridad y defensa que aporten al Plan Artemisa también contribuyen a la protección del medioambiente. Otros grupos han iniciado investigaciones relacionadas con el área ambiental y la biodiversidad, sin consolidar alguna línea de investigación.

De acuerdo con las capacidades de los grupos de investigación y el direccionamiento a través de convocatorias, en la tabla 4 se pueden identificar los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que apuntan al área de investigación de medioambiente y biodiversidad, aportando así al cumplimiento del Plan Artemisa.

**Tabla 4.** Proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que aportan al área de medioambiente y biodiversidad

<b>Línea de investigación</b>	<b>Proyectos de investigación</b>	<b>Impacto</b>
Minería ilegal	Proyecto de investigación Grupo de investigación en ingeniería y simulación.	Control y reporte geográfico del territorio.
Deforestación	Proyecto de investigación Grupo de investigación en ingeniería y simulación.	Control y reporte geográfico del territorio.
Producción más limpia y gestión sostenible	Proyectos de investigación Grupo de investigación ingenieros militares.	Conservación de recursos naturales. Reducir el consumo de recursos. Producción limpia y autosostenimiento.
	Proyecto de investigación Grupo de investigación en aviación militar.	Reducción de la contaminación ambiental.
	Proyecto de investigación Grupo de investigación para la capacitación militar.	Autosostenimiento. Reducir el consumo de recursos.
Conservación ecológica y protección de la biodiversidad	Proyecto de investigación Grupo de investigación ingenieros militares.	Conservación y recuperación de ecosistemas y zonas protegidas.

*Nota:* proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en desarrollo, con financiación de la Dirección de Ciencia y Tecnología e interna de las unidades. Los nombres se omiten por temas de propiedad intelectual.

Durante los años 2019 y 2020 se han llevado a efecto seis proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, para el cumplimiento de los objetivos estratégicos del Ejército y del Plan Artemisa. En cuanto a los productos científicos que se han producido a partir del área ambiental y de biodiversidad, en la tabla 5 se muestran aquellos que han generado nuevo conocimiento y desarrollo tecnológico durante los últimos cinco años.

**Tabla 5.** Productos de generación de nuevo conocimiento y desarrollo tecnológico que apuntan al área ambiental

Tipo de producto	Producto
Artículos publicados en revista indexada	De la aplicabilidad de la gestión del riesgo a la reciente declaratoria de emergencia sanitaria de Bogotá. Definición de lineamientos para la formulación de determinantes de riesgo para Corpoguavio (Colombia). Nuevas formas para optimizar la gestión del riesgo desde la perspectiva de territorios resilientes en Colombia. Amenazas nucleares, biológicas y químicas, una estrategia de manejo.
Patentes	Unidad de suministro de energía para dispositivos portátiles.
Prototipos	Polígono láser portátil.
Regulaciones y normas	Manual de gestión de riesgos ambientales para puestos avanzados de vigilancia.

*Nota:* productos científicos de los últimos cinco años que apuntan al área de medioambiente y biodiversidad.

Los productos y resultados de investigación de los últimos cinco años se alinean, principalmente, con la gestión de riesgo y el desarrollo tecnológico capaces de reducir la generación de residuos sólidos. Cabe resaltar que el Grupo de investigación de ingenieros militares es el mayor aportante de estos productos. Sin embargo, a partir del año 2019, con la implementación del Plan Artemisa y la formulación del área de investigación en medioambiente y biodiversidad, se ha promovido el desarrollo de investigaciones dirigidas a trabajos afines a esta área de investigación. Como resultado, se han presentado varias propuestas de investigación de diferentes grupos en el área ambiental y el fortalecimiento de capacidades.

Por otro lado, grupos de investigación de las escuelas han trabajado durante este último año en fortalecer la investigación relacionada con medioambiente; tal es el caso del Grupo de investigación en aviación militar de la Escuela de Aviación y el Grupo de investigación para la capacitación miliar de la Escuela de Armas Combinadas del Ejército, los cuales han desarrollado actividades para la fortalecer estas capacidades, como el encuentro ambiental, la producción de cartillas y la conformación de semilleros de investigación.

## Conclusiones

El Plan Artemisa, puesto en marcha por parte del Ejército Nacional, fortalece la seguridad ambiental al constituirse como eje transversal para la seguridad

nacional, tal y como lo sustentan Vinola y Padma (2015). El cumplimiento de los objetivos del Plan Artemisa está estrechamente relacionado con la seguridad nacional y la protección de los recursos naturales. Garantizar el desarrollo sostenible y comprometerse con el uso eficiente de los recursos son tareas que lleva a cabo el Estado para proteger la soberanía del país. Lo que resalta la importancia fundamental que tienen en tales labores las Fuerzas Militares y evidencia la estrecha relación entre la seguridad y el área ambiental (Alavi et al., 2017).

El Plan Artemisa representa la materialización de los objetivos en el área ambiental propuestos por parte del Ejército Nacional. Es así como desde la educación se ha realizado una alineación estratégica para identificar las directrices de investigación que den cumplimiento a tales metas. Estas líneas apuntan a dos enfoques identificados en el estado del arte: el primero busca aumentar la seguridad para evitar la explotación de recursos naturales por parte de grupos al margen de la ley, tomando en cuenta los impactos negativos que sufre el medioambiente a causa de los conflictos armados (Smith, 2019; Kim & Mesquita, 2015); el segundo enfoque busca prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales generados por las actividades de las Fuerzas Militares, ya que, como señala Magagula (2020), estas generan efectos en el medioambiente.

En los resultados presentados se puede evidenciar que los productos científicos de los grupos de investigación durante los últimos cinco años no representan un gran aporte para la protección del medioambiente, solo se fortalecen la gestión del riesgo y la producción tecnológica, y se reduce el consumo de materiales. A partir del año 2019, con la emisión del Plan Artemisa y la estipulación de ciertas áreas y líneas de investigación, se desarrollan convocatorias de investigación y desarrollo tecnológico enfocadas a alcanzar objetivos del Ejército en línea con el tema medioambiental, con esto se ha generado un aumento de proyectos de investigación con propósitos más pertinentes y oportunos para este campo de estudio. Además, se han desarrollado propuestas que buscan medir diversos impactos en el medioambiente relacionados, por ejemplo, con reducir el consumo de recursos naturales, generar producción más limpia, minimizar impactos ambientales, fortalecer el autosostenimiento, y la conservación de áreas protegidas. Asimismo, se evidencia la consolidación de capacidades en los grupos de investigación con respecto al enfoque ambiental.

El sistema de educación, a través de la investigación y el desarrollo tecnológico, ha generado un impacto positivo en el objetivo del Plan Artemisa que busca contribuir en el mantenimiento de la integridad ecológica de los ecosistemas, para la conservación de las especies endémicas y/o la contención de amenazas,

específicamente en los ecosistemas de páramo, mediante investigaciones que provean la reproducción del frailejón. Además, han surgido diferentes proyectos que buscan reducir el consumo de agua, mitigando el impacto ambiental sobre este recurso hídrico. Otro objetivo del Plan Artemisa que se ha desarrollado, es el de lograr neutralizar estructuras armadas que hacen presencia en Parques Naturales Nacionales (PNN) y áreas protegidas, a través del desarrollo tecnológico de Sistemas de Información Geográfica (SIG) que sirvan como herramientas para llevar a efecto el control territorial.

De este modo, desde la educación que brinda el Ejército Nacional, resulta estratégico fortalecer el área ambiental para dar cumplimiento a la política nacional e institucional, con el fin de alcanzar las metas y objetivos propuestos por la institución, el Ministerio de Defensa y el Estado, para cumplir con la protección y defensa del medioambiente. Para esto, es necesario fortalecer las capacidades de los grupos de investigación y apoyar proyectos relacionados con el área ambiental y la biodiversidad, pues ya se ha evidenciado cómo las investigaciones de las Fuerzas Militares han generado beneficios para la protección y el cuidado del medioambiente (Rice & Keysar, 2017; Hutchinson et al., 2015; Jeong et al., 2015).

## Referencias

- Alavi-Ghasvni, S., Mirehei, M., & Ahmadi, S. (2017). Security and Regional Development in Iran Case Study: Khorasan Razavi Province. *Geopolitics Quarterly*, 13(1), 125-145. <https://www.magiran.com/paper/1712212?lang=en>
- CEDOC. (2019). Áreas y líneas de investigación. *CEDOC*.
- Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 99. Por la cual se crea el Ministerio del Medioambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medioambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan otras disposiciones. <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>
- Dabelko, G., & Rogers, W. (2016). Military-to-Military Cooperation on the Environment and Natural Disasters: Engagement for peacebuilding. En C. Bruch, C. Muffett, & S. Nichols (Eds.), *Governance, Natural Resources and Post-Conflict Peacebuilding* (p. 277). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203109793-13>
- De Andrade, H. (2020). Autoethnography (Military, Environment) as Transdisciplinization in Anthropocene Times. *Cultural Studies Critical Methodologies*, 20(6), 535-538. <https://doi.org/10.1177/1532708620912803>
- Ejército Nacional de Colombia. (2016). Misión centro de educación y doctrina. *Ejército Nacional de Colombia*. [https://www.cedoc.mil.co/comando\\_educacion\\_doctrina/conozcanos/mision\\_393724](https://www.cedoc.mil.co/comando_educacion_doctrina/conozcanos/mision_393724)
- Ejército Nacional de Colombia. (2018). Artemisa Sostenimiento ambiental, preservación del agua, la biodiversidad y los recursos naturales, como activos estratégicos de la nación.

- Ejército Nacional de Colombia. (2019). Mapa Estratégico del Ejército Nacional. *Ejército Nacional de Colombia*. [https://www.ejercito.mil.co/s\\_i\\_g/objetivos\\_institucionales\\_calidad\\_223721](https://www.ejercito.mil.co/s_i_g/objetivos_institucionales_calidad_223721)
- Ejército Nacional de Colombia. (2020). Departamento de ingenieros militares. Ejército Nacional de Colombia. [https://www.ejercito.mil.co/conozcanos/organigramal/jefatura\\_estado\\_mayor\\_planeacion\\_253757/departamento\\_ingenieros\\_militares](https://www.ejercito.mil.co/conozcanos/organigramal/jefatura_estado_mayor_planeacion_253757/departamento_ingenieros_militares)
- Galeano, E., & Mancera, N. (2018). Efectos de la deforestación sobre la diversidad y la estructura del ensamblaje de macroinvertebrados en cuatro quebradas Andinas en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1721–1740. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i4.31397>
- García, C., García, J., & Vaca, M. (2015). Valoración económica en salud y medioambiente del control de contaminantes orgánicos persistentes en Colombia. *Revista de Salud Pública*, 17(6), 951-960. <https://doi.org/10.15446/rsap.v17n6.51717>
- Giraldo, L., Chará, J., Chará-Serna, A., & Ramírez, Y. (2020). Restauración de corredores ribereños en paisajes ganaderos de la zona andina colombiana: efectos tempranos en el ambiente acuático. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(171), 652-664.
- Hutchinson, J., Jacquin, A., Hutchinson, S., & Verbesselt, J. (2015). Monitoring Vegetation Change and Dynamics on U.S. Army Training Lands Using Satellite Image Time Series Analysis. *Journal of Environmental Management*, 150, 355-366.
- Jeong, K., Hong, T., Ban, C., Koo, C., & Park, H. (2015). Life Cycle Economic and Environmental Assessment for Establishing the Optimal Implementation Strategy of Rooftop Photovoltaic System in Military Facility. *Journal of Cleaner Production*, 104, 315-327. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.066>
- Kim, C., & De Mesquita, B. (2015). Ecological Security and the Promotion of Peace: A DMZ Eco-peace Park. *Korean Journal of Defense Analysis*, 27(4), 539-557.
- Magagula, H. (2020). Military Integrated Environmental Management Programme of the South African National Defence Force. *South African Geographical Journal*, 102(2), 170-189. <https://doi.org/10.1080/03736245.2019.1661873>
- Ministerio de Defensa Nacional. (2018). *Política ambiental del sector defensa Colombia*. [https://www.policia.gov.co/sites/default/files/cartilla\\_politica\\_sectorial\\_ambiental.pdf](https://www.policia.gov.co/sites/default/files/cartilla_politica_sectorial_ambiental.pdf)
- Ministerio de Defensa Nacional. (2019). *Plan Estratégico del Sector Defensa y Seguridad: Guía de Planeamiento Estratégico (2018-2022)*. [https://www.mindefensa.gov.co/irj/go/km/docs/Mindefensa/Documentos/descargas/Sobre\\_el\\_Ministerio/Planeacion/Políticas/Guia\\_Planeamiento\\_Estrategico\\_2018-2022.pdf](https://www.mindefensa.gov.co/irj/go/km/docs/Mindefensa/Documentos/descargas/Sobre_el_Ministerio/Planeacion/Políticas/Guia_Planeamiento_Estrategico_2018-2022.pdf)
- O’Toole, G. (2017). *Environmental security in Latin America*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315529417>
- OECD. (2018). *Manual de Frascati 2015: Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264310681-es>
- Petre, R., Rotariu, T., Zecheru, T., Petrea, N., & Băjenaru, S. (2016). Environmental Long-Term Impact on A Romanian Military Testing Range. *Central European Journal of Energetic Materials*, 13(1), 3-19. <https://doi.org/10.22211/cejem/64961>
- Ramírez, O. (2015). Identificación de problemáticas ambientales en Colombia a partir de la percepción social de estudiantes universitarios localizados en diferentes zonas del país. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 31(3), 293-310. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992015000300009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992015000300009)

- Rice, S., & Keysar, E. (2017). NEPA Assessments for Large-Scale Renewable Energy Projects on Army Land: Best Practices and Lessons Learned. *Environmental Practice*, 19(4), 222-226. <https://doi.org/10.1080/14660466.2017.1372542>
- Robledo, R., Agudelo, C., García, J., García, C., & Osorio, S. (2017). Calidad de vida y ambiente en comunidades próximas a la actividad de minería industrial en Boyacá, Colombia. *Revista de Salud Pública*, 19(4), 511-518. <https://https://doi.org/10.15446/rsap.V19n4.70324>
- Smith, T. (2019). Critical perspectives on environmental protection in non-international armed conflict: Developing the principles of distinction, proportionality and necessity. *Leiden Journal of International Law*, 32(4), 759-779. <https://doi.org/10.1017/S0922156519000372>
- Florence Vinola, F., & Padma, G. (2015). A qualitative analysis on the risk determination and national security. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(2), 5227-5233.
- CEDOC. (2019). *Áreas y líneas de investigación CEDOC*. Colombia.
- Ejército Nacional de Colombia. (2016). Misión Centro de Educación y Doctrina. Retrieved from [https://www.cedoc.mil.co/comando\\_educacion\\_doctrina/conozcanos/mision\\_393724](https://www.cedoc.mil.co/comando_educacion_doctrina/conozcanos/mision_393724)
- Ejército Nacional de Colombia. Artemisa Sostenimiento ambiental, preservación del agua, la biodiversidad y los recursos naturales, como activos estratégicos de la nación (2018).
- Ejército Nacional de Colombia. (2020). Departamento de Ingenieros. Retrieved from [https://www.ejercito.mil.co/conozcanos/organigrama/jefatura\\_estado\\_mayor\\_planeacion\\_253757/departamento\\_ingenieros\\_militares](https://www.ejercito.mil.co/conozcanos/organigrama/jefatura_estado_mayor_planeacion_253757/departamento_ingenieros_militares)
- Galeano-Rendón, E., & Mancera-Rodríguez, N. J. (2018). Effects of deforestation on macroinvertebrate diversity and assemblage structure in four Andean creeks in Colombia | Efectos de la deforestación sobre la diversidad y la estructura del ensamblaje de macroinvertebrados en cuatro quebradas Andinas en Colomb. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1721-1740. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i4.31397>
- García-Ubaque, C. A., García-Ubaque, J. C., & Vaca-Bohórquez, M. L. (2015). Economic assessment in health and environment from control of persistent organic pollutants in Colombia | Valoración económica en salud y medio ambiente del control de contaminantes orgánicos persistentes en Colombia. *Revista de Salud Pública*, 17(6). <https://doi.org/10.15446/rsap.v17n6.51717>
- Giraldo, L. P., Chará, J., Chará-Serna, A. M., & Ramírez, Y. P. (2020). Restoration of riparian corridors in cattle ranching landscapes of the Colombian Andes: Early effects on the aquatic environment | Restauración de corredores ribereños en paisajes ganaderos de la zona andina colombiana: Efectos tempranos en el ambiente ac. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(171), 652-664. <https://doi.org/10.18257/raccefyfn.1063>
- Ramírez Hernández, O. (2015). Identification of environmental problems in Colombia from the social perception of university students located in different parts of the country | Identificación de problemáticas ambientales en Colombia a partir de la percepción social de estudiantes univ. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 31(3), 293-310.
- Robledo-Martínez, R., Agudelo-Calderón, C. A., García-Ubaque, J. C., García-Ubaque, C. A., & Osorio-García, S. D. (2017). Quality of life and environment in communities close to industrial mining activity in Boyacá, Colombia | Calidad de vida y ambiente en comunidades próximas a la actividad de minería industrial en Boyacá, Colombia. *Revista de Salud Pública*, 19(4), 511-518. <https://doi.org/10.15446/rsap.V19n4.70324>

- Tarazona, Á. A., & Lugos, A. D. C. (2019). Thinking socio-environmental change: An approach to collective actions in defense of the páramo de Santurbán (Santander, Colombia) | Pensar el cambio socioambiental: Un acercamiento a las acciones colectivas por el páramo de Santurbán (Santander, Colombia. *Revista Colombiana de Sociología*, 42(1), 157–175. <https://doi.org/10.15446/rsc.v42n1.73070>
- Vinola, F., & Padma, G. (2015). A Qualitative Analysis on the Risk Determination and National Security. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(2), 5227-5233. [https://www.researchgate.net/publication/282955410\\_A\\_qualitative\\_analysis\\_on\\_the\\_risk\\_determination\\_and\\_national\\_security](https://www.researchgate.net/publication/282955410_A_qualitative_analysis_on_the_risk_determination_and_national_security)

Esta página queda intencionalmente en blanco

# Una mirada académica y pedagógica a la gestión ambiental adelantada por el Ejército Nacional de Colombia<sup>1</sup>

# 4

<https://doi.org/10.21830/9789585318342.04>

*Alba Nubia Muñoz Montilla<sup>2</sup>*

*Diana Astrid Rozo Ávila<sup>3</sup>*

*Ximena Fajardo Martínez<sup>4</sup>*

Red de Docentes Investigadores (REDDI)

## Resumen

Este capítulo tiene como objetivo evidenciar la importancia de la gestión ambiental en las dinámicas y políticas institucionales del Ejército, con el propósito de detectar y mitigar impactos ambientales negativos. Se realiza una indagación documental de los trabajos, artículos y documentos en línea relacionados con la gestión ambiental que adelantan diferentes instancias del Ejército Nacional de Colombia. De manera significativa, se visibilizan las acciones de gestión ambiental adelantadas, con el objeto de identificar sus fortalezas, potencializar su accionar y cumplir su misionalidad en metas y regulaciones ambientales. Se detectan fortalezas alrededor de los procesos y convenios para la formación en aspectos ambientales del personal

---

1 Este capítulo hace parte de los resultados de los diversos procesos de investigación promovidos desde el nodo de ciencias de la REDDI. Los puntos de vista y los resultados de este capítulo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

2 PhD en Educación (Universidad Pedagógica Nacional). Magíster en Gestión Ambiental (Pontificia Universidad Javeriana). Licenciada en Biología (Universidad Pedagógica Nacional). Líder Línea de Investigación de Educación y Gestión Ambiental en la Red de Docentes Investigadores (REDDI). Experiencia en la coordinación de programas de formación docente y proyectos de educación y gestión ambiental a nivel local y distrital (REDDI), Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1486-1410> - Contacto: [nubia@reddi.net](mailto:nubia@reddi.net)

3 PhD en Educación-Aprendizaje Social (Universidad Central de Nicaragua). Especialista en Evaluación Pedagógica (Universidad Católica de Manizales). Especialista en Gerencia Educacional (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia). Licenciada en Bioquímica (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia). Líder investigador del Nodo de Ciencias Naturales y Educación. Ambiental y líder del Nodo de Cultura Evaluativa 360° (REDDI). Experiencia en Gestión Logística Educativa (REDDI). Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-74539517> - Contacto: [diana@reddi.net](mailto:diana@reddi.net)

4 Magíster en Geografía (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia). Especialista en Educación y Gestión Ambiental (Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Licenciada en Biología (Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Directora académica de la REDDI. Docente líder en la Red de Instituciones por la Evaluación (RIE). Experiencia en Planes de Manejo Ambiental (PMA), Proyectos Ciudadanos de Educación Ambiental (Proceda), Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) y Educación y Gestión Ambiental con comunidades rurales y urbanas (REDDI). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2472-2070> - Contacto: [xifama@reddi.net](mailto:xifama@reddi.net)

y se formulan recomendaciones pedagógicas que aporten a su mejoramiento en términos de articulación de la gestión.

**Palabras clave:** educación ambiental; gestión ambiental; conservación ambiental.

## Introducción

A través del desarrollo de este capítulo se busca contextualizar al lector sobre los conceptos generales de las dinámicas que intervienen en la gestión ambiental del Ejército Nacional de Colombia. Esto, desde una visión académica que, se espera, logre evidenciar todo el trabajo, dedicación y esfuerzo en cada una de las tareas que la institución ha emprendido en sus diferentes direcciones administrativas en el territorio colombiano. Como se verá, la gestión ambiental del Ejército Nacional busca sincronizar algunos aspectos procedimentales, a través de los cuales se pretende optimizar el tiempo de consultas, la continuidad de los proyectos y la potencialización de semilleros y otros aspectos de desarrollo investigativo, proyectando una armonización colectiva, dinámica y comunicativa de los procesos de investigación académica en el territorio nacional.

Con respecto al contexto de las acciones sostenibles con el planeta, se genera un marco conceptual que se fundamenta en unas generalidades del sistema de gestión ambiental y de políticas del ordenamiento territorial, en las que se encontrarán las determinaciones más relevantes que conducen a la adecuada implementación de la gestión ambiental.

Posteriormente, se analiza el panorama educativo de la gestión ambiental, a partir del sentido pedagógico y de las dinámicas que se entretajan en las organizaciones, teniendo en cuenta los soportes jurídico-ambientales que lo direccionan.

En lo que corresponde a la visión y acción de la gestión ambiental del Ejército Nacional de Colombia, se deshilvana la historia, muy bien fundamentada y organizada, en los documentos, artículos, trabajos y publicaciones consultadas, los cuales narran a grandes rasgos su desempeño, invitando al lector a un recorrido sobre la trayectoria del Centro de Educación Militar (CEMIL), como ente académico responsable de los programas educativos de la institución.

## Marco teórico

### Sistemas de gestión ambiental

La Norma Técnica Colombiana (NTC) ISO 14001:2015 establece el sistema de gestión ambiental como una parte fundamental dentro del sistema de gestión,

que comprende el modo en el cual los elementos de una organización se interrelacionan o interactúan para establecer políticas y objetivos. Esta norma, es utilizada para gestionar aspectos ambientales, cumplir requisitos legales, y otros requerimientos, así como para abordar los riesgos y oportunidades.

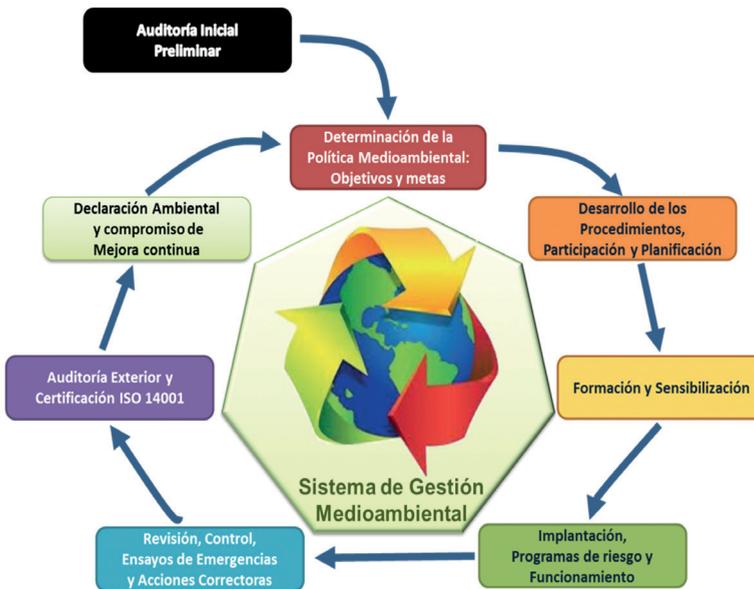
La ISO 14001 pertenece a la familia de las normas ISO 14000 de gestión ambiental, proporciona un marco para que se pueda cumplir con responsabilidades corporativas en materia ambiental. Dentro de los principales requisitos de la Norma ISO 14001 se establece la creación de un plan de objetivos y metas ambientales, políticas y procedimientos para lograr esas metas, responsabilidades definidas, actividades de capacitación del personal, documentación, y un sistema para controlar cualquier cambio y avance realizado (Norma ISO, 2015). La norma exige el cumplimiento de la legislación ambiental y traza los procedimientos que deben llevar a cabo las organizaciones para su implementación; por otra parte, las metas de productividad son establecidas por la organización (FAO, 2020).

Los sistemas de gestión ambiental se desarrollan en cada organización de acuerdo con el estándar al que esta se adapte mejor, de acuerdo con la normatividad aplicable y a las características propias de aquella. A nivel internacional, existen diferentes estándares certificables para la implementación del sistema de gestión ambiental.

Para hacerlo, la institución interesada debe conocer previamente los impactos ambientales generados por su actividad, para así poder mitigarlos, lo que hace necesario el uso de herramientas de evaluación como las matrices de valoración de impacto ambiental (ver figura 1).

Los sistemas de gestión ambiental abarcan aspectos como el control y la gestión mejorados de emisiones, vertimientos y residuos. La Escuela Europea de Excelencia (2016) plantea como beneficios de los sistemas de gestión ambiental: a) evitar la utilización y manejar de forma segura los materiales peligrosos o contaminados; b) reducción en la generación de residuos; c) mejora en la eficacia y reducción de costos energéticos; d) conservación de recursos naturales, incluyendo el agua, el suelo y materiales valiosos; e) enfoque integral para satisfacer los requisitos legales y otros requerimientos; f) eficacia y reducción de costos operativos; y g) realizar iniciativas ambientales alineadas con las prioridades de las entidades..

Con un buen sistema de gestión ambiental también pueden conseguirse otros beneficios, como el incremento de la rentabilidad, expandir el acceso a mercados y mejorar las relaciones con proveedores, reguladores, inversores, aseguradoras y demás estamentos (Escuela Europea de Excelencia). La figura 2 reúne la mayoría de los beneficios de implementación del SGA.



**Figura 1.** Pasos para la implementación de un sistema de gestión ambiental  
Fuente: Norma ISO 14000, 1996; ISO 14001, 2015. Gestión medioambiental.  
<https://bit.ly/34MlGs1>



**Figura 2.** Beneficios de los sistemas gestión ambiental

*Nota:* la imagen muestra las ventajas sociales, económicas y de eficiencia ambiental asociadas a la aplicación de las normas ISO 14001.

Fuente: <https://bit.ly/32fL08g>

## Sistema de gestión de calidad en el Ejército de Colombia

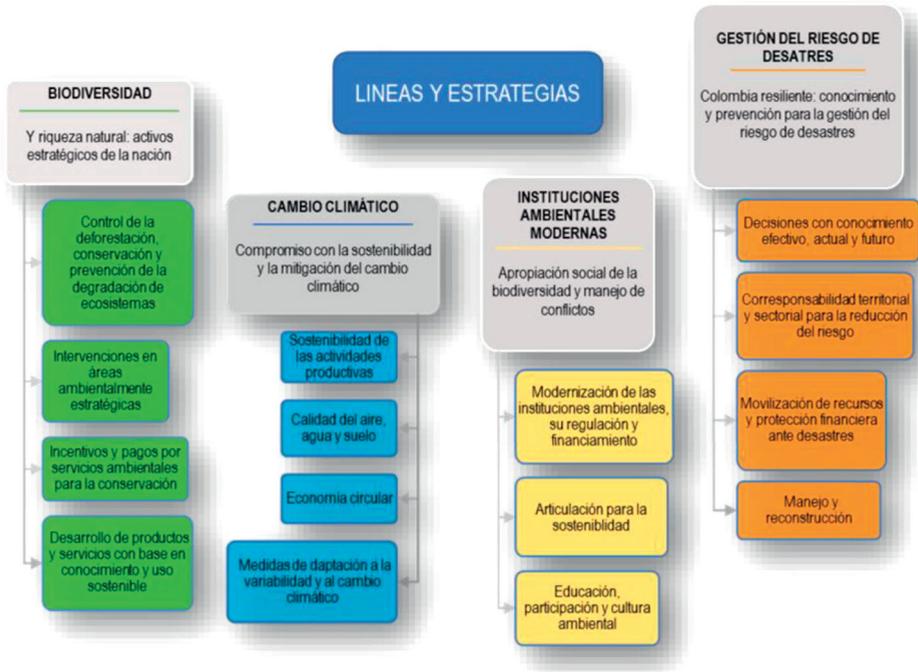
El Ejército Nacional de Colombia es la fuerza armada terrestre que opera en la República de Colombia. Su misión principal es conducir operaciones militares orientadas a defender la soberanía, la independencia y la integridad territorial, así como proteger a la población civil, los recursos privados y estatales, para contribuir a generar un ambiente de paz, seguridad y desarrollo, que garantice el orden constitucional de la nación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

La estructura del Ejército Nacional está compuesta por: Comando del Ejército, Segundo Comandante del Ejército Nacional, Jefatura de Estado Mayor de Planeación y Políticas, Jefatura de Estado Mayor de Operaciones y Jefatura de Estado Mayor Generador de Fuerza, perteneciendo a esta última el CEMIL como el Comando de Educación y Doctrina (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

## Panorama de educación en el proceso de gestión ambiental

La gestión ambiental es un proceso orientado a resolver, mitigar o prevenir los impactos de carácter ambiental, con el propósito de lograr un desarrollo sostenible, entendido este como aquel que le permite al hombre el desenvolvimiento de sus potencialidades y su patrimonio biofísico y cultural, garantizando su permanencia en el tiempo y el espacio (Molina, 2015).

Las áreas normativas y legales que involucran algunos aspectos de la gestión ambiental incluyen varios ítems que orientan la sostenibilidad y eficacia del proceso, para ello se cuenta con: a) una *política ambiental*: relacionada con la dirección pública o privada de los asuntos ambientales internacionales, regionales, nacionales y locales; b) la *ordenación del territorio*: entendida como la distribución de los usos del territorio de acuerdo con sus características; y c) *evaluación del impacto ambiental*: conjunto de acciones que permiten establecer los efectos de proyectos, planes o programas sobre el medioambiente.



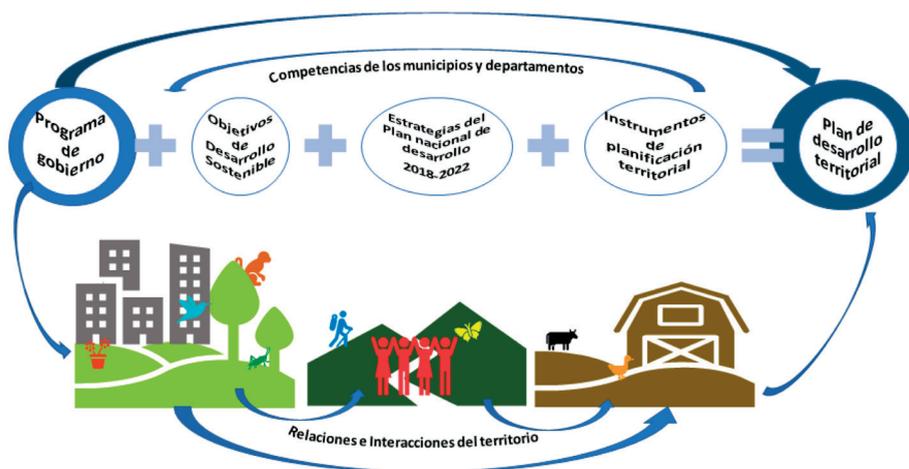
**Figura 3.** Pacto por la sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo

*Nota:* la figura representa líneas estratégicas en cuatro aspectos importantes para la gestión ambiental.

Fuente: Camacho et al. (2019, p. 21)

<https://bit.ly/2TNGo4E>

Además de estos lineamientos generales, se debe tener claridad acerca del impacto de la protección ambiental, pues se trata de una tarea que vincula a todos los estamentos públicos y privados de todos los sectores del país, no solo por medio de compromisos escritos —consignados en los documentos reglamentarios de cada entidad y que se encuentran regidos por las leyes ambientales— sino también en acciones encaminadas a cuidar, mantener y proteger el patrimonio ambiental. Desafortunadamente, en la práctica, se evidencia la incoherencia de algunas acciones que llevan al uso inadecuado de los recursos naturales, lo que hace imperativo unificar y generar acciones armonizadas, teniendo en cuenta los aspectos pertinentes del Plan de Desarrollo Territorial.



**Figura 4.** Relaciones e interacciones en el territorio para formular el Plan de Desarrollo Territorial  
Fuente: Camacho et al. (2019, p. 24)

Es importante implementar una armonización para mantener el equilibrio ambiental, con propuestas de desarrollo sostenible que dinamicen el Plan de Desarrollo Territorial y que promuevan la ampliación de la cobertura de servicios básicos sociales, así como de proyectos que aporten a la sostenibilidad ecológica y el cuidado de los hábitats, reduciendo así los impactos negativos en el medioambiente.

En nuestro país, el Ministerio de Ambiente deberá continuar con nuevas estrategias para operacionalizar los lineamientos ambientales, ya que la tarea es muy grande, en primer lugar, frente a la falta de conciencia ambiental, y, en segundo lugar, frente a la imposición de intereses económicos particulares de toda índole, que ocasionan detrimento ambiental y que conllevan fuertes conflictos entre los actores ambientalistas, inversionistas, representantes del Estado y las organizaciones sociales y de protección de los recursos (Rodríguez, 2017), lo que evidencian ejemplos como la represa de El Quimbo, el proyecto Angostura, las explotaciones petroleras en Campo Rubiales, el cargue de carbón en la bahía de Santa Marta, la Coloso, entre otros.

Uno de los factores a tener en cuenta en la gestión ambiental, es el interés por analizar los diversos factores que nos llevan a realizar acciones conscientes por aportar al planeta que es nuestro hogar. Según muchos estudios, se prevé el aumento de la frecuencia de conflictos a diferentes niveles, originados en las dificultades de acceso a bienes y servicios ecosistémicos con la cantidad y la calidad adecuadas. Esta amenaza es especialmente clara en el caso del acceso al agua, identificada como

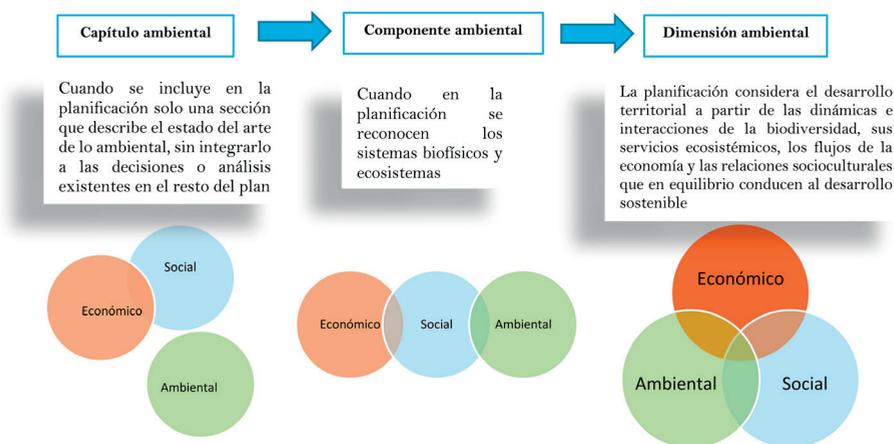
una fuente potencial de conflictos que muestra una tendencia preocupante al crecimiento (Norma ISO, 2015).

La importancia del manejo de la política ambiental frente a otros asuntos y el paradigma irreal del crecimiento económico continuo, han sido fuente muy activa de tensiones entre los intereses globales, respaldados por muchos gobiernos, regionales y locales, dando origen al aumento de los conflictos ambientales centro-periferia en muchos países del Tercer Mundo, en especial en América Latina. Las protestas sociales generadas por el desarrollo acelerado de la minería y los desarrollos energéticos que se extienden por el continente son muestra de ello, tal como lo señalan Guhl y Leyva (2015, pp. 29-32).

## **Antecedentes de la Gestión Ambiental del Ejército Nacional de Colombia**

Dentro de las políticas ambientales internas del Ejército se fundamentó un horizonte institucional para la gestión ambiental, esta es la encargada de coordinar una infraestructura muy bien organizada que supervisa la protección del medio ambiente, el óptimo uso de los recursos naturales que están presentes de forma activa dentro de los procesos de planeación, y la ejecución de proyectos y programas que se desarrollan a lo largo y ancho del territorio nacional, con campañas constantes que favorecen a la población civil y militar, a través de un grupo especializado como los Héroes Multimisión, quienes ayudan a concientizar, mantener y cuidar al medioambiente en toda Colombia.

Otras de las funciones del Ejército Nacional que se encuentran armonizadas con las leyes constitucionales ambientales, son aquellas que realiza para la protección de la riqueza natural del país, para lo cual se implementaron cimientos muy fuertes, con base en programas de cualificación ambiental, para educar, sintonizar al personal y estar a la vanguardia con las necesidades del país. En este sentido, se ofrecen programas continuos en el Centro de Educación Militar; una especialización en Gestión Ambiental y Desarrollo Comunitario; un diplomado virtual en Gestión Ambiental (CEMIL, 2020); y se han consolidado alianzas en los diversos departamentos del país con entidades educativas como el SENA, instituciones ambientales y universidades que brindan diversas opciones, dependiendo de las necesidades locales. Estas acciones se complementan con publicaciones de artículos como: “Lideramos acciones para cuidar el planeta”; “Parques Naturales y el Ejército Nacional de aliados en la protección de las áreas naturales de Colombia”,



**Figura 5.** Principales conceptos del abordaje ambiental

*Nota:* en la figura se toman en cuenta algunos aspectos de los ámbitos: económico, social y ambiental; con respecto a este último, se incluyen también los antecedentes, los sistemas biofísicos, las dinámicas de biodiversidad y el desarrollo sostenible.

Fuente: Camacho et al. (2019, p. 13)

“Así protegen los soldados de Colombia el medio ambiente”, entre otros (Revista Ejército, 1999).

En el perfil del egresado de la especialización del CEMIL, estas líneas ambientales cambian su perspectiva y la entretienen con su filosofía militar como profesionales especialistas formados interdisciplinariamente, capaces de tomar decisiones en la solución de la problemática ambiental, con conocimientos en gestión, educación y manejo ambiental, que puedan liderar, formular, diseñar y ejecutar planes, programas y proyectos ambientales del orden local regional y nacional. Además, se garantiza la sostenibilidad ambiental a través del fortalecimiento de los semilleros de investigación, los cuales dan continuidad a la realización de investigaciones, consultas, proyectos y trabajos que, a futuro, brindarán soluciones a las problemáticas internas de sus dependencias en cada una de las brigadas y batallones, lo que resulta imprescindible en los programas de ascenso militar.

Adicionalmente, se realizan campañas con el ánimo de crear conciencia ambiental y diseñar nuevas estrategias de conservación; se llevan a cabo reuniones con diferentes instituciones públicas y privadas para la implementación de actividades que promueven el cuidado del medioambiente, como la limpieza y embellecimiento de parques naturales y lugares emblemáticos. Para citar un caso específico, se ha hecho un llamado a toda la comunidad llanera a cuidar los recursos naturales,

en especial el agua, así como a evitar las quemas que provocan los incendios forestales que acaban con nuestra flora y fauna silvestre.

Otro ejemplo es la labor realizada por El Batallón de Infantería No. 39 Sumapaz, adscrito a la Brigada 13 del Ejército Nacional, que lidera un proyecto, en coordinación con la Alcaldía de Pasca en Cundinamarca, que permitió la siembra de más de 3000 árboles en el páramo de Sumapaz, el más grande del mundo, fuente hídrica que abastece el líquido vital a millones de personas en el país (Extrategia, 2018).

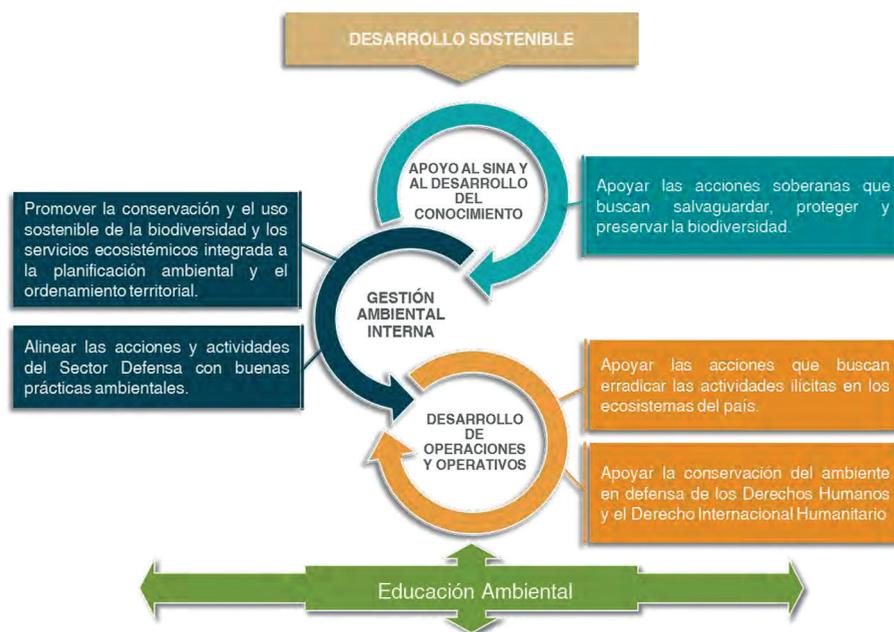
Así, las políticas ambientales del país, las cuales se articulan con las normas establecidas a nivel mundial como es el caso de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2015), se pueden ver reflejadas en la cartilla “Política Ambiental del Sector Defensa” (Arenas, 2009), en la que se evidencian acciones que son ejecutadas para lograr el objetivo estratégico N.º 8: “Poner a disposición del Estado colombiano las capacidades de la Fuerza Pública para mitigar los efectos del cambio climático, atender desastres naturales y proteger los ecosistemas” (Mindefensa, 2017, p. 51); objetivo que va en línea con lo que se estipula la Constitución, en su Artículo 79:

Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. [...] 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. (Constitución Política de Colombia, 1991, t. 2, art. 79)

Es importante resaltar el arduo trabajo que las fuerzas militares han desarrollado en pro del cumplimiento a la norma ambiental. Al respecto, la figura 6 muestra la estructura de la política ambiental.

Lo anterior está en concordancia con el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Sectorial (PIG CCS), implementado en el 2018 por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Este instrumento permite a los ministerios identificar, evaluar y orientar la incorporación de medidas de mitigación de gases de efecto invernadero y medidas de adaptación al cambio climático en las políticas y regulaciones según el sector. Adicionalmente, establece lineamientos para la implementación de medidas sectoriales de adaptación y mitigación a nivel territorial (González, 2018).

De la misma manera, se llevan a efecto proyectos de gestión ambiental, artículos y tesis de diferentes pregrados en los cuales se analizan e identifican problemas a los cuales se busca dar soluciones mediante los resultados de investigaciones. Por otra parte, se hacen seguimientos a estos planteamientos investigativos para tratar



**Figura 6.** Estructura de la política ambiental del sector defensa

*Nota:* en la figura se toman en cuenta algunos aspectos de los ámbitos: económico, social y ambiental; con respecto a este último, se incluyen también los antecedentes, los sistemas biofísicos, las dinámicas de biodiversidad y el desarrollo sostenible.

Fuente: Mindefensa (2018, p. 19)

de darles la sostenibilidad a los planes de manejo ambiental que permitan prevenir, conservar, mitigar y recuperar el medioambiente y sus recursos naturales, dentro de las bases y unidades tácticas fijas y móviles, en coordinación con otras entidades.

Para llevar a cabo estos procesos, la Dirección de Gestión Ambiental promueve alcanzar los objetivos planteados con la puesta en práctica de ciertas estrategias, como conformar un equipo de trabajo con conocimientos y formación profesional en materia ambiental, que tengan las capacidades de formular, organizar, dirigir y controlar actividades encaminadas a la prevención y mitigación del daño ambiental originado por el Ejército Nacional; dentro de este grupo se deben designar los responsables tanto a nivel central, como en las bases y unidades tácticas fijas y móviles.

Además, es necesario dotar a la Dirección de Gestión ambiental con el equipo técnico y logístico suficiente, y realizar el manejo de información mediante el desarrollo de indicadores y sistemas de información y computación adecuados. Se debe

fortalecer la gestión ambiental mediante el diseño y desarrollo de programas de capacitación, orientados a proporcionar, a los diferentes niveles que conforman el Ejército, la formación necesaria para adoptar y desarrollar las tareas que les corresponden, implementando la variable ambiental. Se debe tener un listado de actividades desarrollado en cada base y en las unidades tácticas, con el fin de establecer el tipo de impacto ambiental que genera cada actividad y el sistema de control que se está llevando en la actualidad para reducirlo. Asimismo, para cada base y unidad táctica se debe elaborar un diagnóstico de impactos ambientales en donde se establezca la fuente de su generación y el impacto causado tanto al interior como a la población circunvecina.

Adicionalmente, la Dirección de Gestión Ambiental ha realizado acompañamientos a la gestión ambiental institucional, en la modalidad de pasantías, con entidades como la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, a partir de las cuales se realizó el fortalecimiento del Comité Ambiental de la Dirección Ambiental y de Ecosistemas del Ejército, en el que se propusieron las siguientes actividades ambientales (Díaz & Sánchez, 2018):

- Realización de visitas de seguimiento (saneamiento básico) a baterías de baños y puntos ecológicos.
- Elaboración y difusión de boletines ambientales, jurídicos y educativos mensuales, con el propósito de sensibilizar a las personas en las problemáticas ambientales actuales y como estas tienen incidencia en su entorno, para lograr así una modificación progresiva en sus hábitos y que desde sus actividades cotidianas haya un cambio positivo para el ambiente.
- Seguimiento a los programas ambientales.
- Seguimiento al cumplimiento de la gestión ambiental en las escuelas.

Producto de los ejercicios y acompañamientos se ha recomendado fortalecer las bibliotecas y los centros de documentación, para garantizar la difusión de información documental técnica y científica ambiental, como insumo en la toma de decisiones en los ámbitos locales y regionales del territorio nacional, así como en el marco de la ‘Comemoración del Bicentenario de la Campaña Libertadora - 200 años de biodiversidad’, de acuerdo con la Ley 1916 de 2018 y el Decreto 748 de 2018, donde se establece que se requiere la articulación de las entidades territoriales y autoridades ambientales para desarrollar eventos que rescaten el conocimiento tradicional de nuestra biodiversidad y llevar a efecto aportes académicos y científicos relacionados con los valores ambientales en la línea de tiempo que va de 1819 a 2023.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario resaltar que para que la gestión ambiental se pueda materializar, es necesario que se enlacen estos procesos desde una mirada pedagógica que oriente las prácticas ambientales fortalecidas a través de la educación ambiental. De allí la necesidad de conceptualizar la educación ambiental, que resulta clave para comprender las relaciones existentes entre los sistemas naturales y sociales, así como para conseguir una percepción más clara de la importancia de los factores socioculturales en la génesis de los problemas ambientales. Su propósito fundamental es lograr que tanto los individuos como las colectividades comprendan la naturaleza compleja del medioambiente (resultante de la interacción de sus diferentes aspectos: físicos, biológicos, sociales, culturales, económicos, etc.) y adquieran los conocimientos, valores y habilidades prácticas para participar responsable y eficazmente en la prevención y solución de los problemas ambientales, del mismo modo que en la gestión de la calidad del medioambiente. (Martínez & Ruiz, 1999).

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible tiene entre sus metas la inclusión de la educación ambiental tanto en el ámbito formal como en el no formal, esto, como un aporte al desarrollo sostenible y al mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos, conservando sus riquezas naturales y recuperando ecosistemas, todo ello por el bien de las próximas generaciones.

## **Discusión y conclusiones**

El Ejército Nacional de Colombia, por ser una de las instituciones públicas más grandes del país y debido a su quehacer institucional, cuenta con diferentes unidades administrativas y operativas que movilizan gran cantidad de personal y requieren de enormes recursos para llevar a cabo sus actividades, lo que genera presión e impacto en el medioambiente, de ahí la necesidad de fortalecer su sistema de gestión ambiental.

La protección de los recursos naturales renovables y no renovables es una de las responsabilidades del Ejército Nacional, tarea que cumple desarrollando funciones y acciones de control y vigilancia, en apoyo a autoridades ambientales, entes territoriales y la comunidad, despliegue que, a su vez, contribuye a la vigilancia y control territoriales.

La organización operativa del Ejército Nacional se constituye en una fortaleza para cumplir esta función de protección ambiental. A este respecto, cuenta con la Dirección Ambiental y de Ecosistemas, que apoya la protección ambiental en el territorio, y el CEMIL, que aporta los procesos académicos de formación ambiental.

La Dirección Ambiental y de Ecosistemas del Ejército tiene a su cargo orientar y hacer seguimiento a las Unidades Operativas Mayores, Menores y Tácticas en aspectos y procesos de la gestión ambiental de la institución. De otro lado, el CEMIL es el centro rector de las escuelas de formación militar (Escuela de Ingenieros Militares, Escuela de Logística, Escuela de Comunicaciones, Escuela de Equitación, Escuela de Caballería, Escuela de Policía Militar, Escuela de Derechos Humanos, Escuela de Armas y Servicios, Escuela de Artillería, Escuela de Aviación del Ejército, Escuela de Infantería, Escuela de Inteligencia y Contrainteligencia, Escuela de Misiones Internacionales y Acción Integral, y el Batallón de Apoyo y Servicios para la Educación Militar), es el ente encargado de calificar el cumplimiento de las actividades llevadas a cabo mensualmente en cada una de estas; así mismo, debe cumplir con los plazos dados por el Comando de Ingenieros, que es, a su vez, su superior jerárquico y quien dicta las disposiciones que debe cumplir el CEMIL (Díaz & Sánchez, 2018).

El horizonte institucional de la gestión ambiental del Ejército Nacional de Colombia cuenta con una infraestructura muy bien organizada, que no solo supervisa la protección del medioambiente y los recursos naturales, sino que también los tiene en cuenta de forma activa dentro de los procesos de planeación, ejecución de proyectos y programas que se desarrollan en el territorio nacional.

Los procesos de formación para la gestión ambiental al interior del Ejército Nacional se encuentran fortalecidos gracias una multiplicidad de programas de cualificación ambiental dirigida a educar, sintonizar al personal y estar a la vanguardia con las necesidades del país. Ejemplo de lo anterior son los programas continuos del Centro de Educación Militar, como su Especialización en Gestión Ambiental y Desarrollo Comunitario, su diplomado virtual en Gestión Ambiental y las alianzas que ha llevado a cabo en los diversos departamentos del país, con entidades educativas como el SENA, instituciones ambientales y universidades, que brindan diversas opciones académicas dependiendo de las necesidades locales.

Los egresados de las líneas de formación en gestión ambiental cambian su perspectiva y la entretienen con su filosofía militar como profesionales especialistas, formados interdisciplinariamente y capaces de tomar decisiones en la solución de la problemática ambiental. Quienes, a través de sus investigaciones, consultas, proyectos y trabajos, ayudan a brindar soluciones a las problemáticas internas de sus dependencias en cada uno de los batallones y brigadas.

Se recomienda incentivar los procesos de investigación y aprovechar el cúmulo de información y conocimiento en materia ambiental que se genera a través de los programas de formación y actualización. También, resulta nece-

sario ampliar los mecanismos de divulgación de los resultados de los proyectos de gestión y mejoramiento ambiental que adelantan las fuerzas armadas en el territorio colombiano, y promover estrategias de acción conjunta entre las diferentes instancias organizativas.

Desde el punto de vista académico y pedagógico, objeto del presente capítulo, el sistema de gestión ambiental del Ejército Nacional de Colombia se ha visto fortalecido a través de procesos académicos como la unificación y clasificación de todos los documentos ambientales en los diferentes estamentos nacionales; la actualización de las bases de datos digitales de las bibliotecas; la incursión reciente en procesos pedagógicos colectivos, como la institucionalización de capacitaciones permanentes en todos los estamentos; y la creación de semilleros de investigación ambiental en todos los estamentos.

Como resultado del proceso académico, se generaron políticas y acciones articuladas con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, así como con las demás instituciones pertenecientes al Sistema Nacional Ambiental. De allí surgió el ‘Plan Estratégico Ambiental 2011-2015’, encaminado a la protección, sostenibilidad, atención, promoción y restauración del medioambiente, el cual enmarca acciones que, a su vez, se encuentran inmersas en la doctrina de acción integral, eje transversal en cada uno de estos planes estratégicos.

## Referencias

- Arenas, C. (2009). Política ambiental y actividades militares. *Estudios en Seguridad y Defensa*, 4(8), 18-23. <https://doi.org/10.25062/1900-8325.111>
- Camacho, A., Gómez, H., Puerta, V., & Rico, J. (2019). *Orientaciones para la incorporación de la dimensión Ambiental en los planes de desarrollo territorial 2020-2023*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- CEMIL. (2020). Especialización en Gestión Ambiental y Desarrollo Comunitario. *CEMIL* <https://bit.ly/2TJW7lc>
- Constitución Política de Colombia. (1991). Constitución Política de Colombia. <https://bit.ly/38fTCzo>
- Díaz, M., & Sánchez, Y. (2018). *Apoyo al sistema de gestión ambiental del centro de educación militar (CEMIL), para elaborar la propuesta de programas ambientales* (Tesis de pregrado). Universidad Francisco José de Caldas. <https://bit.ly/3jOPNDi>
- Extrategia. (2018). Ejército lidera iniciativas para el cuidado ambiental en el páramo de Sumapaz. *Extrategia*. <https://bit.ly/3jRer6C>
- FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2020). *Nuestras prioridades. Los Objetivos Estratégicos de la FAO*. <https://bit.ly/2JqkdPS>
- González, L. (2018). *Apoyo técnico y logístico a la gestión ambiental del centro de estudios aeronáuticos y de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil* (Tesis de pregrado). Universidad Francisco José de Caldas. <https://bit.ly/324ciOT>

- Guhl, E., & Leyva, P. (2015). *La gestión ambiental en Colombia, 1994-2014; ¿un esfuerzo insostenible?* Foro Nacional Ambiental. <https://cutt.ly/ngObT0S>
- Martínez, J., & Ruiz, M. (Coord.). (1999). Fundamentos de la Educación Ambiental. Editor Unesco Etxea. <https://cutt.ly/4gOcgBK>
- Mindefensa. (2017). *Plan estratégico del sector defensa y seguridad del Ejército Nacional. Guía de planeamiento estratégico 2016-2018*. <https://bit.ly/34Z7kol>
- Mindefensa. (2018). *Política ambiental del sector defensa*. Ministerio de Defensa Nacional. <https://bit.ly/3l4kfuZ>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Información general de la educación ambiental. Objetivos y estrategias de la educación ambiental. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. <https://bit.ly/2HUdr41>
- Molina, A. (2015). *Las autoridades del sistema nacional ambiental. Un análisis desde la política pública*. Universidad Sergio Arboleda. <https://cutt.ly/EgOnez2>
- Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://bit.ly/35ZakR1>
- Norma ISO. (2015). ISO 14001, Gestión medioambiental. <https://bit.ly/34MIGs1>
- Revista Ejército. (1999). Publicaciones Ejército. <https://bit.ly/2Gq0GOw>
- Rodríguez, G. (2017). Desafíos de la gestión ambiental en Colombia. *Semana*. <https://bit.ly/3mjHtIC>

## Bibliografía consultada

- Armada de Colombia. (2015). Campaña ecológica en Putumayo. *Armada Nacional*. <https://bit.ly/31ZoQXC>
- Camacho, A., Gómez, H., Puerta, V., & Rico, J. (2019). *Orientaciones para la incorporación de la dimensión Ambiental en los planes de desarrollo territorial 2020-2023*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Camargo, J. (2014). *Formulación del plan ambiental del batallón ASPC N.º 6. “Francisco Antonio Zea” de la ciudad de Ibagué-Tolima, Colombia* (Tesis de especialización). Universidad Militar Nueva Granada. <http://hdl.handle.net/10654/13327>
- Comando de Apoyo de Acción Integral y Desarrollo. (2019). El Ejército Nacional promueve el cuidado y la conservación del medioambiente. *Comando General de las Fuerzas Militares de Colombia*. <https://cutt.ly/JgOzK8c>
- Coronado, W. (2019). *Análisis de las capacidades del Ejército Nacional que puedan contribuir a la prevención y atención de incendios en Parques Naturales Nacionales en Colombia* (Tesis posgrado). Universidad Militar Nueva Granada. <http://hdl.handle.net/10654/35838>
- Ejército Nacional de Colombia. (2020). Misión y Visión. *Ejército Nacional de Colombia*. <https://bit.ly/2TT3VB6>
- Fuerzas Militares de Colombia. (2015). El medio ambiente, una prioridad de las Fuerzas Militares. *Fuerzas Militares de Colombia. Comando General*. <https://bit.ly/3mLTFXX>
- García, R. (2013). *Plan estratégico Ambiental 2013-2030*. Armada República de Colombia. <https://bit.ly/3kKCohb>

- Guerrero, A. (2017). El Ejército será guardián ambiental en Sumapaz. *El Espectador*. Territorio. <https://cutt.ly/IgOztMB>
- Guzmán, W. (2013). *Bienvenida a las bioenergías en la aviación colombiana* (Tesis de posgrado). Universidad Militar Nueva Granada. <https://bit.ly/2JsYW8k>
- Molina, A. (2017). *El papel de las fuerzas armadas en protección y defensa del medio ambiente en Colombia*. Centro de Estudio Estratégicos del Ejército del Perú. <https://bit.ly/3ej36L9>
- Munive, D. (2018). Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como estrategia para prevenir la contaminación ambiental. *Cultura Educación y Sociedad*, 9(3), 709-714. <https://bit.ly/3l6wMO8>
- Naciones Unidas. (2020). Desarrollo sostenible. *Naciones Unidas*. <https://bit.ly/3ele2bt>
- Norma ISO. (2015). ISO 14001, Gestión medioambiental. <https://bit.ly/34MIGs1>
- Vásquez, J., & Peláez, L. (2017). Exploración y caracterización de herramientas TIC para la gestión ambiental del Aeropuerto Internacional Matecaña. *Revista Gestión y Región*, (24), 41-58. <https://cutt.ly/HgDt6hb>

Esta página queda intencionalmente en blanco

## **SEGUNDA PARTE**

---

La investigación, pilar de sostenibilidad  
y desarrollo ambiental

Esta página queda intencionalmente en blanco

# Seguridad y Soberanía alimentaria en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el papel de las fuerzas militares<sup>1</sup>

5

<https://doi.org/10.21830/9789585318342.05>

*John Cristhian Fernández Lizarazo*<sup>2</sup>

Escuela de Aviación del Ejército

*Leidy Johana Cabrera Cabrera*<sup>3</sup>

Escuela de Aviación del Ejército

*Ricardo Alexander Peña Venegas*<sup>4</sup>

Universidad de la Salle

## Resumen

La soberanía alimentaria puede ser definida brevemente como el derecho de los pueblos a elegir lo que comen y de qué manera quieren producir sus alimentos. La diferencia entre este término y la seguridad alimentaria es determinante para Colombia, en razón de su diversidad territorial. Al margen de los cuestionamientos políticos, la soberanía alimentaria se ejerce con más fuerza en las comunidades más alejadas de los centros urbanos y ha sido centro de atención con motivo de la pandemia originada por la enfermedad COVID-19 por infección del SARS-CoV-2. Precisamente, en los lugares recónditos del suelo colombiano, la presencia del Estado se evidencia de primera mano gracias a las Fuerzas Militares (en adelante FF. MM.). Por lo anterior, en este capítulo se conceptualizará el vínculo potencial entre las capacidades de las FF. MM. y la seguridad y soberanía alimentarias, con un énfasis especial en la pospandemia.

---

1 Este capítulo hace parte de los resultados del proyecto de investigación “Acciones estratégicas del Ejército Nacional orientadas al desarrollo sostenible en Colombia. Experiencia y reflexión desde la minería y los objetivos de desarrollo sostenible”, del Grupo de Investigación en Aviación Militar de la Escuela de Aviación del Ejército, registrado con el código COL0077618 y categorizado en C por Minciencias. Los puntos de vista y los resultados de este capítulo pertenecen al autor y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

2 PhD en Ciencias Agropecuarias y magíster en Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Colombia. Licenciado en Biología (Universidad Francisco José de Caldas). Director del Programa de Ingeniería Agronómica de la Universidad de La Salle. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9015-7404> - Contacto [johfermandez@lasalle.edu.co](mailto:johfermandez@lasalle.edu.co)

3 Magíster y especialista en Docencia e Investigación Universitaria (Universidad Sergio Arboleda). Trabajadora social (Universidad de La Salle). Docente e investigadora del Grupo de investigación en aviación militar. Orcid <http://orcid.org/0000-0002-6398-6933> - Contacto: [leidycaabrercabrera@cedoc.edu.co](mailto:leidycaabrercabrera@cedoc.edu.co)

4 Doctor en Ciencias de la Vida (Universidad de Lausana, Suiza). MSc en Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Colombia). Ingeniero Agrónomo (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia). Consultor e investigador. <https://orcid.org/0000-0002-4204-9043>.

Cabe anotar que tanto el Estado colombiano como la sociedad civil están comprometidos con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (en adelante ODS), acuerdos universales que orientan las acciones de todos los gobiernos con fundamento en la sostenibilidad del planeta. Por tal motivo, las FF. MM. no son ajenas a este compromiso, lo que hace necesario analizar las implicaciones de los ODS en las acciones de aquellas. Finalmente, y frente a los escenarios mencionados, se plantea resolver una pregunta emergente referida al papel de las FF. MM. frente a la relación entre la soberanía alimentaria y los ODS.

**Palabras clave:** alimentación, cambio climático, militar, sostenibilidad, pandemia, SARS-CoV-2.

## Introducción

Los términos seguridad y soberanía alimentarias involucran una serie de conceptos, normalmente confusos y algunas veces distorsionados, que distraen la atención sobre los verdaderos problemas que pretenden solucionar, en especial, de los racionales que sustentan su intencionalidad. Así, es importante desmitificar, a través de la aclaración contextual y conceptual, lo que implican estos dos conceptos, que se constituyen como eje de atención en medio de las coyunturas actuales desde los ámbitos ecológico, económico, ambiental y sanitario. Los ODS son la hoja de ruta de los países para afrontar el desarrollo sin agotar los recursos naturales. Con esta breve revisión no se pretende asumir una posición de favorabilidad o antítesis, sino ambientar, en su justa medida, el conocimiento en torno a la seguridad y soberanía alimentaria, a la luz de los ODS y las capacidades de las FF. MM. para garantizarlas. Para ello, este documento pretende aclarar los conceptos y luego relacionarlos en busca de fortalezas y oportunidades de acción institucional, para el abordaje de los retos globales referidos a alimentación humana.

## Marco teórico

### Seguridad y soberanía alimentaria

El término ‘seguridad alimentaria’ ha evolucionado paulatinamente desde la década de los setenta. En esa época, el concepto se basó solamente en la producción y disponibilidad de alimentos en cada país y en el mundo en general, luego, en la década de los ochenta, se integraron los componentes económico y físico como factores determinantes del acceso a los alimentos y, finalmente, en la década de los noventa se adicionaron la inocuidad y las preferencias culturales como elementos esenciales del concepto, por cuanto determinan la individualidad y particularidad

de cada pueblo, convirtiendo así a la seguridad alimentaria en un derecho humano (Proyecto Food Facility Honduras, 2011).

La seguridad alimentaria tiene, en consecuencia, varios componentes que se deben cumplir en su totalidad para garantizar una seguridad alimentaria verdadera, estos son: la disponibilidad, la estabilidad, el acceso y la utilización biológica (Proyecto Food Facility Honduras, 2011).

La disponibilidad es un componente asociado a las características de producción locales y nacionales, que toma en cuenta no solamente los alimentos que se producen en el país, sino que también considera el producto de las importaciones, lo almacenado, las ayudas alimentarias, las pérdidas en postcosecha y las exportaciones.

La estabilidad implica un importante proceso de planeación local, ya que la producción de alimentos es, normalmente, cíclica. Así, en los países que tienen estaciones la producción de los alimentos se limita debido a la temperatura; por su parte, en los países del trópico, la producción de alimento normalmente se restringe debido a factores como el brillo solar, precipitaciones y temperatura, además de factores bióticos como las enfermedades y las plagas, que siempre están presentes en los cultivos durante su ciclo de producción. En este sentido, la estabilidad implica la capacidad de generar estrategias para garantizar el acceso a los alimentos en todo momento y de forma independiente de la estacionalidad de las cosechas.

El acceso y control sobre la producción se encuentran relacionados con la posibilidad de supervisar aquellos medios que la permiten, es decir: el agua, las tierras, los fertilizantes, el conocimiento, la tecnología, entre otros factores. De igual forma, implican la posibilidad de acceder a los alimentos del mercado, ya sea por cercanía geográfica o por capacidad de pago por los mismos.

El consumo y la utilización biológica hacen referencia a la consideración de aspectos locales de cada comunidad. Cada cultura puede tener costumbres alimentarias particulares que determinan la cantidad y tipo de alimento que consumen y que se produce en la región. De recibir un tipo de alimento que no es consumido por una comunidad particular, se pone en peligro la seguridad alimentaria y, por esta vía, la cultura misma; es por ello que este componente dignifica a las comunidades desde la equidad.

De igual forma, la inocuidad y el manejo general de los alimentos determinan su disponibilidad nutricional y sanitaria. Si un alimento está en malas condiciones nutricionales su absorción por parte del cuerpo no se da. Si un alimento está en malas condiciones sanitarias atenta contra la salud de las personas, en especial de las poblaciones vulnerables y de los niños; estos últimos conforman la franja pobla-

cional a la que debe prestarse mayor atención a este respecto, por las consecuencias a largo plazo que una mala nutrición puede implicar.

El concepto de seguridad alimentaria se ha ido ajustado con el tiempo, como señala la Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura:

Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico y económico a suficientes alimentos, inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos, a fin de llevar una vida activa y sana. (FAO, 2006).

Definición que le otorga una mayor fuerza a la índole multidimensional de la seguridad alimentaria, a lo que habría que sumar “la disponibilidad de alimentos, el acceso a los alimentos, la utilización biológica de los alimentos y la estabilidad [de los otros tres elementos a lo largo del tiempo]” (FAO, 2006).

Para transitar desde el concepto de seguridad alimentaria hasta el de soberanía alimentaria, es importante aclarar la diferencia entre el derecho a estar protegidos contra el hambre y el derecho a tener una alimentación adecuada.

El primero corresponde al mismo derecho a la vida, por cuando señala la obligatoriedad de los Estados a garantizar que sus ciudadanos no mueran de hambre; el segundo derecho, en cambio, corresponde a la forma en que llegan los alimentos, pues deben llegar en la cantidad suficiente, en buen estado (calidad) y en todo momento, de tal forma que se pueda llevar una vida saludable y activa (Proyecto Food Facility Honduras, 2011).

Así, los Estados tienen una obligación clara con sus ciudadanos que, en sí misma, implica una adaptación de los mecanismos y criterios por los cuales se garantiza la seguridad alimentaria. La razón de esto radica en que cada pueblo es diferente debido a su historia y sus costumbres, por ello, la soberanía alimentaria ha sido definida como

el derecho de los pueblos, las naciones o las uniones de países a definir sus políticas agrícolas y de alimentos, sin ningún *dumping*<sup>5</sup> frente a países terceros. La soberanía alimentaria organiza la producción y el consumo de alimentos acorde con las necesidades de las comunidades locales, otorgando prioridad a la producción para el consumo local y doméstico. Proporciona el derecho a los pueblos a elegir lo que comen y de qué manera quieren producirlo. La soberanía alimentaria incluye el derecho a proteger y regular la producción nacional agropecuaria y a proteger el mercado doméstico del *dumping* de excedentes agrícolas y de las importaciones a

---

5 El *dumping* se produce cuando una empresa exporta a precios inferiores a los que vende en su propio mercado (Guzmán-Barrón, 1997).

bajo precio de otros países. Reconoce así mismo los derechos de las mujeres campesinas. La gente sin tierra, el campesinado y la pequeña agricultura deben tener acceso a la tierra, el agua, las semillas y los recursos productivos, así como a un adecuado suministro de servicios públicos. La soberanía alimentaria y la sostenibilidad deben constituirse como prioritarias a las políticas de comercio. (European Coordination Via Campesina, 2018)

En este sentido, la soberanía alimentaria es un concepto determinante para la comprensión multidimensional de la seguridad alimentaria. Dentro de las dimensiones que permiten abordar el concepto de soberanía alimentaria se incluyen los regímenes alimenticios locales, los derechos civiles y de ciudadanía, y otros que por su naturaleza misma orientan hacia un paradigma alternativo, es decir, hacia nuevas formas de comercio, prácticas agroecológicas, relaciones de género y equidad (Wittman, 2011). Por tal motivo, se considera que la agricultura alternativa y la soberanía alimentaria están estrechamente vinculadas y entre ellas debe existir un equilibrio.

Así, la soberanía alimentaria pretende acortar la distancia entre los consumidores y los productores, tanto así que existiría la posibilidad de eliminar la agricultura de la Organización Mundial del Comercio (WTO), por cuanto se restauraría el control sobre los recursos y mercados locales por parte de los pequeños productores y se estimularía también a las cooperativas locales y la agricultura basada en la comunidad (CSA) (Macartan, 2017).

Se ha considerado que la orientación alternativa de la soberanía alimentaria contrasta con el modelo alimentario neoliberal. Por ejemplo, la seguridad alimentaria es vista, desde el modelo neoliberal, como un tema de producción intensiva basada en el principio de ventaja comparativa y de distribución a través de los diferentes mecanismos del mercado, en tanto que desde el modelo de soberanía alimentaria, la seguridad alimentaria se aborda a partir de la priorización de la producción agrícola local y de la protección de mercados locales (Wittman, 2011). De hecho, se ha propuesto que la soberanía alimentaria es, en sí misma, una alternativa crítica a la seguridad alimentaria, por cuanto su actual implementación es mayoritariamente desde el modelo neoliberal (Macartan, 2017).

En consideración de lo anterior, pareciera ser que la agricultura alternativa tuviera un vínculo mayor con la soberanía alimentaria, en contraste, la seguridad alimentaria pareciera estar más vinculada con el modelo neoliberal. No obstante, los límites entre estos conceptos no son fáciles de establecer, así que el mejor acercamiento posible consiste en comprender dos temas transversales aún no mencionados. Estos se fundamentan en datos cuantitativos y, por lo tanto, suponen

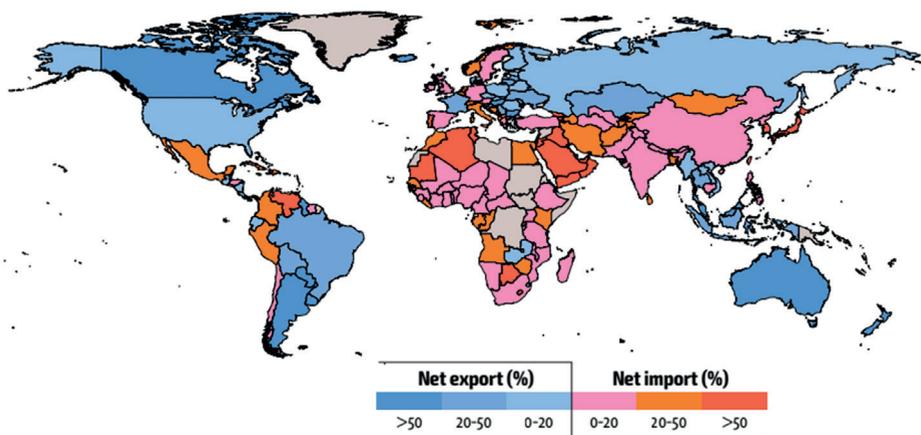
elementos objetivos de realidad que enriquecen la discusión. Se trata de la alimentación mundial y el cambio climático en el contexto de la agricultura. La concepción de criterios en torno a la soberanía alimentaria, la seguridad alimentaria y la agricultura alternativa no sería posible sin conocer el contexto que se plantea a continuación.

### **La seguridad alimentaria, el gran reto**

En cifras del Banco Mundial, en 1961 el suelo disponible para la agricultura era de 0,371 ha por persona, en tanto que en 2015, se redujo a 0,194 ha por persona (The World Bank, 2015). Por su parte, el incremento de la población mundial es acelerado, a pesar de la disminución de la fertilidad promedio. En la década de los setenta la tasa de fertilidad era mayor (4,5 niños por mujer) que la actual (2,5 niños por mujer), lo que no es suficiente para disminuir la preocupación por las expectativas según las cuales, para el año 2050, la población mundial podría ser de aproximadamente 9500 millones de personas (United Nations Population Fund, 2018). Así las cosas, el preocupante incremento de la población mundial sumado a una reducción del suelo arable, en un 48% en poco más de medio siglo, ha puesto de manifiesto la preocupación por la seguridad alimentaria a nivel global, pero en especial en países con menor desarrollo.

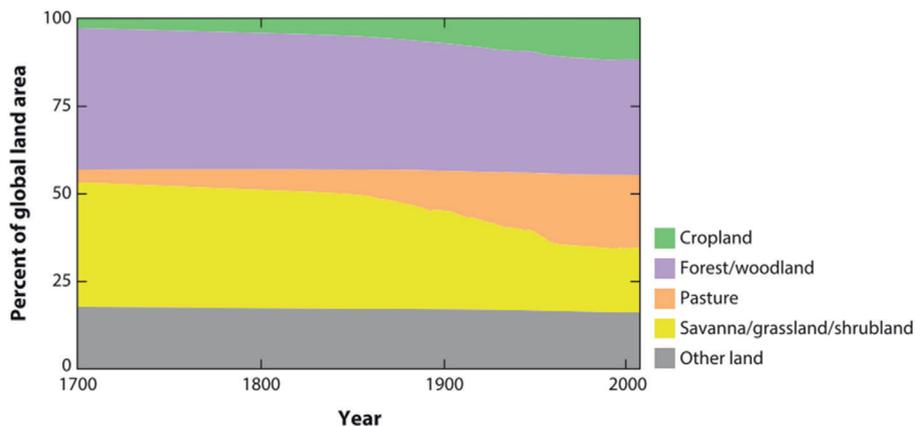
Actualmente, la producción agrícola global es *teóricamente* suficiente para abastecer la demanda mundial, aun cuando la posibilidad de suministrar la demanda de alimentos no sea la misma en todos los países (Padmavathy & Poyyamoli, 2011). Sorprendentemente, en países como Colombia, así como muchos otros del trópico, en donde la producción de alimentos es potencialmente posible durante todo el año, debido a la ausencia de estaciones, se importa entre el 20 y el 50% de los alimentos (FAO, 2017) (ver figura 1).

Las razones para tal desfase radican en problemas multidimensionales de carácter local y global asociados con la pobreza, la inequidad y la desnutrición (FAO, 2017), que, en últimas, inducen a la aceleración global de la explotación agrícola e implican un incremento en la productividad (estimada en alrededor del 21%); además, implican un aumento en la expansión del suelo arable a expensas de la disminución de los servicios ecosistémicos (Padmavathy & Poyyamoli, 2011) (Figura 2).



**Figura 1.** Porcentaje de importaciones netas de alimentos

Fuente: FAO (2017)



**Figura 2.** Tendencias globales en el uso del suelo desde 1700 hasta 2017

Fuente: Ramankutty et al. (2018)

La creciente demanda de alimentos aumenta la presión sobre los recursos naturales, lo que sumado a la disminución de los rendimientos de algunos cultivos en regiones afectadas por degradación de suelos y al alto precio de los agroquímicos (insecticidas, fungicidas y herbicidas) y fertilizantes, así como sus efectos sobre el medioambiente y la salud, hacen insostenible la producción de alimentos de manera tradicional. Este hecho ha generado la necesidad de buscar nuevas soluciones y alternativas, que apuntan a una agricultura más sostenible y sustentable para garantizar la seguridad alimentaria (Padmavathy & Poyyamoli, 2011).

Promover la agricultura familiar como herramienta de innovación socioproductiva y las prácticas de cultivo amigables con el medioambiente en sistemas tradicionales se plantea como una necesidad, donde el pequeño productor sea el principal proveedor de alimentos para consumo local y el mercado interno (FAO, 2016). De esta manera, se podría contribuir de manera significativa a un desarrollo rural más equitativo y a la disminución de la pobreza.

### **El cambio climático cambió la agricultura**

La obligación de producir alimentos ha inducido una serie de problemas asociados con la preocupación de la no sostenibilidad de los sistemas agrícolas convencionales, particularmente en países en vías de desarrollo (Padmavathy & Poyyamoli, 2011). Por ejemplo, entre 2000 y 2010, aproximadamente el 80% de la deforestación fue resultado de la conversión de suelos para pastos y agricultura (Kissinger et al., 2012); también se ha reportado que la agricultura aporta en el 92% de la huella hídrica humana (Hoekstra & Mekonnen, 2012); finalmente, considerando los biomas y grupos taxonómicos, la conversión a pastos y a cultivos ha resultado en pérdidas que se ubican entre un 20 y un 30% de la riqueza de especies locales (Newbold et al., 2015).

Una de las principales preocupaciones radica en que, junto con la deforestación y el cambio en el uso del suelo, la agricultura ha contribuido a la emisión de gases efecto invernadero en un 22% (Smith et al., 2014), de hecho, Koerber y Kretschmer, citados en Padmavathy y Poyyamoli (2011), advirtieron que el 74% de las emisiones provenientes de las actividades agrícolas se originan en países en desarrollo. Así, la mayoría del potencial de mitigación desde la agricultura se podría lograr a través del secuestro de carbono (89%), y aproximadamente el 70% se podría realizar en países en desarrollo (Fischer et al., 2007).

Los modelos de predicción indican que la temperatura global se incrementará entre 1,8 °C y 4 °C al final del siglo XXI (IPCC, 2013), lo que estará acompañado de alteraciones aleatorias de tipo espaciotemporal, por ejemplo, en patrones de precipitación (Padmavathy & Poyyamoli, 2011), lo que para los mismos autores implicará que algunos cultivos estarán beneficiados en algunas regiones del mundo, no obstante, se espera que los impactos generales del cambio climático sobre la agricultura sean negativos, amenazando la seguridad alimentaria global, en especial para la población de los países en desarrollo, que es la más vulnerable frente a la inseguridad alimentaria y que, probablemente, será la más seriamente afectada.

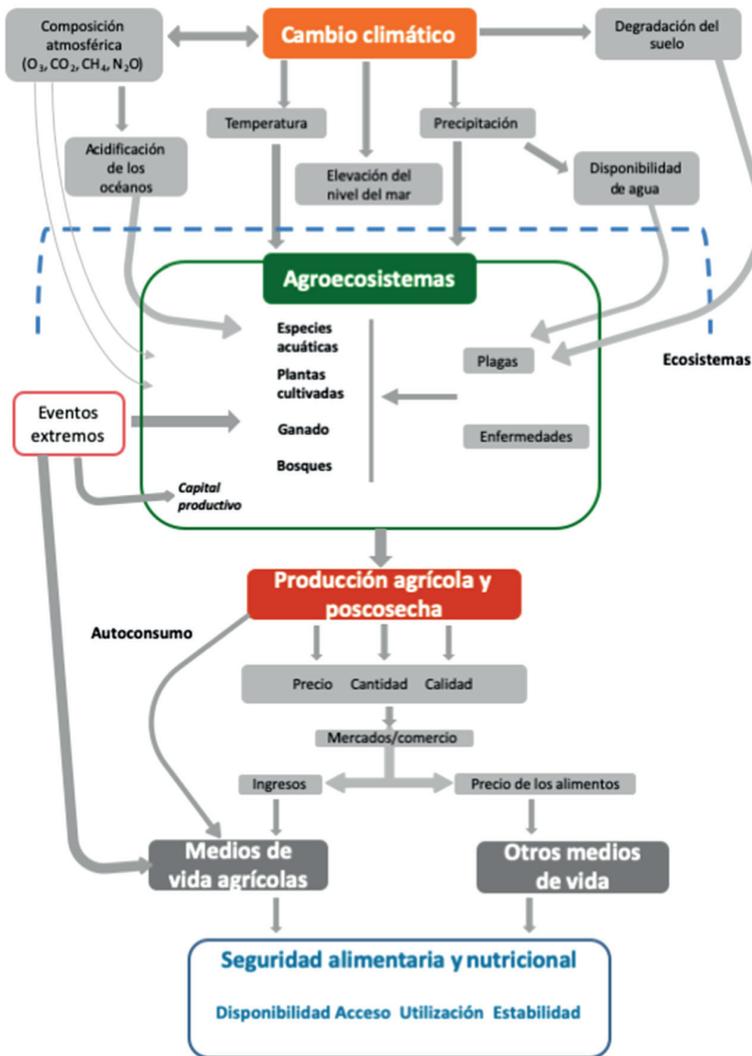
Gornall y otros (2010) clasificaron los impactos del cambio climático para la productividad agrícola global, esta clasificación incluye impactos directos, impactos

indirectos, e impactos no climáticos pero relacionados en la composición atmosférica. Dentro de los impactos directos del cambio climático están: 1) los cambios del clima promedio, que afectan los rangos de vida asociados al crecimiento y desarrollo de las plantas; 2) la variabilidad climática, que dificulta la capacidad de predicción aumentando el riesgo de pérdidas de los cultivos; 3) las temperaturas extremas, que afectan la productividad primaria neta de los cultivos a partir de la producción de biomasa y las dificultades reproductivas de las plantas; 4) las sequías, que limitan el crecimiento y desarrollo de las plantas, por cuanto el agua es el factor más limitante en estos procesos; 5) las lluvias fuertes y las inundaciones, que generan estreses por anoxia a los cultivos, limitando la disponibilidad de oxígeno y sus procesos metabólicos; 6) las tormentas tropicales, que afectan de forma mecánica la totalidad de los sistemas agrícolas (Gornall et al., 2010).

Dentro de los impactos indirectos del cambio climático están: 1) las plagas y enfermedades de los cultivos, cuyos detonantes dependen de la disponibilidad de agua o de las condiciones apropiadas de temperatura para proliferar —por cuenta de la variabilidad climática se hace impredecible su incidencia—; y 2) cambios en la disponibilidad del agua debido a cambios en el clima de lugares remotos, por cuenta de la dependencia del agua utilizada en lugares que están distantes a donde esta es colectada (Gornall et al., 2010).

Los impactos no climáticos pero relacionados en la composición atmosférica incluyen: 1) la fertilización con dióxido de carbono presente en la atmósfera, que inicialmente puede ser positivo, pero dadas las interacciones con el agua y la temperatura, termina no siéndolo; y 2) el aumento del ozono en la atmósfera, que se constituye como un gas biocida y, por tanto, como un agente estresante que limita la productividad agrícola (Gornall et al., 2010).

El cambio climático es, en consecuencia, una amenaza para los sistemas de vida rurales, por ende, para la seguridad alimentaria. Esta situación pone en riesgo los avances logrados en la reducción del hambre y la pobreza en el mundo, en la medida en que afecta la productividad de los sistemas de producción agropecuarios (Ramasamy & Hiepe, 2009). De forma particular, cada una de las dimensiones de la seguridad alimentaria se ven afectadas, de modo que se pueden reducir: 1) la disponibilidad de alimentos por cuenta de la disminución en su producción; 2) el acceso a los alimentos, por daños en infraestructuras y disminución de ingresos; 3) la estabilidad en el suministro de alimentos, por cuenta de la variación en los precios de los alimentos y la dependencia de las importaciones; y 4) la utilización apropiada de los alimentos, por cuenta de los riesgos para la salud humana (Ramasamy & Hiepe, 2009) (figura 3).



**Figura 3.** Representación esquemática de los efectos del cambio climático en la seguridad alimentaria  
Fuente: FAO (2016)

Son muchas las estrategias que se han planteado para hacer frente al cambio climático, dentro de las cuales se destacan las prácticas de agricultura sostenible, tales como: labranza cero o reducida; uso de variedades eficientes en el uso del nitrógeno; uso de variedades autóctonas y policultivos; agricultura de precisión; mejoramiento de praderas; manejo integrado de la fertilidad de suelos; mejoramiento de pastos forrajeros o leguminosas; cultivo de variedades tolerantes al calor; cosecha de agua y el riego localizado; control biológico de insectos plaga y la reducción en el uso

de agroquímicos y fertilizantes (FAO, 2016). Estas estrategias de producción sostenible minimizan la presión sobre los recursos naturales y aumentan la resiliencia de los sistemas de producción, además, permiten allanar el camino hacia visiones diferentes o alternativas de la agricultura que, aunque no suficientemente entendidas, están siendo exploradas con fuerza en la actualidad.

El mundo enfrenta una nueva amenaza para la seguridad alimentaria y nutricional, que aumenta los riesgos de un desabastecimiento de alimentos, causados ya por el cambio climático. La existencia de una nueva enfermedad COVID-19, generada por el virus zoonótico SARS-CoV-2 y declarada pandemia por la Organización Mundial de la Salud (OMS), está teniendo profundas consecuencias en términos sanitarios, sociales y económicos.

### **Enfermedad COVID-19 por infección del SARS-CoV-2**

Las condiciones impuestas por la pandemia generada por el virus SARS-CoV-2 a nivel global han impactado de forma transversal a prácticamente todos los ámbitos de la vida humana. No obstante, algunos de ellos han sido —y serán— afectados de una forma más evidente. Este es el caso de la seguridad y la soberanía alimentaria, que han sido preocupaciones desde hace ya varias décadas para los gobiernos de todo el mundo y que ahora constituyen derroteros concretos, incluso en aquellos países en los que el hambre y la desnutrición eran retos relativamente fáciles de afrontar. De hecho, en los países con mayores índices de pobreza multidimensional la pandemia supone un panorama de manejo crítico.

La pandemia, además, afecta los procesos de suministro y demanda de alimentos, principalmente por las interrupciones en la cadena de suministro, por cuenta de las medidas de contención del virus SARS-CoV-2. Esto trae consigo un incremento en la pérdida de alimentos (principalmente percederos), el aumento de consumo de dietas no saludables (principalmente no percederos), el incremento de los precios de los alimentos, la pérdida de empleos, la disminución de ingresos y, consecuentemente, un aumento en la inseguridad alimentaria.

### **La seguridad y soberanía alimentaria y los ODS**

En la resolución aprobada por la Asamblea General de la ONU el 27 de julio de 2012, se dispuso de una comisión para la construcción de los llamados Objetivos de Desarrollo Sostenible considerando, entre otros, el compromiso relativo al derecho de toda persona a tener acceso a alimentos sanos, suficientes y nutritivos, y en el marco del respeto de la soberanía nacional de cada país sobre

sus recursos naturales, teniendo en cuenta sus circunstancias, objetivos, responsabilidades y prioridades nacionales y el margen de acción de sus políticas con respecto a las tres dimensiones del desarrollo sostenible (Resolución 66/288 de la Asamblea General “El futuro que queremos”, del 27 de julio de 2012).

Es así como en la resolución aprobada por la Asamblea General de la ONU el 25 de septiembre de 2015, se adoptó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Resolución 70/1 de la Asamblea General “Transformar nuestro mundo: la agenda 2030 para el desarrollo Sostenible”, del 25 de septiembre de 2015), que planteó 17 objetivos, con 169 metas que cubren los ámbitos económico, social y ambiental. Estos objetivos se listan a continuación:

- ODS 1: Erradicar la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
- ODS 2: Poner fin al hambre, conseguir la seguridad alimentaria, una mejor nutrición y promover la agricultura sostenible.
- ODS 3: Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos y todas en todas las edades.
- ODS 4: Garantizar una educación de calidad inclusiva y equitativa, y promover las oportunidades de aprendizaje permanente para todos.
- ODS 5: Alcanzar la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas.
- ODS 6: Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
- ODS 7: Asegurar el acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas para todos.
- ODS 8: Fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos.
- ODS 9: Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.
- ODS 10: Reducir las desigualdades entre países y dentro de ellos.
- ODS 11: Conseguir que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- ODS 12: Garantizar las pautas de consumo y de producción sostenibles.
- ODS 13: Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- ODS 14: Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, mares y recursos marinos para lograr el desarrollo sostenible.
- ODS 15: Proteger, restaurar y promover la utilización sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques,

combatir la desertificación y detener y revertir la degradación de la tierra, además, frenar la pérdida de diversidad biológica.

- ODS 16: Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.
- ODS 17: Fortalecer los medios de ejecución y reavivar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

En resolución aprobada por la Asamblea General el 6 de julio de 2017, se puso de relieve la necesidad de datos desglosados de calidad, accesibles, oportunos y fiables para ayudar a medir los progresos y asegurar que nadie se quede atrás en el logro de los ODS. En consecuencia, se aprobó el marco de indicadores mundiales para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, elaborado por el Grupo Interinstitucional y de Expertos sobre los Indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Para que los Objetivos de Desarrollo Sostenible se logren de forma exitosa, se requieren procesos efectivos de monitoreo, revisión y seguimiento. Desde la adopción de la Agenda 2030, la FAO es la agencia de la ONU encargada de custodiar 21 indicadores para los ODS relacionados con la seguridad alimentaria y nutricional (2, 5, 6, 12, 14 y 15) a través de materiales destinados a promover el conocimiento y la comprensión de estos indicadores (FAO, 2020a).

Para efectos del presente documento, se tomarán como punto de referencia estos mismos objetivos para identificar el papel actual o potencial de las FF. MM. en la contribución de la soberanía y seguridad alimentaria. Para esto se dará una breve descripción de cada indicador y una corta reseña de su estado en Colombia. Posteriormente, se presentarán los alcances del accionar de las Fuerzas Militares al respecto.

### ***Indicador 1. Prevalencia de la subalimentación***

La prevalencia de la subalimentación es una estimación de la proporción de la población cuyo consumo habitual de alimentos es insuficiente para proporcionarle los niveles de energía alimentaria necesarios para llevar una vida normal, activa y sana. Se expresa como porcentaje. La meta para el año 2030 es poner fin al hambre y asegurar el acceso de todas las personas, en particular los pobres y las personas en situaciones de vulnerabilidad, incluidos los niños menores de 1 año, a una alimentación sana, nutritiva y suficiente durante todo el año. La prevalencia de subalimentación en 2019 en el mundo fue de 8,9%, en Latinoamérica y el Caribe de 7,3%, y en Colombia de 5,5% (FAO, 2020a).

***Indicador 2. Prevalencia de inseguridad alimentaria moderada o grave en la población, según la Escala de Experiencia de Inseguridad Alimentaria***

Este indicador proporciona estimaciones internacionalmente comparables de la proporción de la población que tiene dificultades moderadas o graves para acceder a los alimentos. La escala de experiencia de inseguridad alimentaria mide la gravedad de la inseguridad alimentaria que padecen los individuos o las familias sobre la base de entrevistas directas. La meta asociada es la misma que para el indicador anterior. La prevalencia de inseguridad alimentaria moderada o severa en el mundo es de 25,363% (FAO, 2020b).

***Indicador 3. Volumen de producción por unidad de trabajo según el tamaño de la empresa agropecuaria/pastoral/silvícola***

Este indicador se refiere al valor de la producción por unidad de mano de obra operada por pequeños productores en los sectores agrícola, ganadero y forestal. Se producirán datos en función del tamaño de las explotaciones. El indicador medirá los progresos hacia la consecución de la meta 2.3 de los ODS, que indica que para el 2030 se duplicará la productividad agrícola y los ingresos de los productores de alimentos en pequeña escala, en particular las mujeres, los pueblos indígenas, los agricultores familiares, los ganaderos y los pescadores. Todo ello, entre otras cosas, mediante un acceso seguro y equitativo a las tierras, a otros recursos e insumos de producción y a los conocimientos, los servicios financieros, los mercados y las oportunidades para añadir valor y obtener empleos no agrícolas. En este indicador aún no hay datos concretos para Colombia (FAO, 2020b).

***Indicador 4. Ingresos medios de los productores de alimentos en pequeña escala, desglosado por sexo y condición de indígena***

Este indicador trata de la media de ingresos de los productores de alimentos en pequeña escala, empleados en los sectores agropecuario, ganadero y forestal. Se utilizarán datos desglosados por sexo y condición indígena (FAO, 2020c). Este indicador también medirá los avances hacia la meta 2.3. En este indicador aún no hay datos concretos para Colombia.

***Indicador 5. Porcentaje de la superficie agrícola cultivada siguiendo prácticas agrícolas sostenibles***

La superficie agrícola en que se practica una agricultura productiva y sostenible refleja las tres dimensiones de la producción sostenible: ambiental, económica y social. El instrumento de medición (encuestas agrícolas) brinda a los países la flexi-

bilidad para determinar las prioridades y los desafíos en las tres dimensiones de la sostenibilidad. Las tierras en que se practica una agricultura productiva y sostenible serán las explotaciones que cumplan con los indicadores seleccionados en las tres dimensiones. Este indicador medirá los progresos hacia la consecución de la meta 2.4 de los ODS, referida a que en el año 2030 se deberá asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que: aumenten la productividad y la producción; contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas; fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres; y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo. En este indicador aún no hay datos concretos para Colombia (FAO, 2020c).

***Indicador 6. Índice del enriquecimiento de los cultivos mediante colecciones ex situ***

Los recursos genéticos vegetales para la alimentación y la agricultura preservados en instalaciones de conservación a medio y largo plazo (*ex situ* en bancos de germoplasma) representa el medio más fiable de conservar los recursos genéticos en el mundo. Este indicador mide los avances en la realización de la meta 2.5, orientada a mantener la diversidad genética de las semillas, las plantas cultivadas y los animales de granja y domesticados, así como de sus correspondientes especies silvestres. Esto, entre otras cosas, mediante una buena gestión y diversificación de los bancos de semillas y plantas a nivel nacional, regional e internacional, la promoción del acceso a los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos y los conocimientos tradicionales conexos y su distribución justa y equitativa, según lo convenido internacionalmente (FAO, 2020e). A nivel global hay 5.419.423 recursos genéticos vegetales asegurados para la alimentación y la agricultura a mediano y largo plazo. En Latinoamérica y el Caribe este valor es de 405.601 recursos, y en Colombia es de 16.858 recursos. Este valor es extremadamente bajo si se compara con el de Brasil (188.304), Estados Unidos (582.149) o el Reino Unido (834.536).

***Indicador 7. Porcentaje de cultivos y razas locales y sus variedades silvestres, clasificados según su situación de riesgo, ausencia de riesgo o un nivel de riesgo de extinción desconocido***

Este indicador presenta la proporción de razas y variedades locales consideradas en riesgo de extinción en un momento determinado, así como las tendencias. Este indicador también mide los avances hacia la realización de la meta del

ODS 2.5. En contraste con el indicador anterior, el porcentaje de razas locales y variedades silvestres en riesgo en Colombia es del 25%, mientras que en Brasil es de 57%, en Estados Unidos es de 91% y en el Reino Unido es de 87% (FAO, 2020e).

### ***Indicador 8. Índice de orientación agrícola para los gastos públicos***

El índice de orientación agrícola (IOA) se define como la proporción del gasto público destinada a la agricultura dividida por la proporción del producto interno bruto (PIB) correspondiente a la agricultura, entendiendo por agricultura los sectores de la agricultura, la silvicultura, la pesca y la caza. La medida es un índice sin moneda, que se calcula como la razón entre estas dos proporciones, este indicador mide los progresos hacia la consecución de la meta 2.a de los ODS, relacionado con aumentar, incluso mediante una mayor cooperación internacional, las inversiones en infraestructura rural, investigación y servicios de extensión agrícola, desarrollo tecnológico y bancos de genes de plantas y ganado, con el fin de mejorar la capacidad de producción agropecuaria en los países en desarrollo, particularmente en los países menos adelantados. A nivel global, este indicador registra un valor de 0,28 y en Latinoamérica y el Caribe está en 0,25 (FAO, 2020f). En este indicador aún no hay datos concretos para Colombia.

### ***Indicador 9. Indicador de anomalías en los precios de los alimentos***

El indicador de anomalías en los precios de los alimentos propuesto mide el número de “anomalías en los precios”, que se producen en la serie de precios de un producto alimenticio dado durante un período determinado. Este indicador mide los progresos hacia la consecución de la meta 2.c de los ODS, dirigida a la adopción de medidas para asegurar el buen funcionamiento de los mercados de productos básicos alimentarios y sus derivados, así como facilitar el acceso oportuno a la información sobre los mercados, incluso sobre las reservas de alimentos, con el fin de ayudar a limitar la extrema volatilidad de los precios de los alimentos. En Colombia, este valor es excepcionalmente alto para el maíz (1,1) ubicándose, junto con Haití, en el primer lugar en Latinoamérica y el Caribe. Este indicador es moderadamente alto para el arroz (0,6), lo que pone a Colombia en el tercer lugar después de Haití y México (FAO, 2020g).

***Indicador 10. Porcentaje del total de la población agrícola con derechos de propiedad o derechos seguros sobre las tierras agrícolas, desglosada por sexo (a); y proporción de mujeres entre los propietarios de tierras agrícolas, o titulares de derechos sobre tierras agrícolas, desglosada por tipo de tenencia (b)***

Este indicador se divide en dos subindicadores. La parte (a) es una medida de incidencia que mide la prevalencia de los derechos de propiedad o derechos seguros sobre tierras agrícolas en la población de referencia; la parte (b) mide la proporción de mujeres entre los propietarios de terrenos agrícolas o titulares de derechos sobre tierras agrícolas. Por consiguiente, puede utilizarse para el seguimiento de la infrarrepresentación de las mujeres entre los propietarios o titulares de terrenos agrícolas. Este indicador medirá, de facto, los progresos hacia la consecución de la meta 5.a de los ODS, orientado a emprender reformas que otorguen a las mujeres igualdad de derechos a los recursos económicos, así como acceso a la propiedad, el control de la tierra y otros tipos de bienes, los servicios financieros, la herencia y los recursos naturales, de conformidad con las leyes nacionales. Para Colombia aún no hay datos al respecto (FAO, 2020h).

***Indicador 11. Porcentaje de países en que el ordenamiento jurídico (incluido el derecho consuetudinario) garantiza la igualdad de derechos de la mujer a la propiedad y/o el control de la tierra***

El indicador recoge todos los objetivos normativos nacionales, los proyectos de disposiciones, las disposiciones jurídicas y la legislación de aplicación existentes que reflejan buenas prácticas en cuanto a garantizar la igualdad de derechos de la mujer respecto de la propiedad o el control de las tierras. Este indicador también mide los progresos hacia la consecución de la meta 5.a de los ODS y se valora entre 1 y 6, siendo 1 el más bajo y 6 el más alto. Colombia tiene en este indicador en 6, por encima de países como Suiza (4) y Jordán (1) (FAO, 2020i).

***Indicador 12. Cambio porcentual en la eficiencia del uso del agua con el tiempo***

La eficiencia en el uso del agua a nivel nacional es la suma de las eficiencias en los principales sectores económicos ponderadas en función de la proporción de agua extraída por cada sector respecto de las extracciones totales. Este indicador mide los cambios en la eficiencia en el uso del agua y tiene la finalidad de abordar el componente económico de la meta 6.4 de los ODS, encaminado a aumentar

considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce, para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren la falta de este líquido. El indicador se mide en términos del valor añadido por agua extraída (USD/m<sup>3</sup>). Colombia no ha tenido incrementos significativos en este sentido en los últimos diez años, manteniendo un valor que oscila entre 18 y 19 USD/m<sup>3</sup>, mientras que Estados Unidos ha incrementado en el mismo tiempo de 31 a 41 USD/m<sup>3</sup>, Reino Unido de 181 a 3165 USD/m<sup>3</sup>. Brasil, por su parte, tiene un comportamiento muy similar al de Colombia (FAO, 2020j).

***Indicador 13. Porcentaje del total de recursos hídricos disponibles utilizados, teniendo en cuenta las necesidades hídricas ambientales (nivel de estrés por escasez de agua)***

El nivel de estrés hídrico es la razón entre el total de agua dulce extraída por los principales sectores económicos y el total de recursos hídricos renovables, teniendo en cuenta las necesidades ambientales de agua. Este indicador también se conoce como intensidad de extracción de agua y mide los progresos hacia la meta 6.4 de los ODS. El valor de este indicador para Colombia es de 2%, constituyéndose como el tercero más bajo de todos los países de América Latina y el Caribe (FAO, 2020k).

***Indicador 14. Índice de la pérdida mundial de alimentos***

Este índice obedece a la meta del ODS 12.3, que tiene dos componentes, las pérdidas y el desperdicio, que están medidos por dos indicadores distintos. El primero de ellos se centra en las pérdidas de alimentos que se producen desde la producción hasta el nivel minorista (sin incluir este); el segundo mide el desperdicio de alimentos, que comprende los niveles minoristas y de consumo. Este último está aún en proceso de determinación, pero se estima que es la tercera parte de todo el alimento mundial. Por su parte, en el primero de ellos, cabe destacar que Latinoamérica y el Caribe tienen una pérdida de alimentos, entre cosecha y distribución, de 11,6%, mientras que en el mundo este valor es de 13,8% (FAO, 2020l).

***Indicador 15. Proporción de poblaciones de peces que están dentro de niveles biológicamente sostenibles***

Este indicador mide la sostenibilidad de la pesca de captura marina mundial por su abundancia. Una población de peces cuya abundancia es igual o superior al nivel que puede producir el rendimiento máximo sostenible se clasifica como bioló-

gicamente sostenible. Por el contrario, cuando la abundancia queda por debajo de este nivel, la población se considera biológicamente insostenible. El indicador mide los progresos hacia la consecución de la meta 14.4 de los ODS (FAO, 2020m), que busca: reglamentar eficazmente la explotación pesquera y poner fin a la pesca excesiva, la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada; así como a las prácticas pesqueras destructiva. Además, tiene como fin aplicar planes de gestión con fundamento científico para restablecer las poblaciones de peces en el plazo más breve posible, al menos alcanzando niveles que puedan producir el máximo rendimiento sostenible de acuerdo con sus características biológicas. En el mundo, este índice ha disminuido dramáticamente de 90% en 1974 a 65,85% en 2017.

***Indicador 16. Progresos realizados por los países en el grado de aplicación de instrumentos internacionales cuyo objetivo es combatir la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada***

Este indicador pone el acento sobre los esfuerzos para luchar contra la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada a través de una implementación efectiva de instrumentos internacionales clave. Este indicador mide los avances hacia la realización de la meta del ODS 14.6, que busca prohibir ciertas formas de subvenciones a la pesca que contribuyen a la sobrecapacidad y la pesca excesiva (FAO, 2020n). Para Colombia no hay datos al respecto.

***Indicador 17. Pesca sostenible como porcentaje del PIB en los pequeños Estados insulares en desarrollo, los países menos adelantados y todos los países***

La finalidad de este indicador es medir el valor de la pesca sostenible. Se expresa como porcentaje del PIB del país. Se producen datos sobre todos los países y se agregan los relativos a los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países menos adelantados. El indicador mide los progresos hacia la consecución de la meta 14.7 de los ODS, tendiente a aumentar los beneficios económicos que los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países menos adelantados obtienen del uso sostenible de los recursos marinos, en particular mediante la gestión sostenible de la pesca, la acuicultura y el turismo. Este indicador tiene un valor a nivel global de 0,0914%, en Latinoamérica y el Caribe de 0,1096%, y en Colombia de 0,0003 (FAO, 2020ñ).

***Indicador 18. Progresos realizados por los países en el grado de aplicación de un marco jurídico, reglamentario, normativo o institucional que reconozca y proteja los derechos de acceso de la pesca en pequeña escala***

Se trata de un indicador compuesto, calculado sobre la base de los esfuerzos que están realizando los países con objeto de aplicar determinadas disposiciones fundamentales de las directrices voluntarias para lograr la sostenibilidad de la pesca en pequeña escala en el contexto de la seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza. Este indicador mide el aspecto relacionado con los “derechos de acceso” de la meta 14.b de los ODS, dirigida a facilitar el acceso de los pescadores artesanales a los recursos marinos y los mercados. Este indicador se mide en una escala de 1 (bajo) a 5 (alto); Colombia muestra un nivel de implementación de 5 (FAO, 2020o).

***Indicador 19. Superficie forestal como proporción de la superficie total***

Este indicador mide la proporción de la superficie terrestre mundial que tiene cobertura forestal y se expresa como porcentaje. Los cambios en la superficie forestal reflejan cambios en la demanda de tierra para otros usos y pueden contribuir a la determinación de prácticas insostenibles en los sectores forestal y agrícola. El indicador mide los progresos hacia la consecución de la meta 15.1 de los ODS, centrada en asegurar la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y sus servicios, en particular los bosques, los humedales, las montañas y las zonas áridas. A 2015, en el mundo, este indicador alcanzó el 30,7%, mientras que en Latinoamérica y el Caribe bajó de 49,1%, en el año 2000, a 46,4%, en el año 2015 (FAO, 2020p).

***Indicador 20. Cubierta forestal en el marco de la ordenación sostenible de los bosques***

Este indicador mide los progresos hacia la gestión forestal sostenible por medio de cinco subindicadores: 1) tasa neta de cambio anual de la superficie forestal; 2) existencias forestales de biomasa por encima del suelo (t/ha); 3) proporción de la superficie forestal en las áreas protegidas legalmente establecidas; 4) proporción de la superficie forestal sometida a un plan de gestión forestal de largo plazo como ayuda a la interpretación; y 5) superficie de bosques certificados. El indicador contribuye a seguir los progresos hacia la consecución de la meta 15.2 de los ODS, enfocada en promover la puesta en práctica de la gestión sostenible de todos los tipos de bosques, detener la deforestación, recuperar los bosques degradados y aumentar considerablemente la forestación y la reforestación a nivel mundial. Latinoamérica y el Caribe presentan

cambios positivos en los subindicadores 2, 3 y 4, y no presentan cambios en los subindicadores 1 y 5. A nivel mundial, 1 y 2 no presentan cambios significativos, el 3 y 4 presentan cambios positivos, y el 5 presentó cambios negativos (FAO, 2020q).

### ***Indicador 21. Índice de cobertura verde de las montañas***

El índice de cobertura verde de las montañas mide los cambios en la superficie de vegetación verde (bosques, arbustos, tierras de pastoreo y tierras de cultivo) de las zonas montañosas. Esta información ayudará a determinar el estado de conservación de los entornos montañosos, con el objeto de medir los progresos hacia la consecución de la meta 15.4 de los ODS, orientada a asegurar la conservación de los ecosistemas montañosos, incluida su diversidad biológica, con el fin de mejorar su capacidad de proporcionar beneficios esenciales para el desarrollo sostenible. En Latinoamérica y el Caribe el porcentaje de cobertura vegetal en las montañas es del 83%, mientras que para el mundo es del 76% (FAO, 2020r).

## **Acción Integral, un vínculo clave entre los ODS y las FF. MM.**

El señor General Valencia Tovar, líder en la implementación inicial de estrategias no militares, que hacían énfasis en un tratamiento social integral del conflicto, definió la Acción Integral como el

desarrollo y coordinación permanente de acciones políticas económicas, sociales y militares encaminadas a fortalecer las estructuras básicas del Estado y garantizar la defensa la protección de los derechos y libertades de la sociedad para que los habitantes de Colombia, haciendo uso de la libertad y dentro de los derechos y deberes constitucionales, alcance el goce de una paz justa, digna y duradera, que permita un adecuado desarrollo y progreso. (Comando General de Fuerzas Militares, 2017)

Actualmente, se plantea la configuración de la Doctrina de Acción Integral como la materialización y concreción de una serie de iniciativas que trascienden el concepto tradicional de seguridad (Castillo & Niño, 2016). La Acción Integral es una herramienta de gestión y coordinación, utilizada por las FF. MM. y por el Gobierno nacional para la consolidación de territorios que fueron controlados por los grupos al margen de la ley (Mejía, 2015). Esto es especialmente importante, si se considera que los estudios militares contemporáneos sugieren la implementación de nuevas estrategias de mayor alcance para las FF. MM., en las que se incluyen elementos políticos, sociales y económicos, logrando superar la concepción ortodoxa de seguridad nacional (Castillo & Niño, 2016).

Basados en la propuesta del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (1994), sobre el concepto de “seguridad humana”, Castillo y Niño (2016) hicieron énfasis en las diferentes categorías que la componen: seguridad económica, alimentaria, de salud, ambiental, personal, de la comunidad y política. Así, la capacidad instalada de las FF. MM. en sus operaciones de Acción Integral se convierten en un instrumento que puede contribuir al cumplimiento de los objetivos y metas de los Planes de Desarrollo (Téllez, 2017) de los gobiernos, porque apunta a convertir a las FF. MM. en agentes dinamizadores del crecimiento del país, contribuyendo a fomentar el desarrollo social, económico y la inversión, alineados con la protección del medioambiente y los recursos naturales, para las generaciones actuales y futuras (Comando General de Fuerzas Militares, 2017).

Este contexto pone de manifiesto el importante papel que tienen las FF. MM. para el avance del país en los ODS, especialmente en aquellas regiones donde la presencia del Estado aún es débil y la seguridad de sus habitantes no está completamente garantizada. Precisamente, uno de sus principales componentes de seguridad humana: el de la seguridad alimentaria, también puede verse beneficiado por la acción de las FF. MM. Estos beneficios redundan también en un cuidado de la soberanía alimentaria, en razón del impacto particular de las FF. MM. en cada territorio. Por tal motivo, es importante identificar de qué forma las capacidades de las FF. MM. se vinculan con los 21 indicadores de los ODS 2, 5, 6, 12, 14 y 15, que se relacionan con la seguridad alimentaria y nutricional.

En el Manual de Acción integral Conjunta (Comando General de las fuerzas Militares, 2017) se describen las cinco capacidades particulares en las cuales se enmarcan las potencialidades generales de las FF. MM. para este propósito. A continuación, se resumen con el propósito de contextualizar el análisis posterior.

*Capacidad 1.* Difusión de mensajes e información a todas las comunidades y puntos del territorio nacional, con el propósito de dar a conocer programas, planes y entidades u organizaciones que contribuyen al desarrollo socioeconómico del país.

- Educación para el trabajo comunitario.
- Prevención y promoción de la salud.
- Apoyo al desarrollo productivo y empresarial.
- Apoyo a la producción y difusión de programas comunitarios alternativos de reconstrucción social.
- Sistema integrado de desarrollo marítimo y fluvial.

*Capacidad 2.* Apoyar a la población (comunidades y sociedad) en el mejoramiento de su calidad de vida, en aras de contribuir con el desarrollo integral de las regiones, de acuerdo con los planes gubernamentales.

- Jornadas de Cooperación Cívico-Militares.
- Empleo de Ingenieros Militares.
- Fomento del desarrollo turístico y deportivo, marítimo y fluvial.

*Capacidad 3.* Establecer y promover relaciones con las demás instituciones del Estado, autoridades gubernamentales, comunidades, gremios, empresas privadas, etc., en todo el territorio nacional.

- Dirección y liderazgo.
- Formación y capacitación en Acción Integral.
- Mantenimiento y protección red energética y vial.
- Diplomacia naval para el desarrollo económico.
- Investigación y desarrollo tecnológico.
- Desarrollo, investigación marítima y fluvial.

*Capacidad 4.* Integrar los medios y competencias de las Fuerzas Militares con las instituciones del Estado para apoyar el cumplimiento de sus fines esenciales.

- Apoyo de la defensa a la autoridad civil.
- Estabilidad.
- Apoyo a la conectividad.
- Transporte terrestre, fluvial y aéreo.
- Desminado humanitario.
- Jornadas de apoyo al desarrollo.
- Aerografía.
- Desarrollo integral marítimo en *offshore*, puertos y canales.
- Ingeniería Aeronáutica.
- Proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.
- Protección y rescate de especies naufragas.
- Vigilancia aérea a la red energética y vial.
- Apoyo a la capacitación en actividades náuticas.

*Capacidad 5.* Potenciar las capacidades militares de prevención y atención de desastres, así como contribuir a la protección y preservación del medioambiente.

- Extinción de incendios.
- Búsqueda y rescate de personas, embarcaciones o aeronaves.
- Evacuación y traslado médico, aeromédico, marítimo y fluvial.
- Búsqueda y rescate de embarcaciones.
- Apoyo en atención de emergencia y crisis.
- Vigilancia, reconocimiento y control vulcanológico.
- Protección y defensa del medioambiente y recursos humanos.

En la tabla 1 se presentan las posibles relaciones entre las capacidades de Acción Integral de las FF. MM. y los 21 indicadores de los ODS 2, 5, 6, 12, 14 y 15 que se relacionan con la seguridad alimentaria y nutricional. Para el análisis se consideraron las posibles relaciones directas o indirectas, así como la contribución potencial de cada capacidad de Acción Integral a cada indicador, en atención a que están diseñados para la generación de estadísticas a nivel del país.

Los resultados indican que las Capacidades de Acción Integral 3 y 4 están fuertemente asociadas con los indicadores que vinculan a la seguridad alimentaria con los ODS. Esto indica que el relacionamiento de las FF. MM. con instituciones estatales, autoridades gubernamentales, comunidades, gremios, empresas privadas a nivel territorial, puede constituirse como una estrategia importante de contribución a la seguridad y soberanía alimentaria en el país.

De otra parte, es evidente la relación entre todas las capacidades de Acción Integral con el manejo del recurso hídrico y la pesca. Este resultado es consistente con los esfuerzos estatales que actualmente ubican a Colombia por fuera del grupo de países con mayores riesgos por estrés hídrico y pérdida de recursos genéticos marítimos. No obstante, es importante abordar los datos con precaución, por cuanto las estadísticas son relativas y no aseguran que los recursos hídricos y marinos estén fuera de peligro.

Cabe anotar que las capacidades de Acción Integral tienen una relación más débil con el fomento de la producción de alimentos a partir de la agricultura, lo que contrasta con el hecho de que Colombia es un país con vocación agrícola. De hecho, el país es considerado como uno de los pocos con capacidad de incrementar su producción agrícola, a tal punto que es considerado como una despensa de alimentos para el mundo futuro. Lo anterior pone de relieve una oportunidad importante de desarrollo para las comunidades con débil presencia estatal, a las que las FF. MM. pueden impactar positivamente mejorando su seguridad, particularmente la alimentaria.

**Tabla 1.** Relación entre capacidades de Acción Integral, las FF. MM. y 21 indicadores FAO para seguridad alimentaria según los ODS

Indicadores	Capacidad 1	Capacidad 2	Capacidad 3	Capacidad 4	Capacidad 5
Indicador 1. Prevalencia de la subalimentación					
Indicador 2. Prevalencia de inseguridad alimentaria moderada o grave en la población, según la Escala de Experiencia de Inseguridad Alimentaria					
Indicador 3. Volumen de producción por unidad de trabajo según el tamaño de la empresa agropecuaria/pastoral/silvícola					
Indicador 4. Ingresos medios de los productores de alimentos en pequeña escala, desglosado por sexo y condición de indígena					
Indicador 5. Porcentaje de la superficie agrícola cultivada siguiendo prácticas agrícolas sostenibles					
Indicador 6. Índice del enriquecimiento de los cultivos mediante colecciones ex situ					
Indicador 7. Porcentaje de cultivos y razas locales y sus variedades silvestres, clasificados según su situación de riesgo, ausencia de riesgo o un nivel de riesgo de extinción desconocido					
Indicador 8. Índice de orientación agrícola para los gastos públicos					
Indicador 9. Indicador de anomalías en los precios de los alimentos					
Indicador 10. Porcentaje del total de la población agrícola con derechos de propiedad o derechos seguros sobre las tierras agrícolas, desglosada por sexo (a); y proporción de mujeres entre los propietarios de tierras agrícolas, o titulares de derechos sobre tierras agrícolas, desglosada por tipo de tenencia (b).					
Indicador 11. Porcentaje de países en que el ordenamiento jurídico (incluido el derecho consuetudinario) garantiza la igualdad de derechos de la mujer a la propiedad y/o el control de la tierra.					
Indicador 12. Cambio porcentual en la eficiencia del uso del agua con el tiempo					
Indicador 13. Porcentaje del total de recursos hídricos disponibles utilizados, teniendo en cuenta las necesidades hídricas ambientales (nivel de estrés por escasez de agua)					
Indicador 14. Índice de la pérdida mundial de alimentos					
Indicador 15. Proporción de poblaciones de peces que están dentro de niveles biológicamente sostenibles					
Indicador 16. Progresos realizados por los países en el grado de aplicación de instrumentos internacionales cuyo objetivo es combatir la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada					
Indicador 17. Pesca sostenible como porcentaje del PIB en los pequeños Estados insulares en desarrollo, los países menos adelantados y todos los países					
Indicador 18. Progresos realizados por los países en el grado de aplicación de un marco jurídico, reglamentario, normativo o institucional que reconozca y proteja los derechos de acceso de la pesca en pequeña escala					
Indicador 19. Superficie forestal como proporción de la superficie total					
Indicador 20. Cubierta forestal en el marco de la ordenación sostenible de los bosques					
Indicador 21. Índice de cobertura verde de las montañas					

Posibles relaciones:

- Relación directa
- Relación indirecta
- No hay relación evidente

## Conclusión

La concepción de seguridad alimentaria ha venido evolucionando hasta llegar a un concepto integral en torno a la garantía de acceso a alimentos de calidad. Por tanto, recientemente se ha acuñado el concepto de ‘seguridad alimentaria y nutricional’. No obstante, hay un segundo concepto que vincula las características particulares de los territorios a la alimentación, y se define como ‘soberanía alimen-

taria'. Independientemente del concepto, el aumento de la población mundial y el cambio climático retan la capacidad de las naciones para alimentar a sus habitantes. Situación que se ha acentuado con la pandemia debida a la COVID-19 producida por el virus SARS-CoV-2.

Por otra parte, los ODS se constituyen como la respuesta de los países organizados frente a los retos del desarrollo. Resulta de la mayor importancia para Colombia, considerada una despensa de alimentos para el mundo, propender por el mejoramiento de aquellos indicadores de los ODS orientados a la seguridad alimentaria. Las FF. MM., como garantes de la seguridad en todo el territorio nacional, cumplen un papel estratégico tanto en la seguridad como en la soberanía alimentaria. El análisis de las capacidades de las FF. MM. frente a los indicadores de seguridad alimentaria alineados con los ODS, permitió evidenciar que el relacionamiento estratégico de las FF. MM. con organizaciones privadas o estatales puede constituirse como una estrategia importante de contribución a la seguridad y soberanía alimentaria en el país; no obstante, hay una oportunidad de impacto mayor, particularmente en las acciones tendientes a promover la producción de alimentos de origen agrícola.

## Referencias

- Castillo, A., & Niño, C. (2016). La Doctrina de Acción Integral como política de seguridad en el posconflicto armado en Colombia. En C. Niño (Comp.), *Perspectivas y prospectivas de la seguridad en Colombia* (pp. 121-148). Universidad Santo Tomás.
- Comando General de Fuerzas Militares. (2017). *Manual de Acción Integral Conjunta*. Imprenta y Publicaciones de las Fuerzas Militares.
- European Coordination vía Campesina. (2018). *¡Soberanía alimentaria, ya! Una guía por la soberanía alimentaria*. <https://viacampesina.org/en/wp-content/uploads/sites/2/2018/02/Food-Sovereignty-a-guide-ES-version-low-res.pdf>
- FAO, IFAD, Unicef, WFP & WHO. (2020). *The state of food security and nutrition in the world 2020: Transforming food systems for affordable healthy diets*. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- FAO. (2006). Seguridad alimentaria y nutricional Conceptos básicos. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/3/a-at772s.pdf>
- FAO. (2011). Colombia se proyecta como una gran despensa agrícola. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/507341/>
- FAO. (2016). *Climate change and food security: risks and responses*. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/es/c/427091/>

- FAO. (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>
- FAO. (2019). Los indicadores de los ODS bajo la custodia de la FAO: ¿Cuáles son las novedades? FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/members-gateway/news/detail/es/c/1252816/>
- FAO. (2020a). Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/goal-2/es/>
- FAO. (2020b). Indicador 2.1.2 - Prevalencia de inseguridad alimentaria moderada o grave en la población, según la Escala de Experiencia de Inseguridad Alimentaria. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/212/es/>
- FAO. (2020c). Indicador 2.3.2 - Media de ingresos de los productores de alimentos en pequeña escala, desglosada por sexo y condición indígena. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/232/es/>
- FAO. (2020e). Indicador 2.5.2 - Proporción de razas y variedades locales consideradas en riesgo de extinción. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/252/es/>
- FAO. (2020f). Indicador 2.a.1 - Índice de orientación agrícola para el gasto público. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/2a1/es/>
- FAO. (2020g). Indicador 2.c.1 - Indicador de anomalías en los precios de los alimentos. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/2c1/es/>
- FAO. (2020h). Indicador 5.a.1 - (a) Proporción del total de la población agrícola con derechos de propiedad o derechos seguros sobre tierras agrícolas, desglosada por sexo; y (b) proporción de mujeres entre los propietarios o los titulares de derechos sobre tierras agrícolas, desglosada por tipo de tenencia. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/5a1/es/>
- FAO. (2020i). Indicador 5.a.2 - Proporción de países cuyo ordenamiento jurídico (incluido el derecho consuetudinario) garantiza la igualdad de derechos de la mujer a la propiedad o el control de las tierras. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/5a2/es/>
- FAO. (2020j). Indicador 6.4.1 - Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/641/es/>
- FAO. (2020k). Indicador 6.4.2 - Nivel de estrés hídrico: extracción de agua dulce en proporción a los recursos de agua dulce disponibles. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/642/es/>
- FAO. (2020l). Indicador 12.3.1 - Pérdidas y desperdicio mundiales de alimentos. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/1231/es/>
- FAO. (2020m). Indicador 14.4.1 - Proporción de poblaciones de peces cuyos niveles son biológicamente sostenibles. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/1441/es/>

- FAO. (2020n). Indicador 14.6.1 - Grado de aplicación de instrumentos internacionales cuyo objetivo es combatir la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/1461/es/>
- FAO. (2020ñ). Indicador 14.7 - Proporción del PIB correspondiente a la pesca sostenible en los pequeños Estados insulares en desarrollo, en los países menos adelantados y en todos los países. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/1471/es/>
- FAO. (2020o). Indicador 15.1.1 - Superficie forestal en proporción a la superficie total. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/1511/es/>
- FAO. (2020p). Indicador 2.c.1 - Indicador de anomalías en los precios de los alimentos. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/2c1/es/>
- FAO. (2020q). Indicador 15.2.1 - Avances hacia la gestión forestal sostenible. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/1521/es/>
- FAO. (2020r). Indicador 15.4.2 - Índice de cobertura verde de las montañas. FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/1542/es/>
- Fischer, G., Tubiello, F., Velthuisen, H., Van, & Wiberg, D. (2007). Climate Change Impacts on Irrigation Water Requirements: Effects of Mitigation, 1990-2080. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(7), 1083–1107. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.05.021>
- Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K., & Wiltshire, A. (2010). Implications of Climate Change for Agricultural Productivity in The Early Twenty-First Century. *Philosophical Transactions of The Royal Society*, 365(1554), 2973-2989. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0158>
- Guzmán-Barrón, C. (1997). El *dumping* en el comercio internacional. *THEMIS-Revista de Derecho*, (36), 137-141.
- Hoekstra, A., & Mekonnen, M. (2012). The Water Footprint of Humanity. *PNAS*, 109(9), 3232-3237. <https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109>
- IPCC. (2013). Summary for Policymakers. En T. Stocker, D. Qin, G. Plattner, M. Tignor, S. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P. Midgley (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* (pp. 3-29). Cambridge University Press.
- Kissinger, G., Herold, M., & De Sy, V.(2012). *Drivers of Deforestation and Forest Degradation*. Lexeme Consulting.
- Macartan, B. (2017). *Food Sovereignty: An Alternative Framework to The Narrower Concept of Food Security*. <https://www.researchgate.net/publication/316455982>
- Mejía, O. (2015). La acción integral: herramienta de gestión de los gobiernos municipales focalizados por la Política Nacional de Consolidación y Reconstrucción Territorial. *Equidad y Desarrollo*, 1(23), 127-145.
- Newbold, T., Hudson, L., Hill, S., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R., Börger, L., Bennett, D., Choimes, A., Collen, B., Day, J., De Palma, A., Díaz, S., Echeverria-Londoño, S., Edgar, M.,

- Feldman, A., Garon, M., Harrison, M., Alhusseini, T., Ingram, D., & Itescu, Y. (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520, 45-50. <https://doi.org/10.1038/nature14324>
- Organización de las Naciones Unidas. (2012). Resolución 66/288 de la Asamblea General “El futuro que queremos”.
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). Resolución 70/1 de la Asamblea General “Transformar nuestro mundo: la agenda 2030 para el desarrollo Sostenible”.
- Padmavathy, K., & Poyyamoli, G. (2011). Alternative Farming Techniques for Sustainable Food Production. *Genetics, Biofuels and Local Farming Systems*, 7, 367-424. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1521-9>
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (1994). *Un programa para la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Social. Informe sobre desarrollo humano*. <http://hdr.undp.org/es/informes/mundial/idh1994/>
- Proyecto Food Facility Honduras. (2011). *Seguridad Alimentaria y Nutricional. Conceptos Básicos*. <http://www.fao.org/3/a-at772s.pdf>
- Ramasamy, S., & Hiepe, C. (2009). Climate Change Impacts on Agriculture and Food Security and Disaster Risk Management as entry point for Climate Change Adaptation. *EASYPol*. [http://www.fao.org/docs/up/easypol/778/climate-change\\_impacts\\_on\\_agric\\_food\\_security\\_slides\\_077en.pdf](http://www.fao.org/docs/up/easypol/778/climate-change_impacts_on_agric_food_security_slides_077en.pdf)
- Ramankutty, N., Mehrabi, Z., Waha, K., Jarvis, L., Kremen, C., Herrero, M., & Rieseberg, L. H. (2018). Trends in global agricultural land use: implications for environmental health and food security. *Annual review of plant biology*, 69, 789-815.
- Smith, P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E., Haberl, H., Harper, R., House, J., Jafari, M., & Masera, O. (2014). Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). En O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel, & J. Minx (Eds.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 811-922). Cambridge University Press.
- Téllez, C. (2017). Líneas de acción para la integración de las FF. MM., con el desarrollo territorial en el posacuerdo (Tesis de maestría). Universidad EAFIT.
- The World Bank. (2015). Arable land (hectares per person). *The World Bank*. <https://data.worldbank.org/indicator/AG.Lnd.Arbl.HA.pc>
- United Nations Population Fund. (2018). World population trends. *United Nations Population Fund*. <https://www.unfpa.org/world-population-trends>
- Wittman, H. (2011). Food Sovereignty: A New Rights Framework for Food and Nature? *Environment and Society*, 2(1), 87-105. <https://doi.org/10.3167/ares.2011.020106>

## Bibliografía consultada

- FAO. (2020d). Indicador 2.5.1.a - Número de recursos genéticos vegetales para la alimentación y la agricultura preservados en instalaciones de conservación a medio y largo plazo. *FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations*. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/251a/es/>

Esta página queda intencionalmente en blanco

# Gestión ambiental en el Ejército Nacional de Colombia: oportunidades y perspectivas desde la economía circular<sup>1</sup>

6

<https://doi.org/10.21830/9789585318342.06>

*Bart Van Hoof*<sup>2</sup>

Universidad de los Andes

*Manuela Alejandra Parra Escobar*<sup>3</sup>

Universidad de los Andes

## Resumen

El sistema lineal actual no solo ha aumentado la demanda de recursos naturales no renovables, es decir, aquellos que existen en una cantidad específica y limitada, hasta llegar a un punto de riesgo de escasez, sino que las malas prácticas que este sistema conlleva y la poca educación en el tema ha llevado a un aumento insostenible en los residuos. Todas estas prácticas han generado consecuencias evidenciables a nivel global, por lo que desde hace algunos años se ha empezado a idear e implementar este nuevo sistema circular, el cual limita tanto la extracción de materia prima como la producción de residuos con el objetivo de mantener constante el valor de los productos, materiales y recursos en el tiempo. La transformación hacia un sistema circular es un desarrollo que se debe llevar a cabo no solo en los procesos y elementos principales de las cadenas de suministro, sino también en las organizaciones e instituciones, de manera que se articule una red sostenible a nivel nacional. En ese orden de ideas, el presente trabajo expone una revisión teórica en torno a los impactos del sistema lineal principios y características bajo los que se estructura la economía circular, casos exitosos y modelos de estrategias tanto a nivel

---

1 Este capítulo hace parte de los resultados de la experiencia de los autores en las áreas de gestión cultura del reciclaje y otros temas ambientales ejecutados en la Universidad de los Andes. Los puntos de vista y los resultados de este capítulo pertenecen al autor y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

2 PhD en Ecología Industrial (Universidad Erasmo de Róterdam). Magíster en Ingeniería Industrial (Universidad de los Andes). Ingeniero Industrial (Universidad Hogeschool Eindhoven). Profesor asociado de la Facultad de Administración de la Universidad de los Andes. Director del área de sostenibilidad de la misma Facultad. Áreas de investigación en Gerencia Ambiental Empresarial y Ecología Industrial. Gerente de Desempeño Ambiental de Ecopetrol. Desarrollo de políticas públicas para el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial y Ministerio de Comercio e Industria. Consultor de Corporaciones Autónomas Regionales. Asesor principal de la Estrategia Nacional de Economía Circular del Gobierno Colombiano. Orcid:<https://orcid.org/0000-0002-1618-6941> - Contacto: [bvan@uniandes.edu.co](mailto:bvan@uniandes.edu.co)

3 Ingeniera Ambiental (Universidad de los Andes). Estudiante Maestría en Gerencia y Práctica de Desarrollo (Universidad de los Andes). Asistente de investigación en temas de sostenibilidad, líder de proyectos encaminados a la cultura del reciclaje y otros temas ambientales. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0794-0842> - Contacto: [ma.parra@uniandes.edu.co](mailto:ma.parra@uniandes.edu.co)

comercial como a nivel de Fuerzas Militares. Todo ello, con el objeto de realizar un análisis de casos para la posible puesta en marcha de estrategias en el Ejército Nacional de Colombia, como, por ejemplo, la implementación de educación en desarrollo sostenible desde la escuela militar, la organización dentro de las instalaciones y la cohesión con otros actores para lograr investigación alrededor del tema.

**Palabras clave:** economía circular, cierre de ciclos, estrategia, desarrollo sostenible.

## Introducción

La economía mundial actual maneja un sistema lineal, consecuencia de la industrialización y causa del crecimiento económico. De manera general, este se basa en ‘tomar, hacer, usar y disponer’ de los recursos con los que cuenta el planeta. Sin embargo, bajo este sistema los materiales y la energía no son aprovechados de una manera sostenible y la cadena de suministro presenta falencias en cada una de sus etapas: las fuentes primarias son sobreexplotadas y contaminadas; la producción de bienes y servicios funciona bajo técnicas y metodologías poco conscientes; las pérdidas en la distribución y venta de bienes y servicios son bastante notorias; los usuarios se ven cada vez más influenciados por el consumismo; y, finalmente, la tierra se convierte en un sumidero de residuos y contaminación.

Como consecuencia a estas falencias, se observan de manera cada vez más recurrente pérdidas económicas, incremento en la volatilidad de precios, riesgos de suministro, deterioro de los sistemas naturales, superación de la capacidad de carga de los rellenos sanitarios, entre otros (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Un reflejo de estas consecuencias es el ‘Día del Sobregiro de la Tierra’ o ‘Día de la Deuda Ecológica’, fecha que establece el momento en el cual la humanidad ha utilizado todos los recursos biológicos que la Tierra puede renovar durante todo el año. Actualmente, se habla de un sobreuso del 60% de los recursos renovables, lo que se traduce en que la humanidad está usando 1.6 tierras para su sustento (Global Footprint Network & Earth Overshoot Day, 2020). Esta cifra manifiesta una necesidad de cambio, puesto que su aumento paulatino desde la década de los setenta deja en evidencia los efectos del sistema económico actual, donde la necesidad de suplir a un mundo en sobrepoblación está acabando por agotar nuestras fuentes primarias.

Con base en estas consecuencias, y a la necesidad de proyectar un sistema económico que no agote las fuentes primarias del planeta, surge la economía circular, con un concepto fundamentado en la restauración y regeneración, distinguiendo los ciclos técnicos de los biológicos para generar mayor eficiencia. En esta

economía se limita tanto la extracción de materia prima como la producción de residuos, con el objetivo de mantener constante el valor de los productos, materiales y recursos en el tiempo. Para garantizar una implementación y ejecución adecuados, esta economía se basa en tres principios: el primero consiste en preservar y mejorar el capital natural, controlando reservas finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables; el segundo consiste en optimizar los rendimientos de los recursos distribuyendo productos, componentes y materias con su utilidad máxima en todo momento; finalmente, el tercer principio se centra en promover la eficacia de los sistemas detectando y eliminando del diseño los factores externos negativos (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

De igual manera, la economía circular se concibe como un manifiesto de los sistemas naturales, en donde los residuos son fuente primaria en diferentes ciclos, la biodiversidad es generadora de resiliencia, la energía proviene de fuentes renovables y la clave de todo flujo efectivo se basa en pensar en sistemas donde confluyan personas, lugares e ideas para el desarrollo. De acuerdo con lo anterior, una implementación de este sistema no solo implicaría beneficios ambientales necesarios, sino un ahorro de billones en diferentes tipos de industrias, esto, debido a que gracias al cierre de ciclos la economía se expone menos a fluctuaciones en los precios de materiales, y la curva de costos, ahora aplanada, supone un uso más eficiente de recursos en términos de valor y volumen (Sariatli, 2017).

Pensando en las oportunidades que ofrece la economía circular, surge la necesidad de realizar casos de estudio, tanto para los diferentes actores de la cadena de suministro como para las instituciones sociales y del Estado que puedan acceder a las oportunidades que conlleva esta economía, en donde se identifiquen fortalezas y fallas en las que se pueda incurrir, resaltando los beneficios ambientales, sociales y económicos que una implementación de este sistema podría traer.

Con esto en mente, para el presente capítulo, se propone un estudio enfocado en el Ejército Nacional de Colombia, en donde, a través de un análisis teórico y metodológico, se comprenda el contexto ambiental, social y económico que se maneja en este tipo de instituciones, para así lograr una articulación de iniciativas que ahonden en la economía circular y sus necesidades de implementación, con base en su relación con los diferentes actores de la cadena de suministro.

Este análisis se realizará bajo el marco del ‘Programa de Gestión Ambiental’ que se viene implementando en el Ejército Nacional de Colombia, y con el objetivo de promover y fortalecer la investigación desde las diferentes escuelas de formación que hacen parte de las Fuerzas Militares (en adelante FF. MM.), en esta área del conocimiento, complementando así la visión de la Institución de ser “la fuerza de

acción decisiva de la Nación, con capacidad de conducir operaciones autónomas, conjuntas, coordinadas y combinadas, en forma simultánea en dos teatros de operaciones, uno externo y/o uno interno” (Ejército Nacional de Colombia, s. p.).

## Marco teórico

*¿A cuántos le va bien cuando a la economía le va bien?*

*¿A cuántos desarrolla el desarrollo?*

EDUARDO GALEANO, El libro de los abrazos

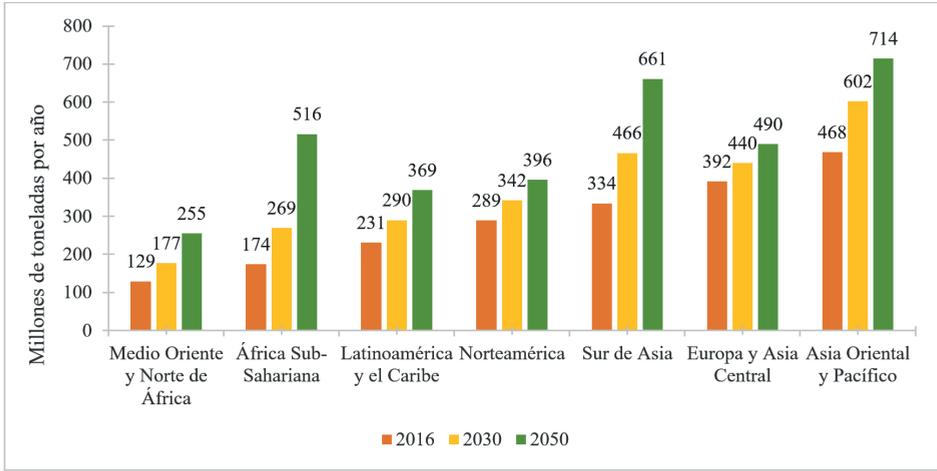
El último siglo ha traído consigo un avance tecnológico y un desarrollo industrial sin precedentes, sin embargo, como en todo sistema, se está llegando a un punto de quiebre en donde las exigencias globales no se ajustan a la capacidad de respuesta del planeta y sus recursos. A continuación, se presenta el alcance al que se ha llegado bajo el sistema económico actual y sus respectivas consecuencias.

### Sistema lineal

Con el uso de la razón viene implícita la necesidad de desarrollo, sin embargo, por más impropio que parezca, esta necesidad parece no estar definida bajo los alcances de la *madre tierra*, sino bajo las exigencias de un hombre egoísta que apela a un sistema sin límites para abastecer su frenético crecimiento. Con estas palabras se podría describir brevemente el sistema económico que rige al mundo actualmente, un sistema lineal producto de dos revoluciones industriales que cambiaron la historia al introducir la mecanización, nuevos sistemas de obtención de energía, nuevos materiales y tecnología que aumentarían la eficiencia, cantidad, variedad y velocidad de producción (Andrews, 2015).

De esta manera, para entender estos avances y cómo se prevé la llegada a un punto de quiebre, es necesario comprender los principios bajo los que funciona este sistema: tomar, hacer, usar y disponer. Bajo estos cuatro términos se entiende que, para satisfacer las necesidades a una población en aumento acelerado, se realiza una extracción desmesurada de recursos naturales, estos recursos entran a una cadena de suministro enfocada en la producción masiva, producto de la necesidad de suplir a una clase media creciente (Bonciu, 2014), y que orienta al consumidor a obtener estos productos y servicios de manera más constante, ya sea por influencia de las tendencias del momento, por su baja calidad o porque ya no suplen las necesidades cambiantes (Lacy & Rutqvist, 2016). Todo lo anterior conlleva a un aumento

desmesurado de residuos y contaminación, lo que se puede evidenciar en lo reportado para el año 2016 por el Banco Mundial (ver figura 1), en donde se describe cómo el mundo genera aproximadamente 2.01 billones de toneladas de residuos sólidos anuales.



**Figura 1.** Generación de residuos por región (millones de toneladas)  
Fuente: adaptado de Banco Mundial (2016)

Adicionalmente, cómo se observa en la figura 1, las proyecciones para el 2050 no son nada alentadoras, con un aumento de aproximadamente 70% en la generación de residuos sólidos. De esta manera, aunque este sistema ha llevado a un importante crecimiento económico y ha generado múltiples avances en beneficio de la humanidad, es evidente que se trata de un modelo totalmente insostenible, al borde de la quiebra y con consecuencias que ya son evidentes.

### **Consecuencias de un sistema lineal**

Investigaciones previas realizadas por la Ellen MacArthur Foundation (2015) y Andrews (2015) arrojan una serie de consecuencias que ya tienen repercusiones, entre las más destacadas se encuentran:

#### ***Pérdidas económicas y residuos estructurales***

Como se describió en el apartado anterior, anualmente se están generando cifras impactantes de residuos sólidos, de los cuales un 33%, aproximadamente, no se tratan de ninguna manera (Banco Mundial, 2016). Sin embargo, se ha evidenciado una generación de residuos estructurales en sectores optimizados. Un ejemplo

de esto es la industria automotriz, en donde se estima que un coche pasa alrededor del 90% del tiempo aparcado, ya sea en trancones o en casa; o en la industria alimenticia, en donde un 31% de los alimentos se está perdiendo a lo largo de la cadena de valor. Todos estos casos no solo tienen implicaciones económicas notables, sino que también se identifican fallas en sus cadenas de suministro que están permitiendo tales desperdicios.

### ***Riesgos de precios***

Se ha evidenciado cómo un sistema basado en la extracción, producción y consumo masivo aumenta la exposición a riesgos en las empresas, más específicamente variaciones en la volatilidad de los precios de los recursos naturales, y los problemas en la cadena de suministro al presentarse escasez o deterioro de las materias. Estas variaciones pueden generar, a su vez, una sobrecarga en el crecimiento económico, al aumentar la incertidumbre, disminuir la inversión y subir los costos de protección.

### ***Riesgos de suministro***

Las regiones que poseen recursos naturales no renovables en el mundo no son demasiadas, por lo que la mayoría de las naciones tiende a depender de las importaciones de materias primas. Adicional a esto, se observa un aumento del riesgo para la seguridad del suministro. Todo esto es una consecuencia directa de la escasez y de fallas en la optimización del uso de estos recursos.

### ***Deterioro de los sistemas naturales***

Teniendo en cuenta que actualmente la riqueza global a largo plazo depende de la explotación de recursos bajo este sistema lineal, se observa una afectación notoria en la productividad global proveniente del agotamiento de estas reservas naturales y del capital natural, cuyas causas de agotamiento se ven reforzadas por el cambio climático, la degradación de suelos, la pérdida de biodiversidad y la contaminación, entre otros factores.

### ***Aumento de la población e incremento en el PIB***

Un crecimiento económico acelerado trae consigo un aumento en la riqueza de los países, lo que se refleja en un incremento del producto interno bruto. Aunque esto conlleva al desarrollo científico y tecnológico, que a su vez reduce la mortalidad infantil e incrementa la expectativa de vida, implica igualmente un crecimiento demográfico acelerado que se soporta en el consumo y la explotación masiva de recursos. De acuerdo con las Naciones Unidas (2019), la población mundial pasó

de ser un billón, en 1804, a 7.7 billones, en 2019, con una proyección de 9.7 billones para el 2050. Estas cifras no solo constatan el aumento en la demanda de recursos, la escasez y la inevitable desaparición de algunos de estos bienes naturales, sino que también dan razón a la necesidad de cambiar modelos e innovar para un desarrollo sostenible *de todos y para todos*.

## **Economía circular**

*La naturaleza sostiene la vida universal de todos los seres.*

TENZIN GYATSO (decimocuarto dalái lama)

Como se pudo evidenciar en la sección anterior, aunque el crecimiento económico impulsado por el sistema lineal nos ha traído avances y oportunidades únicas, no es un sistema sostenible. Desde la década de los setenta la humanidad ha sido testigo de la necesidad de cambio, con sucesos como la crisis de petróleo y el primer registro de un sobregiro de la Tierra en esa misma década, surgió la necesidad de empezar a indagar en posibles alternativas a este sistema lineal.

Entre los primeros registros que se tiene sobre la noción de economía circular se encuentra el de Boulding (1966), para quien resultaba ideal la implementación de un sistema ecológico cíclico que frenara los efectos del sistema lineal. Más adelante, Meadows y otros (1972), en *Limits to Growth*, demostraron por qué un sistema basado en la extracción, producción, uso y desecho continuo de recursos no era sostenible y cómo su continuidad implicaba alcanzar los límites planetarios en los próximos cien años. Otro de los aportes más notorios se dio en 1982, cuando Walter Stahel introdujo el término *closed loop*, o cierre de ciclos, y dio inicio a la interpretación de un sistema de 6 eres (reutilizar, reciclar, rediseñar, remanufacturar, reducir, recuperar), base del sistema circular.

Sin embargo, uno de los hitos que transformó la investigación en sostenibilidad y circularidad se dio gracias al Informe de Brundtland (Keeble, 1987), presentado por Gro Harlem Brundtland, ex primera ministra de Noruega, ante la primera Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, en 1987. En este informe se formuló un análisis y un replanteamiento a las políticas de desarrollo económico y surgió el término *Desarrollo Sostenible*, planteado como “aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones del futuro”. Desde ese entonces se ha venido formulando una estructura más concisa en torno a la implementación de este sistema circular, pasando de ser un concepto especializado a un movimiento *mainstream* o convencional aplicable.

De acuerdo con lo anterior, de manera muy completa, para Suárez-Eiroa y otros (2019) la economía circular es

un sistema de consumo de producción regenerativa que tiene por objeto mantener las tasas de extracción de recursos y las tasas de generación de desechos y emisiones bajo valores adecuados a las fronteras planetarias, mediante el cierre del sistema, la reducción de su tamaño y el mantenimiento del valor del recurso el mayor tiempo posible dentro del sistema, apoyándose principalmente en el diseño y la educación, y con capacidad para ser implementado a cualquier escala. (p. 14)

Teniendo en mente esta definición y los planteamientos previamente expuestos, a continuación, se explican en detalle los principios y características de este sistema; asimismo, se hace una descripción del diagrama de mariposa, el esquema que describe a la economía circular, así como las ventajas y desventajas de su implementación y un caso de éxito de su respectiva aplicación.

### **Principios y características**

Con base en estudios realizados por la Ellen MacArthur Foundation (2015), se han identificado tres principios que rigen la economía circular, estos son:

*Principio 1: preservar y mejorar el capital natural controlando reservas finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables.* Para lograr un control de reservas, en una situación donde se necesiten recursos, lo ideal es que un sistema circular seleccione tecnologías y procesos que trabajen con recursos renovables (Geisendorf & Pietrulla, 2017). Adicionalmente, esta economía promueve un movimiento constante de flujos de nutrientes dentro del sistema, lo que, a su vez, motiva la regeneración de los sistemas bióticos, hecho que se refleja en una mejora del capital natural.

*Principio 2: optimizar los rendimientos de los recursos distribuyendo productos, componentes y materias con su utilidad máxima en todo momento tanto en ciclos técnicos como biológicos.* Esto se traduce en reestructurar las técnicas de diseño y fabricación para garantizar que los materiales y demás componentes puedan circular a través del reciclaje, remanufactura o recuperación. Igualmente, un sistema circular garantiza que los ciclos de vida de los materiales se maximicen, ya sea desde el ciclo biológico o el ciclo técnico, de manera que, aunque su utilidad aumente, su eficiencia y eficacia no disminuyan con el tiempo, y que cuando su ciclo de vida termine, se conviertan en materia prima para otras industrias (Bonciu, 2014).

*Principio 3: promover la eficacia de los sistemas detectando y eliminando del diseño los factores externos negativos.* Esto implica modificaciones en los sistemas, de manera que se reducen los daños y riesgos en factores como movilidad, centros

de acogida y sanidad. Igualmente, se promueve una gestión sostenible de factores externos como el uso del suelo y la contaminación de fuentes. Bajo este principio, entra a jugar un papel clave para el éxito la interacción entre industrias y usuarios que se comprometan a implementar la circularidad, e igualmente se pasa de un sistema de decisión individual a uno de decisión colectiva, por lo que son necesarios cambios en la educación, valores y comportamientos de los productores y consumidores (Bonciu, 2014).

Tomando como base los tres principios descritos anteriormente, se logra articular un sistema circular. Sin embargo, los fundamentos bajo los que debería funcionar son:

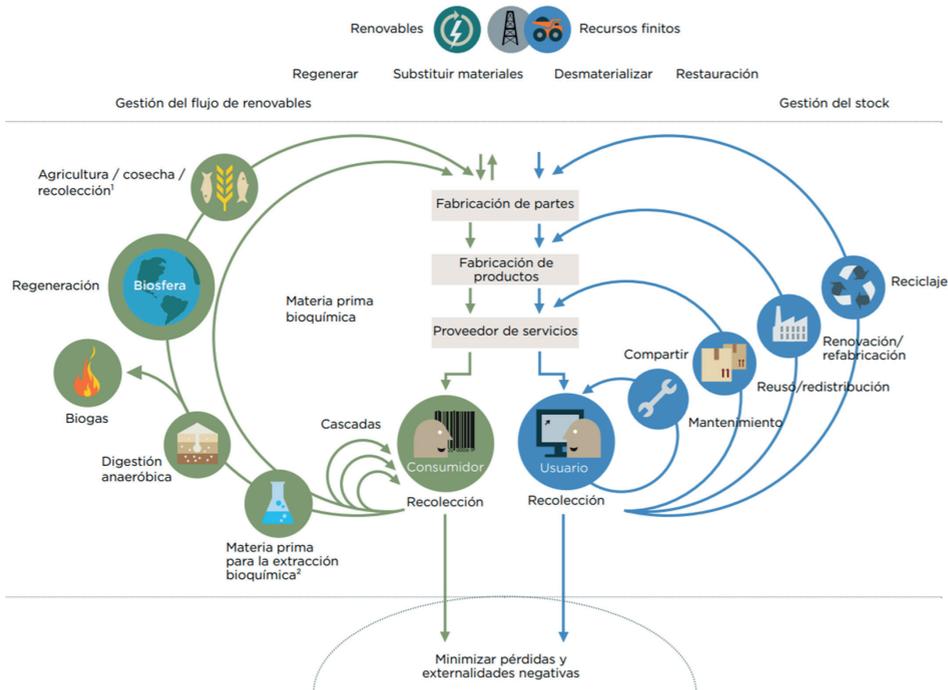
1. Reintroducción de los residuos en los ciclos de producción, en donde materias biológicas no tóxicas son devueltas al sistema natural mediante compostaje, digestión anaerobia o procesos similares, y materiales técnicos son recuperados, remanufacturados o reciclados maximizando su valor en el tiempo (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Igualmente, en una economía circular se implementa el modelo de las 6 es, en donde se transforman los procesos de producción para convertirse en ciclos sostenibles. De acuerdo con Jawahir & Bradley (2016), la metodología se basa en:
  - Reducir: donde se reduce el uso tanto de recursos en la preproducción, como son energía, materias primas y otros, como las emisiones y los posibles desechos.
  - Reusar: se refiere a la reutilización de un producto, o sus partes, después de su primer ciclo de vida.
  - Reciclar: se trata de transformar en nuevos materiales o productos, materiales que hubieran sido considerados en un primer momento como basura.
  - Recuperar: en donde se recolectan productos que están finalizando su etapa de uso, se desensamblan, clasifican y limpian para entrar a un nuevo ciclo de vida póstumo.
  - Rediseñar: etapa en donde se rediseñan las siguientes generaciones de productos hechos a base de materias y recursos recuperados de otros ciclos, teniendo en cuenta su maximización de vida útil y eficiencia.
  - Remanufacturar: donde productos usados se reprocesan para su restauración a un estado original como un nuevo producto, tratando de reutilizar tantas partes como sea posible.

2. Resiliencia a través de la diversidad, en donde, al igual que como funcionan los ecosistemas, la diversidad actúa como impulsora de la restauración y resiliencia ante el cambio, y se alimenta de conexiones, recursos, relaciones con usuarios e innovaciones (Joustra et al., 2013). Un ejemplo de esta resiliencia en un sistema circular ante épocas de crisis se refleja en los aportes de las empresas en cuanto a eficiencia e innovación. Según la Ellen MacArthur Foundation (2015), “las empresas más grandes aportan volumen y eficiencia, mientras que las pequeñas ofrecen modelos alternativos cuando hay crisis” (p. 8).
3. Energía proveniente de fuentes renovables, ya que todo sistema requiere de energía, una economía circular se formula alrededor de aprovechar fuentes como el Sol, el viento, los mares, entre otras fuentes, para el funcionamiento de estos ciclos, más específicamente en las etapas de recuperación y remanufacturación, en donde se depende de energía física y de labor para su procesamiento (Joustra et al., 2013).
4. Pensar de manera holística y en sistemas. Esto proviene del hecho de que muchos elementos del mundo hacen parte e interactúan entre sistemas, desde las plantas y animales hasta las personas (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Para lograr una transformación efectiva del sistema lineal actual al circular, es necesario comprender todos estos tipos de interacciones para crear ciclos eficientes.

### **El diagrama de mariposa**

Como se ha planteado anteriormente, una economía circular se basa en una transición de flujos lineales a ciclos en donde las pérdidas de una etapa de producción se vuelven insumos de la siguiente. Para un mejor entendimiento, investigadores de la Ellen MacArthur Foundation plantearon un diagrama del sistema o diagrama de mariposa, en donde se plasman los diferentes flujos continuos de materiales, tanto técnicos como biológicos, a través de cinco ciclos de valor: económico, de fabricación, social, ambiental o humano.

En cuanto a los tipos de flujos, en la figura 2 se pueden observar los flujos biológicos en el ala derecha de la mariposa, estos representan las reservas de materias renovables y es donde se produce el consumo y se regeneran los nutrientes. Por otro lado, los flujos técnicos se pueden observar en el ala izquierda de la mariposa, estos flujos representan las reservas finitas y es donde se presenta el uso de las materias.



**Figura 2.** Diagrama de mariposa de la economía circular  
Fuente: Ellen MacArthur Foundation (2015)

Como se puede observar en el diagrama, los únicos insumos que se tienen son las fuentes renovables y los recursos finitos; en cuanto a los flujos técnicos, se encuentran las principales acciones encaminadas a cerrar el ciclo de los residuos (previamente descritas), que suelen ir al final bajo un sistema lineal, como son el reciclaje, la renovación, la remanufactura, el reuso, y el mantenimiento de productos. Por otro lado, en los flujos biológicos se aprecia la materia prima bioquímica, la cual se puede retornar a la biosfera, como en el caso de los productos de agricultura, cosecha y recolección, los materiales que retornan al suelo para su restauración, los procesos de digestión anaeróbica y la materia prima necesaria para la extracción bioquímica. Finalmente, como se observa en la parte inferior de la ilustración, existen pérdidas y externalidades negativas provenientes de cada flujo, que, aunque no pueden ser totalmente evitadas, deben minimizarse.

## Economía Circular en Colombia

*Hemos aprendido que, el crecimiento económico y la protección del medio ambiente pueden y deben ir de la mano.*

CHRISTOPHER DODD (político estadounidense)

Un país como Colombia, con su prolífica biodiversidad, múltiples culturas y espíritu emprendedor característico de sus habitantes, no debe ignorar la oportunidad de implementar un sistema circular que proteja sus valiosos recursos y garantice una estabilidad ambiental, económica y social a largo plazo. Es por esto que resulta esencial una constante organización de los poderes público y privado que, a través de políticas, inversiones, consultorías e investigación, y tomando en cuenta las necesidades y el contexto colombiano, integren un modelo cooperativo para el desarrollo de la economía circular en el país.

### Políticas para la economía circular

Colombia ha venido trabajando en políticas para la regulación de los efectos del cambio climático, problemáticas ambientales y desarrollo sostenible desde finales de los años noventa; sin embargo, en cuanto a políticas o propuestas encaminadas específicamente a la economía circular, fue solo hasta el año 2019 que se presentó la Estrategia Nacional de Economía Circular, primer estudio de este tipo en Latinoamérica (Gobierno de la República de Colombia, 2019). No obstante, el país cuenta con diferentes políticas y lineamientos que han funcionado como marco regulatorio para la economía circular; Rozo (2019) recopiló estas políticas, de las cuales las más trascendentales son:

- Política para la gestión integral de residuos, presentada por el Ministerio de Ambiente en 1997.
- Decreto 389. Política de parques industriales ecoeficientes (PIE), enfocada en la creación de parques industriales que desarrollan proyectos dirigidos a mejorar su desempeño económico, ambiental y social, presentada por la Alcaldía Mayor de Bogotá en el año 2003.
- Lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, presentada por el Departamento Nacional de Planeación en el 2008.
- Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible, enfocada en una competitividad empresarial y un mejoramiento ambiental bajo

mercados verdes, presentada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en 2010.

- Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos –CONPES del 2016 presentada por el Ministerio de Ambiente en 2016.
- Proyecto de ley 175 del 22 de agosto de 2018, en donde se establece, a partir del año 2030, la prohibición de plásticos de un solo uso y disposiciones semejantes que permitan su sustitución y cierre de ciclos, presentada ante la Cámara de Representantes y archivada de momento.
- Política de ‘Crecimiento Verde’, presentada por el Departamento de Planeación Nacional (2018) cuyo objetivo es “impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país, al tiempo que se asegura el uso sostenible del capital natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima” (párr. 1).

### **Estrategia nacional de economía circular**

Producto de una convergencia de múltiples actores del sector privado, público, académico y de la sociedad civil de todas las regiones de Colombia, esta estrategia plantea mecanismos de gestión y política pública que facilitarán a las entidades del Estado la transición hacia este nuevo sistema. De acuerdo con lo propuesto en el documento de la Estrategia Nacional de Economía Circular, desarrollada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Comercio Industria y Turismo, y el Gobierno Nacional de Colombia (2019), las principales formulaciones son:

- Innovación en mecanismos normativos que fomentan un cambio del sistema tradicional de producción en empresas y emprendimientos.
- Gestión de incentivos que promueven procesos de transformación de sistemas industriales y agrícolas a través de apoyos en capacitación y asistencia técnica
- Promoción de investigación, innovación y generación de conocimiento en dichos temas.
- Desarrollo de un sistema de información sobre economía circular para el seguimiento a la implementación de la estrategia y la medición del avance del país en el tema.
- Cooperación internacional para intercambio de tecnologías y conocimiento.

Igualmente, a través de esta estrategia se plantea un enfoque en seis líneas de acción donde se fijan metas a plazos e indicadores de cumplimiento y avance. Estas líneas son flujos de materiales industriales y productos de consumo masivo, flujos de materiales de envases y empaques, flujos de biomasa, fuentes y flujos de energía, flujos de agua y flujos de materiales de construcción (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio Industria y Turismo, y Gobierno Nacional de Colombia, 2019).

### **Casos exitosos**

Motivadas por las tendencias mundiales orientadas hacia la aplicación de los fundamentos de la economía circular, especialmente en países como Holanda, Dinamarca Alemania, Japón, entre otros, muchas empresas colombianas han decidido emprender una transformación en sus sistemas productivos e iniciar una transición hacia un sistema circular. Una de las iniciativas más reconocidas actualmente es RedES-CAR (Red de Empresas Sostenibles-Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca), la cual se constituye como una alianza entre los sectores público, privado y la academia para promover la transformación productiva de las empresas mediante la aplicación de estrategias de cambio a través de diferentes rutas: producción más limpia, simbiosis industrial y gestión integral del agua (RedES-CAR, s. f., a).

Como base de su metodología, RedES-CAR se fundamenta en tres pilares: estrategia de cambio, capacidades y empoderamiento, y colaboración en red, tal como se puede observar en la figura 3. Con base en estos tres pilares se estructura su metodología, que consiste en una conformación de cadenas, en donde se identifican posibles actores y se establecen convocatorias; desarrollo de talleres para el fortalecimiento de capacidades, en donde se intercambian experiencias y se diseñan proyectos de producción más limpia (PML); simbiosis industrial o gestión integral del agua, en donde se genera un seguimiento a las empresas a través de encuestas y talleres; y, finalmente, si el proceso ha sido exitoso, se le realiza un reconocimiento a la empresa exaltando su papel en la transformación productiva.

Esta alianza ya cuenta con más de 300 proyectos encaminados a una transformación a favor de la sostenibilidad, en sectores económicos como el agropecuario, alimentos y bebidas, comercio y construcción, entre otros.

Un ejemplo representativo de los proyectos que se encuentra gestionando RedES-CAR es el cambio de fuente de abastecimiento de agua para procesos secundarios de Productos Ramo S.A., un proyecto enfocado en PML, en donde el

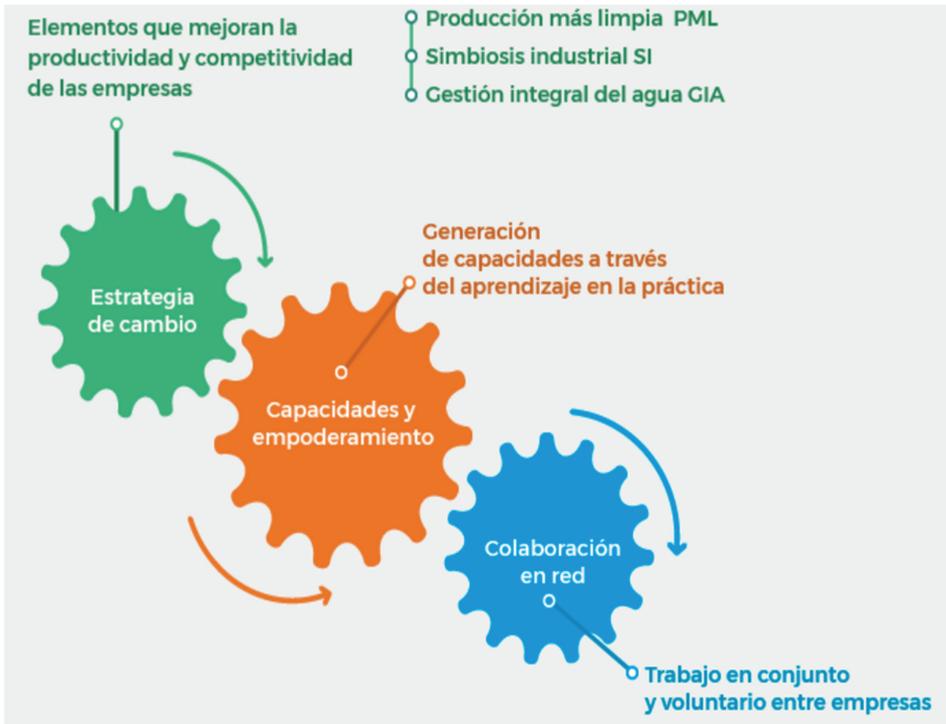


Figura 3. Pilares de la metodología de RedES-CAR  
Fuente: RedES-CAR (s. f., b)

consumo de agua anual es de 25.550 m<sup>3</sup>/año. De acuerdo con Cuervo & Padilla (s. f.) su objetivo es “mejorar el sistema de captación de aguas lluvias y conducirlas a un tanque principal de almacenamiento, buscando reducir en 8267 m<sup>3</sup>/año el volumen de captación de agua subterránea y reutilizar 4680 m<sup>3</sup>/año de agua de lavado de filtros de la planta de tratamiento de procesos (PTAP)” (p. 1).

## Gestión ambiental en el Ejército Nacional de Colombia

*Dentro de algunas décadas, la relación entre el ambiente, los recursos y los conflictos será tan obvia como la conexión que vemos ahora entre derechos humanos, democracia y paz.*

WANGARI MAATHAI (Premio Nobel de Paz 2004)

El Ejército Nacional de Colombia, siguiendo sus principios de compromiso y fe en la causa, vela por la seguridad de la nación, así como por la protección y bien-

estar de sus recursos naturales y medioambiente (Ejército Nacional de Colombia, s. f.). Bajo el ámbito ambiental, tiene un compromiso con la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, el “Pacto por la Sostenibilidad: Producir Conservando y Conservar Produciendo”, parte del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022; y los lineamientos del Ministerio de Defensa Nacional, con la política de Defensa de Seguridad del 2019 y su objetivo 614: preservar y defender el agua, la biodiversidad y los recursos naturales como activos estratégicos de la nación (Tovar, 2020).

Adicionalmente, en el Plan Estratégico Militar 2030 se garantiza un compromiso con el desarrollo sostenible mediante empleo de capacidades militares del Objetivo Estratégico No. 5 y la protección y preservación del medioambiente en Colombia establecido en el Objetivo Específico No. 3, del Objetivo Estratégico No. 6 (Comando General Fuerzas Militares de Colombia, 2015).

### **Acciones a favor de la sostenibilidad**

A partir de los lineamientos a los que el Ejército Nacional decidió adherirse, con el objetivo de estructurar un sistema de gestión ambiental, surgieron diferentes áreas de enfoque bajo las cuales se constituyeron operaciones y planes de acción. A este respecto, el TC. Tovar (2020) explica estas áreas y sus principales acciones en su conferencia sobre la gestión ambiental en el Ejército Nacional, estas son:

- Ecosistemas: en donde se diseñan y ejecutan proyectos encaminados a la preservación de ecosistemas. Entre los más destacados están:
  - Proyecto Restauración Natural Asistida en Cerro Medellín, donde se tiene la meta de sembrar más de 20.000 unidades forestales.
  - Aeroforestación, para reforestar y restaurar zonas degradadas en parques naturales cercanas a San José del Guaviare y El Retorno (Guaviare).
- Plan de Recuperación Ambiental, orientado a la protección de ecosistemas estratégicos. Sus 6 metas son:
  1. Siembra de más de cinco millones de árboles para 2022.
  2. Propagación y siembra de un millón de frailejones y 39 invernaderos.
  3. Propagación y siembra de medio millón palmas de cera y 7 viveros.
  4. Reforestación de zonas afectadas por la minería ilegal.
    - Creación de dos macroviveros para la producción de tres millones de plántulas para la recuperación del ecosistema del Parque de Chibiriquete y Tinigua.
    - Protección y conservación de 373 fuentes hídricas.

- Educación ambiental: en donde se ha capacitado a más de 7000 soldados, 64 suboficiales tecnólogos y 281 gestores ambientales en cada una de las unidades militares para las labores de atención y preservación del medioambiente.
- Saneamiento básico: planes de diseño y mantenimiento de pozos, redes hidráulicas y sanitarias de los diferentes planteles del Ejército Nacional de Colombia.
- Trámites legales: periódicamente se realizan auditorías ambientales a las unidades militares para darle seguimiento a todos los procesos, los impactos ambientales y sus respectivos controles.

Adicional a estas acciones, en 2019 se empezó a ejecutar la Operación Mayor Artemisa, catalogada como la misión más ambiciosa en términos ambientales realizada por el Ejército Nacional de Colombia, y cuya finalidad es la defensa de la biodiversidad, de la selva tropical y de los parques nacionales (Presidencia de la República, 2019). De esta manera, las líneas de acción de la operación son (Tovar, 2020):

- Control de tráfico ilegal de fauna y flora.
- Control de tráfico ilegal de madera.
- Actividades de acción integral con autoridades ambientales.
- Reforestación.
- Control de incendios forestales.
- Control de cultivos ilícitos.
- Control de minería ilegal.
- Plan de Recuperación Ambiental 2020-2022.

Finalmente, para afianzar el compromiso con la gestión ambiental y el desarrollo sostenible de Colombia, el Ejército ha venido implementando en sus escuelas de formación, especializaciones y maestrías orientadas en estos temas. Igualmente, ha fomentado la investigación y participación de la comunidad académica en proyectos de índole ambiental, ejemplo de esto fue el 'Primer Encuentro por el Desarrollo y Sostenibilidad Ambiental' organizado por la Escuela de Armas Combinadas y la Escuela de Aviación, en donde investigadores y expertos en desarrollo y medioambiente formularon iniciativas para fortalecer la gestión ambiental en el Ejército Nacional.

## Oportunidades de Economía Circular en el Ejército Nacional de Colombia

*El liderazgo sustentable refleja la conciencia emergente entre las personas que están decidiendo vivir sus vidas y dirigir sus organizaciones en una forma que tome en cuenta su impacto en el planeta, la sociedad y la salud de economías locales y globales.*

MARY A. FERDIG (consultora en liderazgo y desarrollo internacional)

Partiendo de las premisas bajo las que se constituye una economía circular, pueden surgir múltiples iniciativas para la transformación de los procesos que suceden en empresas e instituciones, hacia un modelo sostenible y viable. En lo que respecta a las FF. MM., múltiples iniciativas se han desarrollado mundialmente, desde planes de acción enfocados en la participación de las FF. MM. en temas de seguridad ambiental en Estados Unidos (Glenn et al., 1998), hasta el uso de estrategias de creación de valor compartido en organizaciones públicas como el Ejército, para mejorar su competitividad básica en Corea del Sur (Kwon & Park, 2019). Igualmente, estudios encaminados a proponer mejoras para diferentes sistemas de gestión en las FF. MM. toman cada vez mayor impulso, como es el caso de la 'Propuesta para el mejoramiento de la Cadena de Suministros y Abastecimiento del Ejército Nacional de Colombia, para responder a las necesidades del siglo XXI' (Restrepo, 2014).

Tomando los diferentes contextos y objetivos de las iniciativas previamente descritas, a continuación, se presenta un análisis metodológico y teórico para la identificación de posibles oportunidades de economía circular en las instalaciones del Ejército Nacional de Colombia.

### Análisis de casos

Con base a lo dicho anteriormente, se realizó una revisión bibliográfica enfocada en planes y estrategias que diferentes FF. MM. están aplicando, así como estudios sobre su implementación. Igualmente, se realizó una revisión enfocada en los poderes ambientales o de ejecución que se les da a la FF. MM. Con base en los resultados, se decidió dividir el presente análisis en tres secciones: rol ambiental, planes de sostenibilidad y ejemplos de aplicación de alternativas. A continuación, se presenta un resumen para cada sección como lo muestran las tablas 1, 2 y 3.

**Tabla 1.** Rol ambiental de las Fuerzas Militares

Objetivo	Referencia	Metodología	Resultados
<p>Determinar el rol de las Fuerzas Militares (FF MM.) en el área ambiental, de Estados Unidos y Bangladesh.</p>	<p>Glenn, J. C., Gordon, T. J., &amp; Perlet, R. (1998). <i>Defining environmental security: Implications for the US army</i>. Army Environmental Policy Inst Atlanta GA.</p> <p>Rahman, M. F. H. (2019). <i>Capability enhancement of Bangladesh Army to perform environmental protection and refugee control</i>. US Army Command and General Staff College Fort Leavenworth United States.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encuestas a público general y miembros de las FF MM.</li> <li>Análisis teórico</li> <li>Programa Ambiental del Departamento de Defensa de Estados Unidos.</li> <li>Revisión bibliográfica sobre acciones ambientales y sociales de las FF MM. de Bangladesh, USA, India y otros países.</li> <li>Evaluación cualitativa basada en revisión bibliográfica.</li> </ul>	<p>Las FF MM. deberían tomar responsabilidad y acompañar en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo ambiental de instalaciones militares, como manejo de residuos, tratamiento de aguas residuales y potable.</li> <li>Prevención y mitigación de impactos ambientales de origen militar, como derrames de combustible, sustancias tóxicas, impactos a fuentes hídricas, entre otras.</li> <li>Asistencia en situaciones de emergencia de índole ambiental como terremotos, incendios, inundaciones y demás en donde la logística y rápida respuesta militar sea beneficiosa.</li> <li>El Ministerio de Ambiente, Bosques y Cambio Climático debería asumir rol de agencia líder e incorporar a las FF MM. en ayuda a la autoridad civil para convar las problemáticas ambientales.</li> <li>Las FF MM. deberían implementar un programa intensivo de entrenamiento en normativa ambiental, mecanismos para su cumplimiento y reglas de combate.</li> <li>Si se tiene un rol ambiental en las FF MM. se debe generar una alianza con los ministerios, autoridades locales y agencias de aplicación de la ley para trabajar en conjunto.</li> <li>El gobierno debe generar campañas informativas paralelas a las medidas nacionales para reforzar el rol ambiental de las FF MM.</li> </ul>

Tabla 2. Planes de sostenibilidad

Objetivo	Referencia	Metodología	Resultados
<p align="center"><b>Planes de Sostenibilidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar acciones enfocadas en la sostenibilidad ejecutadas en las FM.</li> <li>• Proponer alternativas para enfocar la institucionalización de la sostenibilidad en las FM.</li> </ul>	<p>Warnock, D. A. (2008). <i>Institutionalizing Sustainability into the Total Army</i>. ARMY WAR COLL CARLISLE BARRACKS PA.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión bibliográfica sobre modelos de sostenibilidad.</li> <li>• Análisis del Programa de Sostenibilidad en las Instalaciones establecido por el Comando de las Fuerzas Armadas de Estados Unidos.</li> <li>• Análisis de casos de estudio previos.</li> </ul>	<p>Se identificaron dos niveles de análisis de sostenibilidad en las FM: el global y el institucional/operacional.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A nivel global abarca resolución de conflictos alrededor de la escasez de recursos, aumento de tensiones internas y transfronterizas debido a las migraciones masivas, reordenamientos geopolíticos producto de cambio en el acceso a recursos y la prevalencia de las enfermedades.</li> <li>• A nivel institucional los retos se enfocan en el entrenamiento y preparación para las misiones y sus efectos.</li> </ul> <p>Se identificaron las siguientes necesidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer un jefe y un Consejo de sostenibilidad, figuras que serán el eje para la implementación y análisis de alternativas.</li> <li>• Dotar de recursos y entrenamiento a las FM en esta materia, partiendo de una financiación de sistemas de armamento sostenibles, energía renovable, vehículos tácticos y no tácticos que funcionan con combustibles alternativos, y diseño y construcción de instalaciones sostenibles.</li> <li>• Fomentar la colaboración con otros servicios y agencias gubernamentales.</li> <li>• Promulgar políticas y directrices en sostenibilidad.</li> </ul>

Continúa tabla...

Objetivo	Referencia	Metodología	Resultados
<p><b>Planes de Sostenibilidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar acciones enfocadas en la sostenibilidad ejecutadas en las FM.</li> <li>• Proponer alternativas para enfocar la institucionalización de la sostenibilidad en las FM.</li> </ul>	<p>Lachman, B. E., Pint, E. M., Cecchine, G., &amp; Colloton, K. (2009). <i>Developing Headquarters Guidance for Army Installation Sustainability Plans in 2007</i>. RAND CORP SANTA MONICA CA.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de Planes de Sostenibilidad Ambiental (PSA).</li> <li>• Revisión bibliográfica de gestión ambiental y sostenibilidad.</li> <li>• Encuestas a personal de las FM.</li> <li>• Asistencia a comités y talleres de PSA.</li> <li>• Visita a instalaciones que han implementado PSA.</li> </ul>	<p>En lo que respecta a desarrollo de PSA se recomienda:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Racionalizar los planes para implementación en todas las instalaciones de las FM a través de talleres que tengan en cuenta la misión, comunidad, y situación ambiental de cada instalación.</li> <li>• Apoyo técnico en la elaboración de PSA.</li> <li>• Orientación al personal y los stakeholders de las FM para una participación conjunta, y que áreas funcionales como la salud, la educación y la moral, el bienestar y el esparcimiento se tengan en cuenta en el proceso de planificación de la sostenibilidad.</li> </ul> <p>En cuanto a la implementación de los PSA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientar al Cuartel General, designando el rol de coordinador de sostenibilidad a un miembro y organizar un equipo asistente.</li> <li>• El Cuartel General debe ayudar a realizar estudios de viabilidad financiera, igualmente destinar recursos para realizar evaluaciones iniciales de proyectos existentes o nuevos y documentarlos de manera que se pueda medir su valor y transferir las lecciones aprendidas entre instalaciones.</li> <li>• Ampliar la participación de las organizaciones de las FM para ir más allá de los PSA, integrando formación en sostenibilidad, sus políticas y prácticas bajo la formación tradicional militar.</li> </ul>

Continúa tabla...

Objetivo	Referencia	Metodología	Resultados
<p><b>Planes de Sostenibilidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar acciones enfocadas en la sostenibilidad ejecutadas en las FM.</li> <li>• Proponer alternativas para enfocar la institucionalización de la sostenibilidad en las FM.</li> </ul>	<p>Kwon, H. S., &amp; Park, H. C. (2019). <i>Creating Sustainable and Climate Shared Value in Public Institution: Lessons from a Case of Korea Army Cadet Military School</i>. Sustainability, 11(14), 3796.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión bibliográfica de estrategias para la Creación de Valor Compartido (CVC).</li> <li>• Investigación basada en casos.</li> </ul>	<p>Se identificaron diferentes puntos clave para desarrollar una estrategia de CVC:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Su logro puede verse en el proceso de realización de los valores sociales mediante la maximización de las diferentes necesidades y expectativas de los diversos interesados, al tiempo que se promueven sus propios valores.</li> <li>• El desempeño se determina cuando el sujeto comprende correctamente su entorno y se combina orgánicamente con los recursos internos y externos.</li> <li>• El rendimiento está determinado por la capacidad de adquirir y acumular constantemente tales recursos.</li> <li>• Los mecanismos que utilizan o crean recursos en respuesta a los cambios ambientales pueden aparecer tanto, como resultado de la estrategia adoptada por el sujeto, como, como fenómeno espontáneo.</li> <li>• Los organismos gubernamentales deberían incluirse en los temas ya existentes sobre las actividades de CVC.</li> <li>• Las organizaciones públicas no sólo pueden identificar sus valores intrínsecos de manera más eficaz mediante estrategias de CVC, sino que también pueden crear valores sociales como la construcción urbana sostenible, el crecimiento económico regional y la gestión ambiental.</li> </ul>

**Tabla 3.** Ejemplos de alternativa

Objetivo	Referencia	Metodología	Resultados
<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar el status-quo del sistema de gestión de abastecimiento de agua del cantón de Panagoda (Sri Lanka).</li> <li>Identificar áreas de mejora de este sistema y su efecto en los consumidores.</li> <li>Proponer una alternativa sostenible al sistema actual.</li> </ul>	<p>Edirisinghe, E. A. D. P., &amp; Bogahawatte, S. (2018). <i>Sustainable Water Supply Management System for Panagoda Army Cantonment</i>. <a href="http://ir.kdu.ac.lk/handle/345/2562">http://ir.kdu.ac.lk/handle/345/2562</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión bibliográfica en gestión sostenible del agua, aproximaciones al suministro de agua sostenible y uso de energías renovables.</li> <li>Formulación de un modelo empírico de sostenibilidad.</li> <li>Encuesta a personal del Cantón</li> </ul>	<p>En cuanto a percepción de los encuestados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>No hay suficiente número de tanques de almacenamiento.</li> <li>Problemas en las tuberías de distribución de agua, donde se presentan fugas</li> <li>Barro y partículas suspendidas en el agua.</li> <li>Suministro irregular.</li> </ul> <p>Sugerencias que plantean los autores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nuevos tanques de almacenamiento.</li> <li>Reparación y reemplazo de tuberías.</li> <li>Suministro constante en cantidad y calidad.</li> <li>Planta de tratamiento de agua que trabaje bajo estándares.</li> <li>Inspección y mantenimiento continuo.</li> <li>Invertir en energía solar y recolección de agua-lluvia para un manejo sostenible.</li> </ul>
<p><b>Ejemplos Alternativas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar una base de datos ambientales críticos para una gestión exitosa y sostenible en las FF. MM.</li> <li>Referenciar los datos de toxicidad necesarios para generar valores de niveles de exploración de suelos ecológicos (Eco-SSL) basados en invertebrados para diferentes químicos y agentes.</li> </ul>	<p>Kuperman, R. G., Checkai, R. T., Simini, M., Phillips, C. T., Kolakowski, J. E., &amp; Chester, N. A. (2006). <i>Ecological soil screening levels for invertebrates at explosives-contaminated sites: supporting sustainability of army testing and training</i>. Edgewood Chemical Biological Center Aberdeen Proving Ground MD.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión bibliográfica en aproximaciones técnicas (químicos, tests de suelo, extracciones, entre otros).</li> <li>Recolección de datos con base a trabajo de campo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los diseños experimentales de las investigaciones cumplieron con todos los criterios de selección utilizados a nivel nacional en temas de Eco-SSL para seleccionar los puntos de referencia de los invertebrados del suelo para el desarrollo de Eco-SSL.</li> </ul>

Continúa tabla...

Objetivo	Referencia	Metodología	Resultados
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestionar bioensayos de invertibrados de suelo bajo condiciones experimentales.</li> <li>• Establecer puntos de referencia toxicológicos para derivar un Eco-SSL</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los datos de referencia de toxicidad desarrollados se proporcionarán al Grupo de Trabajo Nacional de Eco-SSL para la revisión del control de calidad de los diseños experimentales de los estudios, los datos producidos y la aplicabilidad, antes de introducir los puntos de referencia en la base de datos de Eco-SSL.</li> <li>• Los valores de Eco-SSL obtenidos permitirán una proyección de datos de suelos para identificar mejor los contaminantes que no implican un riesgo ecológico lo cual implica un ahorro en las postumas investigaciones de remediación de suelos.</li> </ul>
<p>Ejemplos Alternativas</p> <p>Diseñar una propuesta para mejorar las cadenas de suministros y abastecimiento del Ejército Nacional.</p>	<p>Restrepo, C. (2014). <i>Propuesta para el mejoramiento de la cadena de suministros y abastecimiento del Ejército Nacional de Colombia, para responder a las necesidades del siglo XXI</i>. Universidad Militar Nueva Granada. <a href="https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13007">https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13007</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión bibliográfica en cadenas de suministro y sistemas de gestión.</li> <li>• Análisis de normativa y gestión documental del Ejército Nacional.”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal administrativo del Ejército Nacional que maneja dichos procesos debe adecuar su gestión a corto, mediano y largo plazo de acuerdo al nivel interno funcional.</li> <li>• Se deben presentar informes ejecutivos al Ministerio de Defensa Nacional y entidades competentes en asignación de recursos económicos y humanos, a fin de garantizar que las FF. MM. cuenten con las unidades de transporte y bodegaje necesarias para operar en todo el territorio nacional.</li> <li>• Las FF. MM. deben optimizar el sistema de producción.</li> <li>• Se debe concebir a la cadena de suministros como un conjunto de eslabones y procesos que deben funcionar de manera coordinada y armónica, de lo contrario no se podrá satisfacer las necesidades de los clientes internos como es el caso del Ejército Nacional y los clientes externos que se hallan representados por la población civil.</li> </ul>

Como se puede observar, entre los principales roles que las FF. MM. deben adoptar en el ámbito ambiental se encuentran el de propiciar la preservación y mitigación de todos los posibles impactos ambientales que puedan surgir de sus actividades, dar asistencia ante desastres naturales y demás problemáticas colectivas, y generar alianzas con ministerios y otras entidades gubernamentales para forjar un trabajo conjunto de protección y gestión ambiental.

En lo que respecta al análisis de los planes de sostenibilidad que han ejecutado diferentes instituciones militares del mundo, se resaltan como medidas para una correcta implementación: tener en cuenta los conflictos más allá de los ambientales, como lo son los problemas de migraciones, desempleo, educación, bienestar y salud de la población; incluir en el entrenamiento y formación militar una orientación hacia la gestión de proyectos encaminados al desarrollo sostenible; y generar cargos oficiales y consejos de sostenibilidad para una gestión de proyectos, entre otros.

Finalmente, se presenta un conjunto de ejemplos sobre iniciativas ambientales y de mejora a los sistemas de suministro y abastecimiento del Ejército. Parte de la idea de presentar estos ejemplos es analizar su metodología, posible aplicación de principios circulares y viabilidad. De esta manera, en lo que respecta a la investigación del sistema de gestión de abastecimiento en un Cantón de Bangladesh, realizada por Edirisinghe & Bogahawatte (2018), se presenta la intención de modificar el sistema actual por uno que funcione de manera sostenible, con energías renovables y mejor eficiencia. Para su estudio se tuvo en cuenta la opinión del personal del cantón, a partir de allí se formula un modelo empírico para medir la sostenibilidad del proyecto y se referencian otros casos exitosos. Todo esto refleja la intención de cambiar el modelo a uno sostenible, sin embargo, los investigadores se quedan cortos a la hora de demostrar la viabilidad del proceso. Caso similar sucede en la investigación de Restrepo (2014), quien a través de un análisis teórico plantea una mejora a la cadena de suministro y abastecimiento del Ejército, sin embargo, aunque describe mejoras logísticas que debe implementar la institución, falla al enunciar los aspectos ambientales y de sostenibilidad que deberían tenerse en cuenta para una cadena de suministro y abastecimiento eficientes, lo que vuelve inviable la inclusión de su propuesta en un modelo circular.

### **Implementación de estrategias**

Teniendo como referencia el análisis previo, desde las recomendaciones para la implementación de iniciativas sostenibles en las instalaciones de las FF. MM., hasta los ejemplos de las diferentes investigaciones en torno a soluciones soste-

nibles, se puede iniciar una estructuración de un modelo circular, en donde se analicen los diferentes sistemas en que se componen las instalaciones del Ejército, sus cadenas de suministro, residuos y energía. De esta manera, Van Hoof y otros (2018) recomiendan “actuar sobre factores que puede afectar el desempeño del aparato productivo, dentro de los cuales se consideran: tecnología e innovación, desarrollo de capacidades y participación en cadenas productivas” (p. 63).

En lo que respecta a tecnología e innovación, se prosigue a analizar con qué tipo de tecnologías cuentan las instalaciones, cuales se están empleando en modelos de innovación sostenibles y cómo están aportando a la productividad de la institución, entendiendo que esta última se optimiza involucrando tecnologías e innovación en los procesos, y que las instituciones pueden generar valor agregado implementándolas (Van Hoof et al., 2018).

Como se mencionó en el análisis, el desarrollo de capacidades en el personal del Ejército Nacional de Colombia es un punto fundamental para que todo modelo sea exitoso, por esto, Van Hoof y otros (2018) describen como “solo mediante la adecuada capacitación del recurso humano, una empresa puede adquirir el conocimiento, la especialización y el compromiso para asegurar la eficiencia de los procesos e identificar oportunidades de mejoramiento” (p. 65).

En cuanto a la participación en cadenas de valor, los autores destacan cómo, a través de la incursión de la institución en una cadena de suministro activa y organizada, se promueve también la generación de confianza y desarrollo de procesos de colaboración, lo que influye en la capacidad productiva de los demás actores que hacen parte de la cadena (Van Hoof et al., 2018).

Finalmente, a la hora de implementar metodologías para gestionar la transformación hacia un modelo circular, se debe entender cómo cada actor del sistema funciona y se relaciona con los demás. Así, no se puede implementar un proyecto sin que se tenga en cuenta: la situación bajo la cual el personal del Ejército intervendría; la existencia de otras organizaciones que podrían participar para lograr una mejor eficiencia y cohesión; los impactos económicos que le traería a la institución; y los demás efectos que vienen de la mano con estos modelos. Para esto, se recomienda seguir metodologías como la RedES-CAR, descrita previamente, y que se apoya en un entendimiento de múltiples factores; asimismo, es ideal el acompañamiento de otras instituciones, para generar cadenas de sostenibilidad y fomentar la circularidad en más sectores productivos.

## Recomendaciones y conclusiones

Al ser este capítulo un estudio meramente teórico, se recomienda contar con la disposición de las autoridades del Ejército Nacional de Colombia para realizar una debida investigación de flujos de energía y materia, al igual que un análisis contable de su cadena de suministro y un enlace con la comunidad militar, elementos claves para implementar las debidas metodologías y desarrollar nuevos modelos de transformación hacia la circularidad.

Igualmente, al momento de llegar a posibles iniciativas basadas en estas investigaciones, es necesario priorizar resultados, tener en cuenta su inversión, viabilidad, impacto global y contribución a la comunidad; de esta manera todo proyecto será duplicable en otras instituciones e instancias.

En cuanto a la transformación de sistemas, es importante lograr una cohesión de actores y acciones de los diferentes sectores productivos, de manera que se logre una articulación de las cadenas de suministro, y desde el primer actor hasta el posconsumo se logre cerrar estos ciclos y fomentar la expansión de este desarrollo al resto de sectores del país.

Lograr dirigir a instituciones de alto valor, como el Ejército Nacional de Colombia, por el camino del desarrollo sostenible, no solo demuestra el compromiso de esta institución por el país, sino también su posicionamiento como un medio para afianzar este cambio de modelos en Colombia. Si desde todas sus escuelas y dependencias se logra la medición y definición de indicadores, la formulación de alternativas, la generación de capacidades y el seguimiento de estos resultados, entonces, desde las industrias y los hogares colombianos también se puede lograr.

La situación actual del orbe no solo es el reflejo de un mal sistema mundial, sino la respuesta del mismo planeta que urge por un cambio. Como ha sucedido en el pasado, toda crisis viene acompañada de un renacimiento, esperemos que la economía circular y el desarrollo sostenible hagan parte de las soluciones y esperanzas para nuestra sociedad.

## Referencias

- Andrews, D. (2015). The Circular Economy, Design Thinking and Education for Sustainability. *Lepu Local Economy Policy Unit*, 30(3), 305-315.
- Banco Mundial. (2016). *What a Waste 2.0: Trends in Solid Waste Management*. [https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends\\_in\\_solid\\_waste\\_management.html](https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html)

- Bonciu, F. (2014). The European Economy: From Linear to Circular Economy. *Romanian Journal of European Affairs*, 14(4), 78-91.
- Boulding, K. (1966). The economics of the coming spaceship Earth. In H. Jarrett (Ed), *Environmental quality in a growing economy*. Johns Hopkins University Press.
- Comando General Fuerzas Militares de Colombia. (2015). *Plan Estratégico Militar —PEM 2030—*. Comando General Fuerzas Militares de Colombia. <https://www.dipor.co/%7CDoctrina%20Publica%7C/1%20Comando%20General%20Fuerzas%20Militares/Manuales/PEM%202030%20FINAL%20OBJETIVOS%20ESTRAT%C3%89GICOS.pdf>
- Cuervo, L., & Padilla, J. (s. f.). *Cambio de fuente de abastecimiento de agua para procesos secundarios. Productos Ramo S. A.* <http://www.redescar.org/sites/default/files/2019-11/4.Ficha-proyecto-PMI-Ramo1.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación – DNP. (2018). Política de Crecimiento Verde. Departamento Nacional de Planeación. Tomado de: <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Paginas/Politica-crecimiento-verde.aspx>
- Edirisinghe, E., & Bogahawatte, S. (2018). *Sustainable Water Supply Management System for Panagoda Army Cantonment*. <http://ir.kdu.ac.lk/handle/345/2562>
- Ejército Nacional de Colombia (s. f.). Principios. *Ejército Nacional de Colombia*. [https://www.ejercito.mil.co/conozcanos/principios\\_valores/principios](https://www.ejercito.mil.co/conozcanos/principios_valores/principios)
- Ejército Nacional de Colombia. (s. f.). Visión. *Ejército Nacional de Colombia*. [https://www.ejercito.mil.co/conozcanos/mision\\_vision/vision](https://www.ejercito.mil.co/conozcanos/mision_vision/vision)
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Hacia una economía circular: motivos económicos para una transición acelerada*. [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive\\_summary\\_SP.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf)
- Geisendorf, S., & Pietrulla, F. (2017). The circular economy and circular economic concepts—a literature analysis and redefinition. *Thunderbird International Business Review*, 60(5), 771-782.
- Glenn, J., Gordon, T., & Perelet, R. (1998). *Defining environmental security: Implications for the US army*. Army Environmental Policy Institute.
- Global Footprint Network & Earth Overshoot Day. (2020). El Día del Sobregiro de la Tierra es el 22 de agosto, más de tres semanas más tarde que el año pasado. *Earth Overshoot Day*. <https://www.overshootday.org/newsroom/press-release-june-2020-spanish/>
- Jawahir, I., & Bradley, R. (2016). Technological Elements of Circular Economy and The Principles of 6R-Based Closed-Loop Material Flow in Sustainable Manufacturing. *Procedia CIRP*, 40(1), 103-108.
- Joustra, D., De Jong, E., & Engelaer, F. (2013). *Guided Choices: Towards a Circular Business Model*. C2C BIZZ.
- Keeble, B. (1988). The Brundtland report: 'Our common future'. *Medicine and war*, 4(1), 17-25.
- Kuperman, R., Checkai, R., Simini, M., Phillips, C., Kolakowski, J., & Chester, N. (2006). *Ecological Soil Screening Levels for Invertebrates at Explosives-Contaminated Sites: Supporting Sustainability of Army Testing and Training*. Edgewood Chemical Biological Center Aberdeen Proving Ground Md. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a481509.pdf>

- Kwon, H., & Park, H. (2019). Creating Sustainable and Climate Shared Value in Public Institution: Lessons from a Case of Korea Army Cadet Military School. *Sustainability*, 11(14), 37-96.
- Lachman, B., Pint, E., Cecchine, G., & Colloton, K. (2009). *Developing Headquarters Guidance for Army Installation Sustainability Plans in 2007*. RAND Corporation.
- Lacy, P., & Rutqvist, J. (2016). *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*. Springer.
- Meadows, D., Meadows, D., Randers, J., & Behrens, W. (1972). The limits to growth. *New York*, 102(1972), 27.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, y Gobierno Nacional de Colombia. (2019). *Estrategia nacional de economía circular: Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio*. Presidencia de la República.
- Presidencia de la República. (2019). Con la puesta en marcha de la Campaña 'Artemisa', buscamos parar la hemorragia deforestadora que se ha visto en los últimos años en el país: Presidente Duque. *Presidencia de la República*. <https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2019/190428-puesta-marcha-Campana-Artemisa-buscamos-parar-hemorragia-deforestadora-ha-visto-ultimos-anos-pais-Duque.aspx>
- Rahman, M. (2019). *Capability enhancement of Bangladesh Army to perform environmental protection and refugee control* (Master dissertation). US Army Command and General Staff College, Fort Leavenworth United States.
- RedES-CAR. (s. f., a). *La iniciativa: Alianza por el cambio*. <http://www.redescar.org/la-iniciativa-redescar/alianza-por-el-cambio>
- RedES-CAR. (s. f., b). *La iniciativa: Metodología*. <http://www.redescar.org/la-iniciativa-redescar/metodologia>
- RedES-CAR. (s. f., c). *Resultado: Centro de Conocimiento de Casos*. <http://www.redescar.org/resultados-redescar/casos-de-exito>
- Restrepo, C. (2014). *Propuesta para el mejoramiento de la cadena de suministros y abastecimiento del Ejército Nacional de Colombia, para responder a las necesidades del siglo XXI* (Tesis de maestría). Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13007>
- Rozo, G. (2019). *Estado del Arte de la Economía Circular en Colombia* (Tesis de pregrado). Universidad Cooperativa de Colombia.
- Sariatli, F. (2017). Linear Economy Versus Circular Economy: A Comparative and Analyzer Study for Optimization of Economy for Sustainability. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, 6(1), 31-34.
- Stahel, W. (1982). Product-life factor (Mitchell Prize Winning Paper 1982). *The Product-Life Institute*. <http://www.product-life.org/en/major-publications/the-product-life-factor>
- Suárez-Eiroa, B., Fernández, E., Méndez-Martínez, G., & Soto-Oñate, D. (2019). Operational principles of Circular Economy for Sustainable Development: Linking theory and practice. *Journal of Cleaner Production*, 214, 952-961.
- Tovar, W. (2020). Gestión Ambiental en el Ejército Nacional. En C. Bentacour, & J. Cardona (Dir.), *Memorias Primer Encuentro de Desarrollo y Sostenibilidad Ambiental*, pp. 9-11. Escuela de Armas Combinadas del Ejército - Escuela de Aviación del Ejército.

- United Nations, Department of Economic and Social Affairs & Population Division. (2019). *World population prospects 2019: Highlights*. United Nations Department for Economic and Social Affairs.
- Van Hoof, B., Hernández, J., Samper, H., & Saker, A. (2018). *Liderazgo Ambiental para la transformación productiva: lecciones de América Latina*. Editorial Alfaomega.
- Warnock, D. (2008). *Institutionalizing Sustainability into the Total Army*. U. S. Army War College, Carlisle Barracks

# Tendencias y alternativas para la gestión de residuos sólidos orgánicos en unidades militares del Ejército Nacional de Colombia<sup>1</sup>

<https://doi.org/10.21830/9789585318342.07>

7

*Natalia Rojas Prieto<sup>2</sup>*  
*Yudtanduly Acuña Monsalve<sup>3</sup>*  
*Andrés Ramírez-Duque<sup>4</sup>*  
Universidad El Bosque

## Resumen

La gestión y tratamiento de residuos orgánicos consiste en la implementación de mecanismos factibles para su aprovechamiento energético y agrícola. Actualmente, se han identificado diferentes tendencias para implementación de métodos alternativos caracterizados por ser tecnologías seguras, eficaces y respetuosas con el medioambiente, entre las que se destacan los biodigestores, de los que se obtiene biogás y bioles con potencial fertilizante líquido, la generación de enmiendas orgánicas del suelo, como lo es el compostaje y la generación de biofertilizantes que pueden suplir el uso de fertilizantes de síntesis. Los residuos provenientes de actividades agrícolas suelen incinerarse o disponerse en vertederos, lo que conlleva la liberación de gases de efecto invernadero, aportando al deterioro del ambiente e incrementando el calentamiento global; además, estos residuos pueden contener organismos patógenos como coliformes, endoparásitos, ectoparásitos y vectores de microorganismos que pueden representar un peligro

---

1 Este capítulo es el resultado del trabajo en conjunto del programa de bioingeniería y la RedBioLAC para incentivar el aprovechamiento de los residuos orgánicos como eje transversal, para apoyar procesos sostenibles de pequeños productores agropecuarios en Colombia. Los puntos de vista y los resultados de este capítulo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

2 Estudiante de la Maestría en Biotecnología y Microbióloga Agrícola y Veterinaria (Universidad Javeriana). Profesora del programa de Bioingeniería de la Universidad El Bosque. Experiencia en biotecnología aplicada al ámbito agrícola y ambiental, y al tratamiento de residuos sólidos aprovechables orgánicos. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-94856293> - Contacto: [rojasnatalia@unbosque.edu.co](mailto:rojasnatalia@unbosque.edu.co)

3 Magister en Diseño y Gestión de Procesos e Ingeniería de Producción Biotecnológica (Universidad de La Sabana). Profesora del programa de Bioingeniería de la Universidad El Bosque. Experiencia en el diseño y desarrollo de temas relacionados con biocombustibles, procesos agroindustriales y bioprocesos. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-70875246> - Contacto: [yacunam@unbosque.edu.co](mailto:yacunam@unbosque.edu.co)

4 PhD en Ingeniería Eléctrica (Universidade Federal do Espírito Santo). Magíster en Automatización Industrial e Ingeniero Mecatrónico (Universidad Nacional de Colombia). Profesor investigador del programa de Bioingeniería de la Universidad El Bosque. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8419-9285> - Contacto: [aaramirez@unbosque.edu.co](mailto:aaramirez@unbosque.edu.co)

para la salud de animales y humanos. En este orden de ideas, la transformación de los residuos orgánicos como una alternativa para la generación de energía o fertilizantes orgánicos es una tendencia multidisciplinar de la biotecnología, en donde confluyen también técnicas asociadas a la ingeniería de control y automatización para optimizar los procesos. El uso de metodologías de control automático busca maximizar, por ejemplo, la recuperación, mediada por microorganismos, de elementos valiosos presentes en los residuos necesarios para el desarrollo vegetal, a través del control de variables como la temperatura, el pH y la humedad.

**Palabras clave:** biogás; digestión anaerobia; energía de la biomasa; enmiendas orgánicas; recuperación calorífica; residuos sólidos orgánicos.

## Introducción

Los residuos son materiales desechados tras haber cumplido la función para la que fueron creados. Estos aportan de forma representativa a la contaminación ambiental, puesto que alteran, anulando o disminuyendo, la función del sistema en el que son introducidos (Henao & Zapata, 2008).

Los residuos sólidos se denominan así debido al estado de la materia en que se presentan; de acuerdo con su manejo pueden ser aprovechables, cuando se considera que pueden ser reutilizados o transformados en otro producto, o no aprovechables. A su vez, los residuos sólidos urbanos (RSU) corresponden a los desechos de origen doméstico, entre los que se incluyen los de tipo residencial, comercial, industrial, mineros y hospitalarios, que pueden ser de tóxicos, radiactivos o inertes. Finalmente, los RSU orgánicos (figura 1) son residuos derivados de organismos vivos, por lo que en su mayoría son biodegradables, lo que significa que se transforman en otro tipo de materia orgánica. Dentro de estos últimos se encuentran los residuos de alimentos, el estiércol, los restos vegetales, el papel y el cartón (Henao & Zapata, 2008; Castiblanco & Rodríguez, 2017; Gómez-Soto et al., 2019).

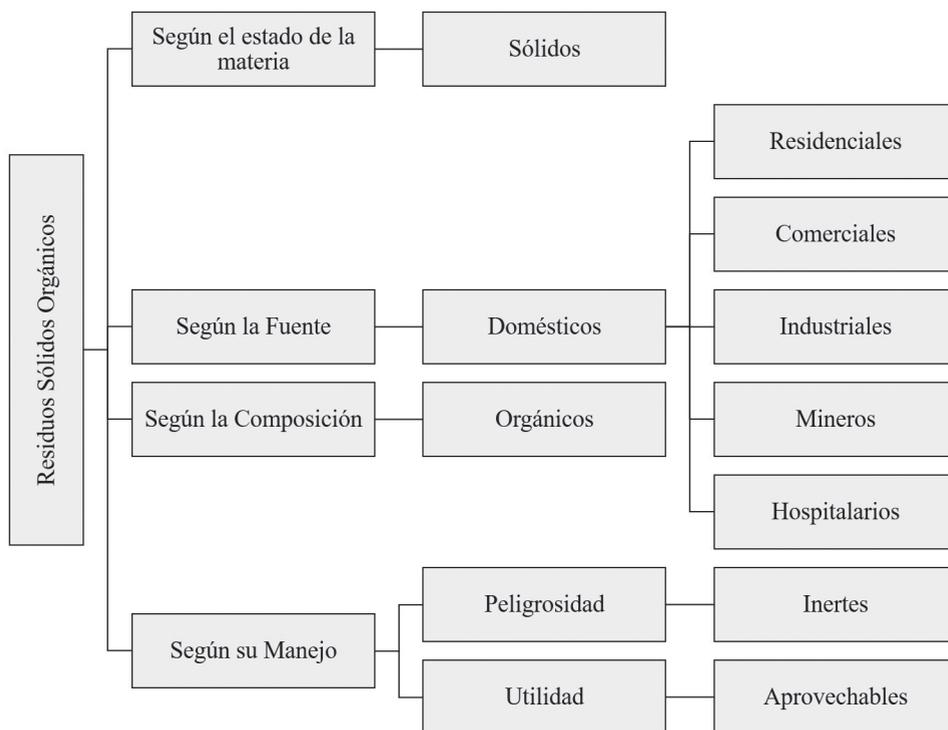


Figura 1. Clasificación de los residuos sólidos urbanos orgánicos

## Marco teórico

### El modelo de la gestión integral de residuos sólidos

La gestión integral de residuos sólidos (GIRS) es una estrategia para la gestión de residuos, que se proyecta mundialmente en términos de políticas a cumplir, como “la vía económica, técnica, socialmente aceptable y sustentable para minimizar los impactos antiestéticos, a la salud y al ambiente generados por los residuos sólidos urbanos” (Jiménez, 2017, p. 174).

En esta se incluyen las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y operativas, de los residuos sólidos, a la vez que establece el manejo de residuos, lo que hace referencia a las actividades relacionadas con el ciclo de vida del residuo, como la generación, separación en la fuente, recolección, transferencia y transporte, aprovechamiento, tratamiento y su disposición final de los residuos sólidos (Haghi, 2010; CONPES, 2016).

La GIRS define una jerarquía de los residuos para su gestión, donde predomina la reducción de la generación de residuos al máximo, seguido del reuso o reciclaje de los materiales que componen los desechos, y finalmente, como última opción, la disposición en rellenos sanitarios (CONPES, 2016; Jiménez, 2017).

La gestión adecuada de los residuos permite, entre otros beneficios, estimar el potencial de recuperación de las materias primas, determinar tanto la fuente de generación como las propiedades químicas, físicas y térmicas de los residuos, y orientar el diseño de equipos y procesos de tratamiento y aprovechamiento de aquellos (Haghi, 2010).

Para poder cumplir con lo anterior, la GIRS requiere de la intervención de la ingeniería por medio de procesos tecnificados, lo que puede convertirla en una propuesta costosa y poco viable. Por lo que es ideal generar procesos tecnificados adecuados bajo una inversión llamativa y accesible, lo que se ha demostrado que se puede lograr utilizando los principios de degradación biológica, como una alternativa económica y ecológica para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos y otros (Sarkar & Singh, 2015; Jiménez, 2017).

### ***Gestión de desechos sólidos orgánicos***

Los residuos sólidos orgánicos deben gestionarse para evitar el agotamiento de los recursos naturales, minimizar el riesgo para la salud humana y animal, y reducir la contaminación ambiental (Collins, 2017).

En el caso de los países en desarrollo, la contaminación generalizada por desechos orgánicos se debe a su mala administración, la cual, a su vez, es consecuencia de diferentes falencias, como deficiencias técnicas y presupuestales, y la falta de infraestructura adecuada para la gestión de estos residuos, lo que, sumado al incremento de la generación de residuos, conduce a alteraciones en la salud pública y el ambiente (Sarkar & Singh, 2015).

### ***Disposición y problema con los desechos***

La disposición final de los residuos sólidos orgánicos en rellenos sanitarios implica grandes problemáticas, como el agotamiento de la vida útil de los rellenos de forma acelerada y la generación de gases y lixiviados que contienen gran carga de agentes contaminantes que deterioran la calidad del agua, el aire y el suelo (Henao & Zapata, 2008; Superservicios, DNP y Presidencia de la República, 2019).

De otra parte, al ser producto de la actividad antropogénica, el volumen y concentración de los residuos incrementa cada año en función de las características de consumo de la humanidad; además, en su composición tiende a prevalecer, e

incluso incrementarse, el uso de sustancias xenobióticas, lo que dificulta su gestión y tratamiento, generando grandes impactos negativos en los ecosistemas (Gazzo & Librandi, s. f; Sarkar & Singh, 2015).

### ***Aprovechamiento y tratamiento de los desechos***

Los residuos son aprovechables si pueden ser reutilizados o transformados en un nuevo producto que tenga valor comercial, lo que debe estar definido por las autoridades ambientales en los Planes de Gestión Integral de Residuos (Henao & Zapata, 2008).

El aprovechamiento puede ocurrir de manera directa o indirecta, como resultado de procesos de tratamiento, reutilización, reciclaje, generación de biogás, compostaje, bioabonos, incineración con producción de energía, entre otros. Estos procesos de aprovechamiento deben ser económicamente viables, factibles en su desarrollo, y generar un impacto negativo mínimo en el ambiente (Henao & Zapata, 2008).

El aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos orgánicos lleva a la disminución de impactos ambientales y sociales originados tras la gestión de residuos, lo que contribuye a disminuir la demanda de recursos naturales, el consumo de energía y los costos de operación y mantenimiento de los lugares de disposición final, a lo que suma el incremento de su ciclo de vida (Sarkar & Singh, 2015).

A su vez, estos residuos están compuestos por proteínas, lípidos, carbohidratos y otras moléculas que se pueden recuperar o transformar por medio de procesos biológicos, aportando al flujo de nutrientes y energía en el ecosistema, y convirtiéndose en productos aprovechables en nuevos procesos (Gómez et al., 2019).

De acuerdo con lo anterior, el presente capítulo se enfoca en tres técnicas viables para el aprovechamiento y el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos, con miras a fortalecer la gestión integral de estos residuos y a la obtención de beneficios de estos procesos, los cuales pueden ser aprovechados en áreas rurales y en actividades basadas en economía campesina.

La producción de biogás, el proceso de compostaje y el uso de los residuos orgánicos para la generación de biofertilizantes y acondicionadores de suelos, entre otras actividades, son técnicas mediante las cuales se pueden aprovechar y tratar los residuos sólidos orgánicos.

### **Técnicas asociadas al aprovechamiento y tratamiento de residuos**

Implementar técnicas para la reducción y aprovechamiento de los residuos sólidos implica disminuir la demanda de recursos naturales y los costos de manutención de los sitios de disposición final de tales residuos, además, permite reducir la contaminación ambiental y riesgos a la salud humana y animal (Henao & Zapata, 2008).

La biomasa residual corresponde a residuos orgánicos aprovechables; esta puede ser aprovechada o tratada mediante transformaciones mediadas por técnicas que consisten en procesos termoquímicos, físicos, químicos o biológicos, obteniéndose productos de valor (Gómez et al., 2019).

Dentro de los procesos de aprovechamiento y transformación de los residuos sólidos, se pueden mencionar (Tarigo et al., 2004; Henao & Zapata, 2008; Galindo et al., 2007):

1. La alimentación animal: en esta se utilizan los residuos sin ningún tipo de transformación, suele usarse principalmente para alimentar al ganado bovino y porcino. Se debe tener en cuenta que este tipo de residuos son propensos a la descomposición, por lo que se deben establecer estrategias adecuadas para su almacenamiento. También, se han desarrollado investigaciones en torno a la posibilidad del uso de heces animales para alimentación de otros animales.
2. Biocombustibles: la generación de estos se da a partir de diversos residuos orgánicos que atraviesan por diferentes procesos de fermentación, entre estos se comprenden:
  - Bioetanol: alcohol carburante que resulta de un proceso de fermentación de caña de azúcar o remolacha, seguido de una destilación.
  - Biodiésel: combustible para motores tipo diésel que se genera a partir de un proceso de transesterificación que utiliza aceite vegetal o grasa animal y metanol o etanol.
  - Metano: proceso de fermentación anaerobia de la materia orgánica, de la que se obtiene biogás, compuesto por  $\text{CO}_2$  (30%) y  $\text{CH}_4$  (70%).
6. Abonos y enmiendas orgánicas: los dos corresponden a productos generados a partir de la transformación de residuos orgánicos. Los primeros hacen referencia a productos que aportan nutrientes a las plantas; los segundos son productos que buscan incrementar el contenido de materia orgánica del suelo, promoviendo al mejoramiento de sus propiedades fisicoquímicas y biológicas.

En el siguiente apartado se profundizará en el conocimiento acerca del aprovechamiento de estos residuos a través de la generación de biogás, compost y e biofertilizantes líquidos.

### ***Generación de biogás***

La digestión anaerobia (DA) es una alternativa sostenible para el tratamiento de la fracción orgánica de los RSU, porque produce energía renovable y recicla nutrientes (Luste & Luostarinen, 2010). En Colombia el 60% de los RSU son materia orgánica (residuos de comida preparada, como no preparada), caracterizada por un alto contenido de humedad y compuestos orgánicos biodegradables (Departamento Nacional de Planeación, 2019). Europa ha sido pionera en la DA de RSU, para el año 2010 había más de 200 plantas en funcionamiento, las cuales han sido impulsadas por políticas públicas enfocadas en planes subsidiados. Sin embargo, debido al deseo de maximizar la producción de biogás y energía, estas plantas de tratamiento se caracterizan por altos costos de implementación y operación, ya que la mayoría de ellas incluyen sistemas de pretratamiento, calentamiento y mezcla. El enfoque tecnológico europeo de la DA para los RSU ha demostrado una alta eficiencia, pero también una considerable dependencia de los subsidios económicos para ser rentable. Estas soluciones son sofisticadas y costosas, por lo tanto, no son favorables para su implementación en los países en desarrollo (Martí-Herrero et al., 2019).

Los sistemas de DA, mediante los cuales se puede obtener biogás, conforman una tecnología apropiada y de gran impacto en la vida diaria de pequeños agricultores y sus familias. Entre los principales beneficios cabe destacar el uso de biogás como combustible para cocinar, en lugar de biomasa sólida (leña, carbón vegetal, residuos de cosecha o estiércol seco), lo que genera un ambiente libre de emisiones y, por ende, un impacto positivo en la salud de los usuarios.

En este contexto, los sistemas de producción de biogás de bajo costo son alternativas para la reducción del impacto ambiental y la mejora en la calidad de vida de las familias rurales. Los biodigestores de bajo costo se consideran una tecnología limpia y respetuosa con el medioambiente, que puede ayudar a los pequeños agricultores a tratar los desechos del ganado y RSU de una manera sostenible, mientras producen un biofertilizante (digestato) y al tiempo satisfacen sus necesidades energéticas (Garfí et al., 2019).

Existen diversas iniciativas para biodigestores de bajo costo, explorando adaptaciones tecnológicas, en la implementación y operación de los sistemas. En países como Perú, China, India, Vietnam y Etiopía, se han realizado estudios en los que se evaluaron los beneficios ambientales, demostrando que los biodigestores generan beneficios ambientales al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la contaminación del suelo y el agua (Garfí et al., 2019).

La digestión anaeróbica de RSU se ha estudiado generalmente en codigestión con otros sustratos, a escalas que van desde el laboratorio a biodigestores de gran escala. Sin embargo, la monodigestión de RSU es importante tenerla en consideración, dado la disponibilidad limitada de algunos sustratos para aplicar codigestión en condiciones reales (Martí-Herrero et al., 2019). Recientemente, en América Latina se están impulsando iniciativas y esfuerzos gubernamentales para separar la fracción orgánica de los RSU. Los residuos orgánicos seleccionados se transfieren a plantas de compostaje en donde no hay disponibilidad regular de sustratos adicionales, por lo cual la monodigestión de RSU puede ser una alternativa de solución.

### ***Abonos y enmiendas orgánicas para el establecimiento de agricultura orgánica***

Una tecnología segura, eficaz, respetuosa con el medioambiente, económica y factible de desarrollar es la agricultura orgánica, la cual consiste en un conjunto de prácticas en las que se aprovechan los recursos naturales en su totalidad para la producción de un cultivo agrícola (Meng et al., 2017; Connor, 2018).

A través de esta práctica, se favorecen los procesos productivos agrícolas por medio de la generación y uso de abonos y enmiendas orgánicas, con el fin de reducir el uso de insumos agropecuarios de origen químico (Singh et al., 2011; Meng et al., 2017).

Las enmiendas orgánicas se generan a partir de la transformación de los residuos orgánicos (materia orgánica), lo que da como resultado la mineralización de nutrientes y la síntesis de compuestos húmicos, disponibles en el suelo para su reutilización en la nutrición vegetal (Tarigo et al., 2004; Álvarez-Solís et al., 2010). Las enmiendas están compuestas por elementos minerales y microorganismos capaces de descomponer residuos orgánicos, ocasionando el mejoramiento del ciclo de nutrientes, la reducción de contaminantes y el control de plagas y enfermedades de plantas. Además, las enmiendas pueden aportar nutrientes a las plantas e influir positivamente en las propiedades fisicoquímicas del suelo, al mediar la interacción entre los componentes bióticos y abióticos de este (Singh et al., 2011; Azadi et al., 2011; Chauhan et al., 2015).

Los microorganismos presentes en las enmiendas son los responsables de la transformación de la materia orgánica, a la vez que representan un reservorio de nutrientes. Las especies, cantidad y mecanismos, están regulados por las características de composición de la materia orgánica (Álvarez et al., 2010).

### ***Biofertilizantes: definición y aplicación***

Los biofertilizantes pueden ser considerados como enmiendas del suelo, por tratarse de abonos líquidos (Tarigo et al., 2004); estos se generan a partir de la transformación de la materia orgánica proveniente de residuos orgánicos de la producción agrícola y animal, agua y nutrientes minerales (Asadu et al., 2020; Cavalcante et al., 2019).

La fermentación de la materia orgánica ocurre bajo la ausencia total o parcial de oxígeno atmosférico, y en condiciones controladas de temperatura y pH, entre otros factores. Lo que da como resultado minerales biodisponibles para la asimilación por parte de las plantas, aportando a su nutrición y protección (Restrepo, 2007; Mohammadi & Sohrabi, 2012; Wang et al., 2015).

Se entienden como compuestos bioactivos debido a que contienen como principio activo un agente orgánico, que puede estar conformado por células vivas o latentes de microorganismos y sus metabolitos. Los cuales, son capaces de degradar la materia orgánica, favoreciendo la nutrición vegetal y elevando la productividad de los cultivos, condicionando, a su vez, su tiempo de vida útil, su rendimiento y la actividad de estos bajo condiciones ambientales (Mohammadi & Sohrabi, 2012; Wang et al., 2015).

A pesar de los beneficios evidentes de los biofertilizantes, el uso de estos aún puede verse restringido por causa de las políticas de uso establecidas por cada país y la fiabilidad de su bioseguridad, debido a que pueden contener organismos potencialmente patógenos. Adicionalmente, los biofertilizantes requieren de un periodo de tiempo relativamente largo para evidenciar su acción en los cultivos, así como de condiciones especiales de almacenamiento y transporte (Mohammadi & Sohrabi, 2012; Meng et al., 2017).

### ***Microorganismos promotores de crecimiento vegetal (PGPR)***

Son microorganismos que se encargan de solubilizar los nutrientes que se encuentran en la atmósfera y en el suelo, facilitando su disponibilidad para las plantas. Estos microorganismos sintetizan hormonas de crecimiento vegetal, regulan el estrés vegetal y proporcionan acción represora o inhibidora de fitopatógenos, por la producción de antibióticos, hidrólisis de moléculas de los patógenos, síntesis de quitinas, entre otros procesos. Además, estos organismos pueden ser útiles en la recuperación de suelos contaminados con pesticidas (Singh et al., 2011; Chauhan et al., 2015; Rodríguez et al., 2019).

En estos se incluyen bacterias conocidas comercialmente de los géneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* y *Serratia* (Singh et al., 2011; Chauhan et al., 2015; Subramaniam et al., 2015; Rodríguez et al., 2019).

### ***Residuos útiles como materia prima de los biofertilizantes***

Los biofertilizantes pueden consistir en inóculos microbianos, compuestos por bacterias, hongos, actinomicetos o microalgas, aportando al suelo como promotores de crecimiento vegetal (Mohammadi & Sohrabi, 2012).

También los biofertilizantes pueden originarse a partir de subproductos de origen vegetal y de origen animal, estos últimos se componen por tejidos ricos en proteínas, colágeno y queratina. A su vez, las heces de animales también pueden ser utilizadas para la generación de biofertilizantes, ya que otorgan nutrientes, una gran cantidad de compuestos húmicos y de microorganismos (Tarigo et al., 2004).

### ***Preparación de biofertilizantes***

La preparación de biofertilizantes consiste en la selección del material portador del o los organismos de interés (residuos orgánicos) y la selección del método de riego (propagación del organismo de interés), seguido de las pruebas de evaluación de su eficacia a pequeña y gran escala (Mohammadi & Sohrabi, 2012).

Se utiliza un inóculo microbiológico que usualmente consiste en heces de animales de producción pecuaria (bovinos, caprinos, aves de corral), las cuales, idealmente, deben ser frescas y provenir de animales que no hayan sido tratados recientemente con antibióticos o antiparasitarios. También se utiliza agua, preferiblemente no tratada, que puede ser agua lluvia o de algún afluente natural, melaza y leche. Si se desea, se puede añadir sales minerales, rocas molidas o harinas como suplemento de los nutrientes que se encuentren en poca cantidad o ausentes en los sustratos, generando así biofertilizantes enriquecidos (Galindo et al., 2007).

Su elaboración en campo se realiza en recipientes de plástico oscuro y cerrados, para evitar la afección del proceso por factores ambientales desfavorables. Asimismo, los tanques se ubican en zonas protegidas del sol y la lluvia (Restrepo, 2001).

### ***Proceso de transformación de los residuos***

Los biofertilizantes se pueden generar a partir de un proceso de digestión anaerobia o de fermentación aerobia (Tarigo et al., 2004).

El primero, está enmarcado en el ciclo anaerobio del carbono, donde se genera biomasa microbiana y compuestos de tipo inorgánico como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{N}_2$  y  $\text{CH}_4$ . Debido a que en este proceso se utilizan los subproductos de la degradación de la materia orgánica en su totalidad, resultan productos con mayor cantidad de nutrientes en comparación con los procesos aerobios (Tarigo et al., 2004; Alfa et al., 2014).

En general, durante las dos primeras fases de la digestión anaerobia denominadas *hidrólisis* y *acidogénesis*, se hidrolizan proteínas, grasas y carbohidratos, generando monómeros de azúcares, aminoácidos, ácidos grasos y ácidos volátiles, y se liberan iones de hidrógeno, lo que ocasiona una reducción en el pH (Cavalcante et al., 2019).

A continuación, en la tercera fase, la acetogénesis, los subproductos de las fases anteriores (alcohol, ácidos y compuestos aromáticos) se degradan produciendo acetato, hidrógeno y dióxido de carbono. Finalmente, en la metanogénesis, la cuarta y última etapa de la digestión anaerobia, se producen metano y dióxido de carbono, lo que acarrea el incremento de pH entre 6,5 y 7,5 (Cavalcante et al., 2019).

#### *Anaerobiosis*

Es necesario asegurar la ausencia de oxígeno en el medio con el fin de no alterar los procesos propios de la digestión anaerobia, lo que se logra con el hermetismo del sistema (Tarigo et al., 2004).

#### *Características microbianas*

Los microorganismos presentes en cada una de las etapas son los mediadores de los procesos de digestión anaerobia. En la fase de hidrólisis y acidogénesis se presentan bacterias hidrolíticas de tipo aerobio facultativas, como enterobacterias; aerotolerantes, como lo son las acidolácticas; y anaerobias, como los *Clostridium* sp. (Tarigo et al., 2004).

Por otro lado, en la acetogénesis predomina la presencia de bacterias anaerobias facultativas y estrictas, mientras que las responsables de la metanogénesis son bacterias anaerobias estrictas de tipo metanogénico (Cavalcante et al., 2019).

#### *Propiedades fisicoquímicas del proceso*

El pH óptimo para la operación del sistema se encuentra entre 5,5 y 8 unidades, para evitar la inhibición de las bacterias involucradas en el proceso (Tarigo et al., 2004; Alfa et al., 2014).

Es posible que los ácidos generados se acumulen en el sistema, afectando el establecimiento de las bacterias metanogénicas, las cuales se caracterizan por ser extremadamente sensibles a cambios abióticos en el ambiente. La temperatura tiende a incrementarse debido a la actividad metabólica de los organismos allí involucrados, siendo los valores óptimos entre 15 y 40 °C a lo largo del proceso. Alteraciones en esta variable ocasionarán la inhibición de la microbiota responsable

de cada fase, así como su actividad enzimática debido a la desnaturalización de estas. La relación C/N idónea en este proceso debe ser de 30/1, para asegurar la asimilación de los compuestos nitrogenados.

De otra parte, el tiempo de retención dictará las características del producto final, y por lo tanto es necesario establecerlo de acuerdo con el producto de interés. Si el tiempo de retención es muy extenso, la producción de biogás se reduce considerablemente, sin embargo, el biol obtenido (biofertilizante) será muy estable, por lo tanto, será de mejor calidad. En cambio, si el tiempo de extensión es relativamente corto, se generará una considerable cantidad de biogás, pero el biol obtenido debe estabilizarse, y en algunos casos debe sufrir nuevos procesos de fermentación, previo su uso como biofertilizante. La agitación se realiza con el fin de asegurar la disposición de la materia orgánica ante la microbiota presente, con el fin de asegurar la degradación de este sustrato.

Para el caso de la degradación aerobia, el proceso consiste en disponer los residuos vegetales, heces de animales y compost en un recipiente con agua, y se dejar reposar. Posteriormente, se procede a la extracción de los bioles o purines, ya sea mediante un sistema pasivo o activo (Tarigo et al., 2004):

- Sistemas de extracción pasivos: no intervención (agitación u oxigenación) en el sistema. Entre 24 y 48 horas el sistema inicia una fase de anaerobiosis, lo que reduce la calidad del fermento.
- Sistemas de extracción activos: el sistema se oxigena mediante agitación, difusores o filtración de la fase líquida, así se asegura el incremento en la población microbiana y por lo tanto en su actividad degradativa.

### ***Tipos de biofertilizantes***

#### *A base de heces de bovino (caldo magro)*

En un recipiente con capacidad de 200 L con una adaptación (hermética) de un escape de gases, se disponen 180 L de agua sin tratar, 2 L de leche o suero, 2 L de melaza, 50 kg de heces de bovino y 3 kg de cenizas, si se desea enriquecer el fertilizante se puede añadir, a lo largo del proceso, roca fosfórica y sales minerales, formando así una mezcla que se sella herméticamente y se deja fermentar a temperatura ambiente (Restrepo, 2007; Llamas et al., 2015).

Se debe tener en cuenta que si la temperatura ambiental ronda entre 30 y 38 °C, el fertilizante se obtiene en 90 días, sin embargo, si la temperatura ambiental es cercana a los 20 °C, el tiempo de retención será de 180 días (Llamas et al., 2015). Para su aplicación foliar, se realiza una dilución en agua limpia a razón de 1:10.

### *Caldo Supermagro*

Fertilizante enriquecido ideado por el técnico agrícola Delvino Magro para la fertilización de un cultivo de manzanas en Rio Grande del Sur en Brasil. Ha sido utilizado como referencia para su uso en cultivos de tomate, maíz, hortalizas, cultivos anuales, cultivos de plantas perennes y follajes, cultivos ornamentales y frutales, alternado su composición de acuerdo con los requerimientos nutricionales de cada especie vegetal. También se utiliza para la recuperación de plantas a causa de factores climáticos (Tarigo et al., 2004; Restrepo, 2007; Machado, 2010). Su preparación consta de diversas etapas que se desarrollan a lo largo del proceso, añadiendo, en un periodo de cada tres días, diferentes sales minerales en diversas proporciones, hasta el día 40 del inicio del proceso. Posteriormente se deja fermentar nuevamente por 15 días más, luego se filtra conservando la fase líquida. Esta última, se diluye en agua limpia a relación de 0,02:1 o 0,1:1 (Restrepo, 2007).

### *Purín de gallinaza*

La gallinaza es un residuo proveniente de la industria que consta de una mezcla de heces, orina, una porción no digerida de alimentos, microbiota entérica, plumas y huevos rotos. Se caracteriza por contener grandes cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio (Carhuancho et al., 2015; López, 2015). Este residuo debe ser tratado previo a su uso como biofertilizante, para evitar efectos de toxicidad en las plantas y minimizar la presencia de microorganismos patógenos. Esto se logra mediante procesos fermentativos de compostaje o digestión anaerobia (López, 2015).

El purín de gallinaza es una técnica en la que se convierte la gallinaza en estado sólido en un abono líquido, rico en nutrientes y microorganismos benéficos del suelo (Chan et al., 2016). La preparación de los purines se realiza colocando 15 kg de gallinaza en un costal, el cual se deposita en un recipiente con 200 L de agua. Posteriormente se deja fermentar por 15 días, agitando una vez al día todos los días. Para su posterior aplicación, el purín se diluye en agua limpia, en una relación de 1:4 (Chan et al., 2016).

### ***Compostaje, definición y aplicación***

El compostaje es un proceso que permite el aprovechamiento de diversos nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, al ser utilizado como una enmienda del suelo, a partir de la generación de un producto estable conocido como compost (Rawotteea et al., 2017).

El compostaje puede ser utilizado como una técnica para el manejo de algunos residuos orgánicos generados por diferentes actividades antropogénicas,

creando beneficios sobre la higiene y salubridad de la comunidad, eficiencia en los procesos de tratamiento de residuos y generación de productos agregados, como enmiendas del suelo, lo que coincide con los principios de una agricultura sostenible (Putranto & Dong, 2017; Chukwudi et al., 2017).

En este proceso, los compuestos derivados de los residuos orgánicos son mineralizados, hasta la generación de elementos como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , ácidos húmicos (elementos carbonados que contribuyen a la formación y protección del suelo) y compost (un producto estable, de baja toxicidad y microbiota patógena). Los cuales favorecen la actividad microbiana, contribuyen a la retención de agua y a la fertilización del suelo (Chukwudi et al., 2017).

### ***Residuos compostables***

La mayoría de los residuos orgánicos pueden ser sometidos a un proceso de compostaje, incluyendo RSU orgánicos, lodos, heces de animales, etc., los cuales están compuestos por carbohidratos, proteínas y lípidos que son degradables por microorganismos que utilizan estas moléculas como materia prima para la obtención de energía y la generación de biomasa (Sylvia et al., 1999).

No se deben compostar residuos tóxicos o inorgánicos, como derivados del petróleo (gasolina, aceites de vehículo, pintura, etc.), solventes (orgánicos e inorgánicos), materiales xenobióticos (plástico, vidrio, etc.), tabaco, antibióticos o residuos de medicamentos (Román et al., 2013).

### ***Proceso de transformación de los residuos***

El compostaje es una fermentación aerobia y de estado sólido en la que ocurre una variación de la temperatura producto de la actividad microbiana, que, a su vez, condiciona cada una de las fases que conforman el procedimiento. El proceso fermentativo resulta de la descomposición de la materia orgánica, a medida que genera las condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de los microorganismos degradadores de materia orgánica, e inhibe la presencia de microorganismos patógenos (Chukwudi et al., 2017; Rawoteya et al., 2017).

Durante la fase mesófila, los microorganismos involucrados habitan en ambientes de un rango de temperatura entre 20 y 40 °C, que se encargan de la degradación de proteínas, azúcar y almidón fácilmente degradables, ocasionando un incremento de la temperatura por encima de los 60 °C (Sylvia et al., 1999; Araras et al., 2008)

Lo anterior da paso al establecimiento y desarrollo de la microbiota termófila, la cual se encarga de la degradación de biocompuestos complejos de la materia

orgánica tales como polisacáridos (almidón y celulosa), lípidos y proteínas, a la vez que se inhibe el crecimiento de los organismos patógenos y arvenses (Chukwudi, et al., 2017).

Asimismo, en esta fase ocurre el proceso de higienización del compost, pues, debido a las altas temperaturas que se alcanzan, se elimina la presencia de microorganismos patógenos (Román et al., 2013).

Posteriormente, se evidencia una nueva fase mesófila, donde la temperatura desciende nuevamente alrededor de 20 °C. Esta, al igual que la primera fase, incluye la degradación de los compuestos fácilmente degradables restantes, dando lugar a la fase de enfriamiento o maduración, en la que la temperatura del proceso disminuye hasta alcanzar la temperatura ambiental y el sustrato transformado se estabiliza para su posterior uso (Putranto & Dong, 2017; Chukwudi et al., 2017).

Un compost madurado adecuadamente no debe contener sustancias tóxicas para el ambiente o las plantas, tales como gases de efecto invernadero, como ácido sulfhídrico y dióxido de nitrógeno ( $H_2S$  y  $NO_2$ ) o metano ( $CH_4$ ) (Román et al., 2013).

#### *Aireación*

A lo largo del proceso es necesario airear la mezcla, para lo que se realizan volteos del material en transformación, lo que permite liberar la temperatura y los gases producidos durante el proceso, a la vez que se homogeneiza el sustrato y se dispone para la acción microbiana (Henaó & Zapata, 2008; Rawoteea et al., 2017).

#### *Características microbianas*

Al tratarse de una fermentación aerobia en el proceso priman los microorganismos mesófilos entre los que se destacan bacterias como *Pseudomonas* sp., *Klebsiella* sp. y *Xanthomonas* sp., y hongos como *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp. y *Penicillium* sp. Por otra parte, en la fase termófila se conoce la presencia de algunas bacterias anaerobias, como es el caso de *Clostridium* spp., bacterias aerobias como *Bacillus* spp. y *Actinomyces*, y hongos como *Aspergillus fumigatus* y *Mucor* sp. (Sylvia et al., 1999).

La actividad microbiana está mediada por la síntesis de enzimas hidrolíticas extracelulares (lipasa, amilasa y celulasa), que degradan compuestos complejos en otros más simples que son solubles en agua (Sylvia et al., 1999). La presencia de determinados grupos microbianos depende de las condiciones fisicoquímicas de cada una de las etapas que se presentan en el proceso (Chukwudi et al., 2017), lo que, a su vez, condiciona el desarrollo del compostaje, viéndose influenciado,

entre otros, por factores como la temperatura, el pH, la humedad relativa y la conductividad eléctrica, la tasa de respiración y aireación, la densidad aparente y la frecuencia de los volteos, así como la relación carbono-nitrógeno y las características de los sustratos utilizados (Putranto & Dong, 2017; Rawoteea et al., 2017).

#### *Propiedades fisicoquímicas del proceso*

El pH durante el proceso tiende disminuir en las dos primeras etapas debido a la síntesis de ácidos orgánicos, la mineralización de compuestos nitrogenados y fosforados, y la volatilización del amoníaco resultante de la nitrificación (efecto derivado del incremento del pH). Por otro lado, tiende a neutralizarse en las dos últimas etapas, debido a la degradación de los ácidos orgánicos y la acumulación de amoníaco producto de la degradación proteica (nitrificación). Siendo un pH del compost ideal en un rango entre 5,5 y 8,5 unidades de pH.

Esta variable es un indicador de la actividad microbiológica, donde si el pH disminuye a valores <5 la actividad biológica se considera muy baja, y si se alcaliniza puede inhibir el desarrollo de microorganismos inhibidores de la biota patógena (Heno & Zapata, 2008; Chukwudi et al., 2017).

De otro lado, la temperatura permite monitorear el procedimiento e interviene directamente en la eficiencia del proceso, reduciéndose si la temperatura incrementa o disminuye drásticamente, debido a su rol en la eliminación de agentes patógenos al alcanzar valores superiores a los 60 °C y en la biodisponibilidad de los nutrientes que conforman el sustrato, ya sea por la degradación o por la acción de la microbiota termófila que incrementa el pH (Chukwudi et al., 2017). La temperatura se puede ver afectada por el tamaño de la pila incrementando el autocalentamiento de esta, puesto que cuenta con una mayor proporción de volumen por área de superficie y la temperatura ambiental, ya que disipa el calor al ambiente al ser menor que el de la pila (Putranto & Dong, 2017).

La *relación C/N* (25-30:1) indica la proporción entre carbono (fuente de energía) y nitrógeno (promotor de estructuras celulares) presente en el compostaje (Chukwudi et al., 2017); se trata de un balance en el proceso degradativo que asegura las concentraciones adecuadas de cada elemento en el compost, ya que una baja concentración de nitrógeno limita el desarrollo microbiano, lo que ralentiza la descomposición y, por ende, la disponibilidad de las moléculas de carbono; por otro lado, con una concentración alta de nitrógeno este elemento se reduce a amoníaco y se volatiliza fácilmente (Chukwudi et al., 2017).

La humedad relativa puede variar entre 40 y 70% (P/V), siendo el 60% un valor ideal en el que el proceso se acelera, y 20% un valor en el que el proceso

se detiene por un cese en la actividad biológica (Putranto & Dong, 2017). La humedad influye: 1) sobre la tasa de absorción del oxígeno, puesto que si es muy alta la velocidad de difusión de  $O_2$  se reduce y puede llegar a ser insuficiente, e incluso alcanzar un estado anaerobio, restringiendo la actividad de degradación deseada; 2) sobre la temperatura, ya que esta relación es inversa, así, si una incrementa la otra disminuye; y 3) sobre la porosidad, por la distribución y solubilidad de nutrientes (Henao & Zapata, 2008; Chukwudi et al., 2017).

Por otro lado, un incremento en la humedad puede ser desfavorable para el sistema, ya que el calor producido durante el proceso se utilizará en la evaporación del agua y no en mantener las condiciones ideales para el desarrollo microbiano; sin embargo, también puede favorecer la anaerobiosis del compostaje (Putranto & Dong, 2017).

La frecuencia con la que se realizan los *volteos* actúa directamente sobre algunas características que indican la maduración del compost tales como: concentración de nitrógeno, pH, relación C/N, carbono total, temperatura, reducción de la compactación, etc. Siendo más favorable para el proceso establecer un régimen de volteo que dependerá del tamaño de la pila y la composición del sustrato, que debe realizarse constantemente entre tres días, una vez por semana (Röben, 2002; Chukwudi et al., 2017).

La *conductividad eléctrica* indica la concentración de sales en compost, la cual incrementa durante la descomposición. Un incremento en esta variable puede deberse a la presencia de iones de amonio, fosfato y la volatilización del amoníaco; su disminución es producto de la precipitación de las sales en mención. Un compost ideal para uso agrícola debe tener un valor de conductividad eléctrica baja, inferior a  $3 \text{ ms cm}^{-1}$ , ya que la salinidad puede interferir en la germinación y crecimiento de las plantas (Chukwudi et al., 2017).

### ***Sistemas de compostaje***

Los sistemas de compostaje se pueden categorizar en procesos de *modo de operación* tipo lote o continuo. En el primer caso el proceso se desarrolla como un sistema cerrado, al no ser alimentado ni inoculado, puesto que no se adiciona materia orgánica nueva ni inóculo nuevo al sistema, y tampoco se retira producto. En este caso, eventualmente, la materia orgánica es transformada en su totalidad, los nutrientes se agotan, la temperatura y los microorganismos presentes en cada etapa varía de manera sucesiva a lo largo del proceso, hasta alcanzar la estabilización (Sylvia et al., 1999).

En el segundo caso, la materia orgánica es constantemente adicionada al sistema, también se adicionan aditamentos que estimulan el crecimiento de la microbiota, y el compost generado es constantemente recolectado (Sylvia et al., 1999).

A su vez, los sistemas de compostaje se pueden clasificar, de acuerdo con su tipo de *agitación*, en estáticos y agitados (Röben, 2002; Henao & Zapata, 2008; Román et al., 2013). En los procesos de compostaje estático el material permanece inmóvil durante todo el proceso y su aireación se logra mediante inyección. En los procesos agitados, en cambio, el material se mueve periódicamente. En estos últimos, el material se tritura hasta obtener un tamaño de partícula de 2,5 a 5 cm, y se asegura una humedad relativa de 50 a 60%, posteriormente se procede a disponerlo en hileras o en pilas, las cuales pueden alcanzar de 2 a 3 m de alto y 4 m de ancho.

Las características propias de cada pila, así como el tiempo de retención en cada proceso y su agitación, están condicionados por diversos factores, entre los que se destacan: la cantidad de material, la maquinaria utilizada para realizar los volteos y el espacio en que se desarrollará el proceso.

- Compostaje en pila: a lo largo del proceso, aproximadamente cada dos semanas, se realiza el volteo del material monitoreando la temperatura que no ascienda por encima de los 60 °C. Finalmente, se deja estabilizar sin voltearlo por un periodo de tres a cuatro semanas. En este caso las pilas no deben tener una altura mayor a 1,5 m, para evitar el desarrollo de condiciones anaerobias.

Los periodos de volteo pueden variar de acuerdo con las condiciones ambientales en que se esté desarrollando el proceso de compostaje, siendo más recurrentes y en menor cantidad en zonas con una temperatura ambiental superior a los 30 °C, y mucho menos periódicos en zonas con temperaturas inferiores a 20 °C.

Los volteos pueden realizarse de manera manual, utilizando herramientas como palas. También se puede realizar de forma mecanizada en la que se utiliza maquinaria con una pala frontal o un mecanismo de tornillo sin fin.

- Compostaje en pila estática con aireación forzada: debajo de las pilas, se ubica una red de tuberías perforadas a través de las que se inyecta aire. En este caso las pilas pueden alcanzar tamaños de 2 a 3 m de altura, ya que la aireación no depende de los volteos.
- Compostaje en reactores: en este sistema se considera como reactor cualquier recipiente en el que ocurra la fermentación. Los reactores pueden ser tanto agitados como estáticos.

## ***Productos derivados del compostaje***

### *Vermicompost (lombricompost)*

En este tipo de compostaje se utilizan lombrices de las especies *Eisenia foetida* (conocida como lombriz roja californiana, y es la más comúnmente utilizada en estos procesos), *Eisenia andrei* y *Lumbricus rubellus*, para complementar el sistema tradicional de compostaje.

Estas se alimentan de la materia orgánica, transformándola y liberando en forma de excreta como humus, el cual deja en el suelo nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, además, favorece la proliferación y dispersión de microorganismos descomponedores (Röben, 2002).

Las lombrices utilizadas en este proceso se caracterizan por desarrollarse a una temperatura entre 19 y 25 °C, a una humedad del 80%, un pH entre 6,5 y 7,5 unidades, y baja intensidad lumínica. Así como una alta cantidad de materia orgánica en el sustrato (Román et al., 2013).

### *Té de compost*

Extracto de compost solubilizado en agua, realizando un proceso que emula la infusión de hierbas, que consiste en colocar el compost en una tela, depositarla en un tanque de agua y así obtener, por un lado, todos los compuestos del compost que se solubilizan en el agua y, por otro lado, algunos microorganismos (Román et al., 2013).

## **Bioingeniería para el control y automatización de procesos para el aprovechamiento energético de residuos**

Actualmente el concepto de sostenibilidad en su más amplio espectro se encuentra completamente ligado con la generación y el aprovechamiento de energía, necesariamente ambos conceptos deben complementarse entre sí para lograr los más altos estándares de desarrollo sostenible (Kumar et al., 2019). Lo anterior implica responder responsablemente con el incremento en la demanda de energía, con la premisa clara de resguardar los recursos naturales, por lo cual, el desarrollo de fuentes alternativas de energía es fundamental (Lakhan, 2017). En particular, el uso de la biomasa, obtenida a través de residuos en el sector agroindustrial en países mayoritariamente agrícolas como el nuestro, ofrece una oportunidad única para generar energía verde (Onwurah et al., 2006). Sin embargo, a pesar del evidente potencial, actualmente existen un sinnúmero de desafíos asociados con la recolección, separación, pretratamiento, tratamiento y disposición final de los resi-

duos. Todo ello limita sustancialmente la implementación de estrategias de gestión pública para su aprovechamiento como una fuente estable de energía alternativa a baja y mediana escala, que, en un futuro, permita suplir parcialmente la demanda de energía nacional.

La bioingeniería en Colombia tiene como uno de sus pilares fundamentales las energías alternativas, las cuales buscan proporcionar herramientas tecnológicas para solventar algunos de los desafíos existentes en la cadena de transformación y aprovechamiento energético de residuos WTE (Waste-to-Energy). Tradicionalmente, las tecnologías como el peletizado, la pirólisis, la combustión y la gasificación han sido las más usadas para extraer valor de los residuos y completar el ciclo del WTE (Lakhan, 2017). Sin embargo, en los últimos años se ha incrementado el interés por tecnificar e implementar técnicas de control y automatización para optimizar procesos biológicos como los descritos a lo largo de este capítulo: digestión aerobia, digestión anaerobia, compostaje, procesos de lodos activos, y producción de biocombustibles (Kumar et al., 2019).

En particular, las teorías de control de procesos involucran el diseño de sistemas de control automático para equipos y plantas de transformación biológica, química y fisicoquímica. En estos equipos, una de las tareas fundamentales consiste en medir y manipular variables tales como flujo, nivel, temperatura, humedad, entre otras (Smith & Corripio, 2005). El objetivo principal de la teoría de control es dirigir las variables más relevantes del proceso a un valor deseado y mantener las condiciones de operación durante la ejecución de los procesos de transformación (Love, 2007). Los procesos de control modernos usan técnicas de control digital, técnicas de internet de las cosas (IoT), inteligencia artificial y tecnología de la información para optimizar tanto el proceso como la interacción con el usuario final.

En la actualidad, algunos procesos de transformación de residuos ya implementan técnicas de control automático y automatización. Un ejemplo de lo anterior es la construcción de biorreactores, los cuales representan un componente fundamental para cualquier proceso que involucra el cultivo de microorganismos. A través de la implementación de biorreactores, se busca garantizar las condiciones fisicoquímicas y biológicas óptimas para el proceso de fermentación, como nivel de nutrientes, pH, temperatura y aireación, para cada uno de los puntos de operación, los cuales deben depender directamente de la naturaleza de los microorganismos (Onwurah et al., 2006).

Adicionalmente, a una escala menor, con la ayuda de técnicas de monitoreo y control, es posible transformar residuos orgánicos como los residuos de cocina para generar compost de forma eficiente. El periodo de compostaje se puede monitorear

y controlar manipulando, por ejemplo, variables como conductividad del sustrato, temperatura, humedad y proporción de carbono-nitrógeno. Una vez establecido el punto deseado de operación, el correcto monitoreo puede acelerar el proceso de compostaje (Lakhan, 2017).

De forma similar, en los biodigestores anaerobios a baja y mediana escala se pueden instalar sistemas de monitoreo y control que permitan optimizar los tiempos de digestión en cada una de las etapas (hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis). A través de las técnicas de control se pueden establecer diferentes condiciones de operación, las cuales varían según la concentración de microorganismos en cada etapa, las cuales se pueden alcanzar controlando la concentración y proporción de nutrientes, el pH y la temperatura. Adicionalmente, se pueden establecer condiciones aerodinámicas e hidrodinámicas usando actuadores electromecánicos para mejorar la transferencia de calor, el flujo y la transición del sustrato entre etapas, así como para aumentar la homogeneidad de la mezcla entre diferentes sustratos al interior del biodigestor (Kumar et al., 2019). Todo lo anterior permite producir de manera eficiente gases como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{NH}_3$ , además de biofertilizantes.

A nivel industrial, desde la década de los noventa las técnicas de automatización y control han fomentado la tecnificación del tratamiento de RSU a través de grandes plantas en países de Europa y Estados Unidos. En diferentes procesos de transformación termoquímica, como la combustión, la gasificación y el pirólisis, se han implementado sistemas automáticos para controlar el contenido de atmósferas específicas enriquecidas con oxígeno, o incluso en ausencia total del mismo, para la transformación de residuos sólidos con bajo contenido de humedad, buscando incrementar la productividad y reducir las emisiones contaminantes

La tecnificación y automatización de los procesos bioquímicos para la transformación de residuos con alto contenido de humedad se ha centrado en procesos asociados a la industria de los biocombustibles (Kumar et al., 2019). En la digestión anaerobia también es posible transformar los residuos en fuentes de energía calórica o eléctrica, sin embargo, la producción de biocombustibles como metanol, etanol y biodiésel ha demostrado mayor beneficio económico a corto y mediano plazo.

Desde una perspectiva operacional, los sistemas de control les proporcionan a los procesos de transformación WTE facilidad para realizar cambios, monitorear el proceso y optimizar el desempeño (Love, 2007). Además del control automático, la automatización de los procesos también involucra teorías de gestión y seguridad, que en procesos como la combustión directa y la gasificación son fundamentales (Smith & Corripio, 2005).

Por otra parte, si bien los avances en disciplinas como la ingeniería química y la microbiología se encuentran relativamente maduros, aún existen desafíos que a través de la sinergia con otras disciplinas como la bioingeniería y la automatización de procesos pueden ser abordados. Técnicas avanzadas de control multivariable, control predictivo e inteligencia artificial representan una gran oportunidad para fomentar, a través de las tendencias tecnológicas actuales, el aprovechamiento de residuos como fuente de energía y como mecanismo de control ambiental.

### **Perspectivas del aprovechamiento y tratamiento de residuos orgánicos en pequeños productores.**

A nivel mundial, más de 300 millones de toneladas de RSU por año se disponen en rellenos sanitarios, y solo 140 millones, aproximadamente, son aprovechados o tratados (Gómez, 2019).

En países como Canadá, China y Alemania, el aprovechamiento de residuos sólidos corresponde a 27%, 30 % y 47%, respectivamente; mientras que, en Colombia, se recicla solo el 17% de los residuos totales que se generan, lo que demuestra la importancia de generar y establecer tecnologías accesibles y eficientes que permitan dar un manejo adecuado a los residuos urbanos orgánicos, con bajo impacto negativo ambiental (Gómez-Soto, 2019).

En América Latina y del Caribe, en 16 ciudades en las que habitan más de 2 millones de habitantes, se generan 93 millones de toneladas por día de residuos sólidos, de los cuales el 50% corresponde a residuos y de los que únicamente el 2% son tratados (Henao & Zapata, 2008).

### ***Política de gestión de residuos sólidos en Colombia***

En Colombia, la Política Nacional para la Gestión de Residuos Sólidos, CONPES 3874 de 2016, indica la necesidad a migrar hacia una economía circular, en la que el valor de los productos y materiales se mantenga durante el mayor tiempo posible en el ciclo productivo.

El manejo integral de los residuos en esta política comprende su generación, separación en la fuente, recolección, transferencia y transporte, aprovechamiento, tratamiento y su disposición final (CONPES, 2016).

En Colombia, la generación de residuos sólidos por habitante se mide en producción per cápita por habitante (PPC), siendo en Bogotá de 0,95 kg/hab./día, en ciudades intermedias de 0,60 a 0,81 kg/hab./día, y en poblaciones pequeñas es de 0,31 kg/hab./día, de los cuales los residuos sólidos orgánicos representan el 65% del total de RSU (Castiblanco & Rodríguez, 2017).

En el modelo de la economía circular plasmado en el Conpes 3874, se plantea la reducción al mínimo en la generación de residuos, al igual que el uso de recursos mediante el uso repetido de un producto, una vez este alcance el fin de su vida útil, evitando que se convierta en residuo (CONPES, 2016).

Estos procesos de separación inadecuada en la fuente, y la poca cultura para el manejo de residuos sólidos, está relacionado con la informalidad en el aprovechamiento de residuos por parte de los recicladores de oficio, la ausencia de una normativa y de una campaña intensiva promovida por el Gobierno Nacional, mientras que los prestadores del servicio de aseo garantizan la recolección y transporte de los residuos domiciliarios para su disposición final (Departamento Nacional de Planeación, 2018).

Entre 90% y 93% de los residuos sólidos se disponen en sitios regionales, mientras que del 7% al 10% de residuos sólidos restantes se realiza en sitios municipales. Este último es el caso de municipios pequeños y remotos, en los que los costos de recolección y transporte no son rentables para realizar la disposición en sitios regionales, debido a la cantidad de residuos o a dificultades en el transporte, por causa de las distancias, la topografía, la geografía del territorio, o por el estado o la falta de vías (Superservicios, DNP y Presidencia de la República). En este último escenario, los diferentes mecanismos de transformación de los residuos orgánicos expuestos en este documento cobran un valor preponderante, dado que brindan no solo una alternativa para el manejo de los residuos como beneficio ambiental, sino también una alternativa para la producción de energía calórica y eléctrica, que puede impulsar el mejoramiento de la calidad de vida de poblaciones campesinas.

Finalmente, como se expuso a lo largo de este capítulo, las tendencias y alternativas para el aprovechamiento de los residuos entre las que se destacan los biodigestores, que producen biogás y fertilizante orgánico líquido, la generación de enmiendas orgánicas, entre las que se encuentran el compostaje, el vermicompostaje, la lombricultura y los biofertilizantes, ofrecen oportunidades únicas para las unidades militares rurales del Ejército Nacional de Colombia, así como a la población de influencia de estas unidades, como los pequeños productores agropecuarios.

## **Conclusiones**

El aprovechamiento de los residuos orgánicos proporciona alternativas para evitar su acumulación, lo que contribuye a la reducción de la contaminación, debido a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, y mejora las condiciones de salud pública.

Por otra parte, la adición controlada de materia orgánica al suelo contribuye a mejorar su estructura y, por lo tanto, su capacidad de retención de agua; además, suministra nutrientes a las plantas, lo que permite un mayor rendimiento y mejor calidad de la producción vegetal, incentivando así la sostenibilidad del crecimiento en la producción agrícola local.

Entre las diversas alternativas tecnológicas existentes con respecto al aprovechamiento de residuos, se hace evidente la necesidad de adoptar la que más se adapte a la naturaleza del área impactada, destacando la importancia de poder obtener no solo energías alternativas, sino también fertilizantes orgánicos líquidos, que pueden aportar en la tendencia actual del consumo de productos alimenticios naturales que se produzcan con calidad, sin riesgo y que no generen impacto en el medioambiente.

Por otra parte, la investigación en áreas de la bioingeniería representa una enorme oportunidad para la tecnificación de los procesos de transformación WTE, dado que, a través del uso de métodos de control y automatización, se facilita realizar cambios controlados, monitoreo y optimización del desempeño de los procesos de transformación. Además, también permite involucrar teorías de gestión y seguridad, que en procesos como los descritos en este capítulo son fundamentales.

Para finalizar, la transferencia del conocimiento expuesto en este capítulo, a través del Ejército Nacional de Colombia, puede enriquecer el quehacer diario, el sistema productivo, la sostenibilidad y los encadenamientos económicos de pequeñas comunidades campesinas. Por lo anterior, se deben construir mecanismos eficientes y accesibles para la transferencia del conocimiento de estas técnicas y la disposición de las herramientas tecnológicas que permitan su implementación extensiva entre las diferentes unidades del Ejército en el territorio nacional, las poblaciones de pequeños productores y en sistemas territoriales de agricultura familiar.

## Referencias

- Alfa, M., Adie, D., Igboro, S., Oranusi, U., Dahunsi, S., & Akali, D. (2014). Assessment of Biofertilizer Quality and Health Implications of Anaerobic Digestion Effluent of Cow Dung and Chicken Droppings. *Renewable Energy*, *63*, 681-686. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.09.049>
- Álvarez-Solís J., Díaz-Pérez, E., León-Martínez, N., & Guillén-Velásquez, J. (2010). Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz. *Terra Latinoamericana*, *28*(3), 239-245. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792010000300006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000300006)
- Araras, B., Madigan, M., Martinko, J., Parker, J., Gacto, F., Rodríguez, F., & Sánchez, P. (2008). *Brock. Biología de los microorganismos*. Pearson Prentice Hall.

- Asadu, C., Ike, I., Onu, C., Egbuna, S., Onoh, M., Mbah, G., & Eze, C. (2020). Investigation of The Influence of Biofertilizer Synthesized Using Microbial Inoculums on The Growth Performance of Two Agricultural Crops. *Biotechnology Reports*, 27, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00493>.
- Azadi, H., Schoonbeek, S., Mahmoudi, H., Derudder, B., De Maeyer, P. & Witlox, F. (2011). Organic Agriculture and Sustainable Food Production System: Main Potentials. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 144(1), 92-94. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.08.001>.
- Carhuancho, F., Ramírez, J., & Guerrero, J. (2015). Gestión ambiental de residuos avícolas mediante digestión anaerobia para la producción de fertilizantes orgánicos líquidos. *Anales Científicos*, 76(1), 125-132.
- Castiblanco J. D. & Rodríguez, E. (2017). Análisis del Manejo de los Residuos Sólidos Orgánicos y Reciclables, Generados en la Galería de Mercado Leopold Rhoter del Municipio de Girardot - Cundinamarca. (Trabajo de Grado para optar por el grado de Ingeniero Civil). Universidad Piloto de Colombia. Seccional del Alto Magdalena.
- Cavalcante, L., Bezerra, F., De Souto, A., Bezerra, M., De Lima, G., Gheyi, H., Da Silva, J., & Beckmann-Cavalcante, M. (2019). Biofertilizers in Horticultural Crops. *Comunicata Scientiae*, 10(4), 415-428.
- Chan, I., Santos, J., & García, A. (2016). Innovaciones tecnológicas en sistemas agrícolas de productores rurales de la localidad de San José Oriente, Hochtún, Yucatán, México. *Bioagrociencias. Innovaciones en sistemas agrícolas*, 9(1), 44-55.
- Chauhan, H., Bagyaraj, D., Selvakumar, G., & Sundaram, S. (2015). Novel Plant Growth Promoting Rhizobacteria - Prospects and Potential. *Applied Soil Ecology*, 95, 38-53. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.05.011>
- Chukwudi, O. Onwosi, V., Igbokwe, J., Odimba, N., Ifeanyichukwu, E. Eke; Mary, O. Nwankwoala; Ikemdinachi, N. Iroh; Lewis, I. Ezeogu. (2017). Composting Technology in Waste Stabilization: On the Methods, Challenges and Future Prospects. *Journal of Environmental Management*, 190, 140-157. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051>
- Collins, M. (2017). *Organic Waste: Management Strategies, Environmental Impact and Emerging Regulations*. Nova Science Publishers, Inc.
- Connor, D. (2018). Organic Agriculture and Food Security: A Decade of Unreason Finally Implodes. *Field Crops Research*, 225, 128-129. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.06.008>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social [CONPES No. 3874]. (2016). Departamento Nacional de Planeación Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio Ministerio de Educación Nacional Ministerio de Minas y Energía Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios Unidad de Planeación Minero energética.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Informe nacional de aprovechamiento 2017 (N. 2)*. [https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/3\\_informe\\_nacional\\_de\\_aprovechamiento\\_2017.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/3_informe_nacional_de_aprovechamiento_2017.pdf)
- Departamento Nacional de Planeación. (2019). *Informe de disposición final de residuos sólidos 2018 (N. 11)*. [https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Ene/informe\\_nacional\\_disposicion\\_final\\_2019\\_1.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Ene/informe_nacional_disposicion_final_2019_1.pdf)

- Galindo, A., Jeronimo, C., Spaans, E., & Weil, M. (2007). Los abonos líquidos fermentados y su efectividad en plántulas de papaya. *Tierra Tropical*, 3(1), 1-6.
- Garfi, M., Castro, L., Montero, N., Escalante, H., & Ferrer, I. (2019). Evaluating Environmental Benefits of Low-Cost Biogas Digesters in Small-Scale Farms in Colombia: A Life Cycle Assessment. *Bioresource Technology*, 274, 541-548. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.12.007>
- Gazzo, R. & Librandi, V. (s. f.). *Tratamiento de desechos y aprovechamiento*. Universidad de Palermo, Argentina. <https://www.palermo.edu/ingenieria/Pdf2010/Tratamiento.pdf>
- Gómez-Soto, J., Sánchez-Toro, Ó., & Matallana-Pérez, L. (2019). Residuos urbanos, agrícolas y pecuarios en el contexto de las biorrefinerías. (Spanish). *Revista Facultad de Ingeniería - UPTC*, 28(53), 7-32. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfing/v28n53/0121-1129-rfing-28-53-00007.pdf>
- Haghi, A. K. (2010). *Waste Management: Research Advances to Convert Waste to Wealth*. Nova Science Publishers, Inc.
- Henao, G. & Zapata L. (2008). *Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia*. (Monografía para optar al Título de Especialistas en Gestión Ambiental). Universidad de Antioquia.
- Jiménez, N. (2017). El residuo: producto urbano, asunto de intervención pública y objeto de la gestión integral. *Cultura y representaciones sociales*, 11(22), 158-192. <http://www.scielo.org.mx/pdf/crs/v11n22/2007-8110-crs-11-22-00158.pdf>
- Kumar, S., Kumar, R., & Pandey, A. (Eds). (2019). *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering, Waste Treatment Processes for Energy Generation*. Elsevier.
- Lakhan, R. (Ed). (2017). *Principles and Applications of Environmental Biotechnology for a Sustainable Future*. Springer Singapore.
- Llamas, B., Espinoza, F., Flores, J., & Flores, F. (2015). *Acciones para el desarrollo ambiental de las organizaciones de México: Estrategias de gestión y políticas públicas*. Competitive Press, S. A.
- López, L. (2015). *Biol y Gallinaza en la producción del ají tabasco (Capsicum annum) en la zona de Patricia Pilar* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Love, J. (2007). *Process Automation Handbook: A Guide to Theory and Practice*. Springer.
- Luste, S., & Luostarinen, S. (2010). Anaerobic Co-Digestion of Meat-Processing By-Products and Sewage Sludge-Effect of Hygienization and Organic Loading Rate. *Bioresource Technology*, 101(8), 2657-2664. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.071>
- Machado, M. (2010). *Biofertilizante como ferramenta para incrementar a diversidade microbiana visando o manejo de doenças de plantas* (Tesis de maestría). Universidade Federal de São Carlos.
- Martí-Herrero, J., Soria-Castellón, G., Diaz-de-Basurto, A., Álvarez, R., & Chemisana, D. (2019). Biogas from A Full-Scale Digester Operated in Psychrophilic Conditions and Fed Only with Fruit and Vegetable Waste. *Renewable Energy*, 133, 676-684. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.10.030>
- Meng, F., Qiao, Y., Wu, W., Smith, P., & Scott, S. (2017). Environmental Impacts and Production Performances of Organic Agriculture in China: A Monetary Valuation. *Journal of Environmental Management*, (188), 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.080>
- Mohammadi, K., & Sohrabi, Y. (2012). Bacterial Biofertilizers for Sustainable Crop Production: A Review. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 7(5), 307-316. <https://www.researchgate.net/publication/235613059>

- Onwurah, I., Ogugua, V., & Otitoju, O. (2006) Integrated Environmental Biotechnology Oriented Framework for Solid Waste Management and Control in Nigeria. *International Journal of Environment and Waste Management*, 1(1), 94-104.
- Putranto, A., & Dong, X. (2017). A New Model to Predict Diffusive Self-Heating During Composting Incorporating the Reaction Engineering Approach (REA) Framework. *Bioresource Technology*, 232, 211-221. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.01.065>
- Rawoteea, S., Mudhoo, A., & Kumar, S. (2017). Co-Composting of Vegetable Wastes and Carton: Effect of Carton Composition and Parameter Variations. *Bioresource Technology*, 227, 171-178.
- Restrepo, J. (2001). *Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares: experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Restrepo, J. (2007). *Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca*. Impresora Feriva S. A.
- Röben, E. (2002). *Manual de compostaje para municipios*. DED Ecuador. <http://www.resol.com.br/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf>
- Rodríguez, P., Rothballer, M., Chowdhury, S., Nussbaumer, T., Gutjahr, C., & Falter-Braun, P. (2019). Systems Biology of Plant-Microbiome Interactions. *Molecular Plant*, 12(6), 804-821. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2019.05.006>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor. Experiencias en América Latina*. Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Sarkar, A., & Singh, R. P. (2015). *Waste Management: Challenges, Threats and Opportunities*. Nova Science Publishers, Inc.
- Singh, J., Pandey, V., & Singh., D. (2011). Efficient Soil Microorganisms: A New Dimension for Sustainable Agriculture and Environmental Development. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 140(3-4), 339-353.
- Smith, C., & Corripio, A. (2005). *Principles and Practice of Automatic Process Control* (3ª Ed). John Wiley and Sons.
- Subramaniam, G., Arumugam, S., Rajendran, V., Kumar, V., Laxmipathi, G., & Krishnamurthy, L. (2015). Plant Growth Promoting Rhizobia: Challenges and Opportunities. *Biotech*, 5(4), 355-377.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Departamento Nacional de Planeación y Presidencia de la Republica. (2019). Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos - 2018. [https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Ene/informe\\_nacional\\_disposicion\\_final\\_2019\\_1.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Ene/informe_nacional_disposicion_final_2019_1.pdf)
- Sylvia, D., Fuhrmann, J., Hartel, P., & Zuberer, D. (1999). *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Editorial Prentice Hall.
- Tarigo, A., Repto, C., & Acosta, D. (2004). *Evaluación agronómica de biofertilizantes en la producción de lechuga (lactuca sativa) a campo* (Tesis de pregrado). Universidad de la República.
- Wang, H., Liu, S., Zhai, L., Zhang, J., Ren, T., Fan, B., & Liu, H. (2015). Preparation and Utilization of Phosphate Biofertilizers Using Agricultural Waste. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(1), 158-167.

Esta página queda intencionalmente en blanco

# Rasgos del fenómeno del cambio climático en la realidad colombiana<sup>1</sup>

# 8

<https://doi.org/10.21830/9789585318342.08>

*Anderson Castro Carreño*<sup>2</sup>

Escuela de Aviación del Ejército

*John Cristhian Fernández Lizarazo*<sup>3</sup>

Escuela de Aviación del Ejército

*John Alexander León Torres*<sup>4</sup>

Escuela de Armas Combinadas del Ejército

*Sammy Hernesto Rodríguez Lemus*<sup>5</sup>

Escuela de Ingenieros del Ejército

## Resumen

Ante los drásticos fenómenos asociados al clima es evidente que algo está ocurriendo con nuestro planeta y Colombia está inmersa en esa transformación. De ahí la necesidad de conocer las causas de estos fenómenos climáticos, con el fin de reducir la vulnerabilidad del país e incre-

---

1 Este capítulo hace parte de los resultados de los proyectos de investigación “Reciclaje químico de residuos de lubricantes generados en la División de Aviación Asalto Aéreo” y “Acciones estratégicas del Ejército Nacional orientadas al desarrollo sostenible en Colombia. Experiencia y reflexión desde la minería y los objetivos de desarrollo sostenible” del Grupo de Investigación en Aviación Militar de la Escuela de Aviación del Ejército, registrado con el código COL0077618 y categorizado en C por Minciencias. Los puntos de vista y los resultados de este capítulo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

2 Magíster en Ciencias-Química (Universidad Nacional de Colombia). Especialista en Educación y Gestión Ambiental (Universidad Nacional de Colombia). Licenciado en Química (Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Docente e investigador de los Grupos de Investigación de ESAVE-ESACE. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0087-8932> - Contacto: [andersoncastrocarreno@cedoc.edu.co](mailto:andersoncastrocarreno@cedoc.edu.co)

3 PhD en Ciencias Agropecuarias y magister en Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Colombia). Licenciado en Biología (Universidad Francisco José de Caldas). Director del Programa de Ingeniería Agronómica de la Universidad de La Salle. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9015-7404> - Contacto: [johfernandez@lasalle.edu.co](mailto:johfernandez@lasalle.edu.co)

4 Teniente Coronel del Ejército Nacional de Colombia. Estudiante de la Maestría en Educación (Universidad Militar Nueva Granada). Especialización en Seguridad y Defensa Nacionales (Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”). Especialización en docencia Universitaria (Centro de Educación Militar). Profesional en Ciencias Militares (Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”). Profesional en Relaciones Internacionales y Estudios Políticos (Universidad Militar Nueva Granada). Inspector de Estudios de la Escuela de Armas Combinadas del Ejército. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6279-8351> - Contacto: [johnleon-torres@cedoc.edu.co](mailto:johnleon-torres@cedoc.edu.co)

5 Mayor del Ejército Nacional de Colombia. Especialista en Gerencia Integral de Obras (Escuela de Ingenieros Militares). Profesional en Ciencias Militares (Escuela Militar de Cadetes). Administrador de Empresas (Universidad Militar Nueva Granada). Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5352-7349> - Contacto: [sammy.rodri-guez@buzonejercito.mil.co](mailto:sammy.rodri-guez@buzonejercito.mil.co)

mentar su capacidad de respuesta frente a las amenazas e impactos del cambio climático. Como se trata de un fenómeno planetario es importante comprender la dinámica de nuestro planeta en lo que tiene que ver con la producción y acumulación de gases efecto invernadero. A partir de una revisión documental se analizaron las afectaciones del cambio climático en la geografía colombiana, en particular en los ecosistemas de páramo, por su alta vulnerabilidad a los cambios de las condiciones del clima. En ese orden de ideas, se proponen acciones para la adaptación al cambio climático y para mitigar sus efectos.

**Palabras clave:** clima; prevención de desastres; deterioro ambiental; efecto invernadero.

## Introducción

La realidad del cambio climático global, tal y como lo afirma el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (en adelante IPCC) (2014), es innegable. Durante el presente siglo, ha sido notorio el incremento de la temperatura global, constituyendo el principal problema ambiental de nuestro planeta y la mayor amenaza global para el desarrollo. Las emisiones de gases de efecto invernadero (en adelante GEI) producidas por la acción humana, en particular las procedentes del consumo de petróleo, gas natural y carbón, son la causa primordial de calentamiento (IPCC, 2014).

Los impactos del calentamiento global se perciben con frecuencia como una cuestión del futuro lejano o como si solo estuviesen afectando a algunas especies de animales que habitan en el Ártico (Rodríguez & Mance, 2009). Pero los efectos del cambio climático ya son evidentes en Colombia. Este capítulo busca evidenciar dichos impactos en el territorio colombiano y visualizar algunos esfuerzos del Ejército colombiano para la adaptación de ecosistemas estratégicos altamente afectados por este fenómeno climático.

El presente acápite da cuenta de una investigación, cualitativa-documental con características descriptivas y analíticas, realizada con el fin de conceptualizar acerca del fenómeno de cambio climático e indagar sobre programas gubernamentales relacionados con las estrategias de adaptación al cambio climático propuestos en Colombia. De acuerdo con lo anterior, las discusiones permitirán estimar una reflexión acerca de las evidencias del cambio climático en Colombia y la enunciación de estrategias de mitigación y adaptación que conduzcan a procesos efectivos de restauración de los ecosistemas de páramo y bosque andino.

## Marco teórico

### Realidad del cambio climático global

Desde la década de los cincuenta, la atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de GEI han aumentado.

Si bien es cierto que el planeta ha estado en permanente cambio y que algunos de estos cambios tienen su origen en causas naturales, como los grandes movimientos geológicos o la evolución de las especies a lo largo de la historia de la vida en la Tierra, el acelerado cambio climático tiene causas ligadas a las actividades humanas.

El IPCC afirma que la principal actividad humana que ha causado el cambio climático y que lo seguirá causando es el consumo de combustibles fósiles, en particular petróleo, carbón y gas natural, que emiten dióxido de carbono. El mecanismo mediante el cual el CO<sub>2</sub> y otros gases producen el calentamiento global se denomina *efecto invernadero* (Rodríguez & Mance, 2009).

Los GEI que se encuentran en la atmósfera absorben parte de la radiación producida por la Tierra y la envían en todas las direcciones. Entre más alta sea la concentración de GEI mayor es la captura del calor. Estos gases son: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); el metano (CH<sub>4</sub>); el vapor de agua; el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); los fluorocarbonados; los hidrofluorocarbonados; el perfloroetano y el hexafluoruro de azufre. Cada uno de los GEI tiene una capacidad diferente de atrapar el calor solar que devuelve a la Tierra en forma de radiación infrarroja.

El CO<sub>2</sub> es el mayor causante del efecto invernadero y el que más ha contribuido al calentamiento global; se produce como consecuencia del consumo de los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas) y de la deforestación. Algunos GEI capturan la radiación mejor que otros, como es el caso de los fluorocarbonados, cuya concentración en la atmósfera es relativamente baja, pero cuyo poder es mayor que el de los otros GEI (Rodríguez & Mance, 2009).

Si la atmósfera terrestre no tuviera GEI, el planeta tendría una temperatura 30 °C más fría —o de 18 °C bajo cero—, lo que lo haría inhóspito para la vida. En contraste, si su concentración fuese muchísimo más alta, la temperatura podría llegar a extremos tales que harían que la Tierra tampoco fuera factible para la vida (Rodríguez & Mance, 2009).

La Tierra tiene la capacidad para absorber el CO<sub>2</sub>, pero esta capacidad es limitada. El problema es que, cada vez más, se deposita una mayor parte de dióxido de carbono en la atmósfera y esto ha ocasionado el aumento de la temperatura promedio del planeta.

La interferencia humana sobre el sistema climático genera impactos observables y riesgos futuros para los sistemas humanos y naturales. Los impactos observados más significativos del cambio climático en los sistemas físicos naturales corresponden a cambios en la precipitación, alteración de los sistemas hidrológicos, deshielo, pérdida de glaciares y afectaciones en la escorrentía (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

En cuanto a los sistemas biológicos, muchas especies terrestres, dulceacuícolas y marinas han cambiado su rango geográfico, actividades estacionales, patrones migratorios, abundancias e interacciones con otras especies debido al cambio climático (IPCC, 2014a). De hecho, para la región de América Central y Suramérica, el IPCC destaca tres riesgos: 1) disminución en la disponibilidad de agua en regiones semiáridas y aquellas que dependen del aporte de glaciares; 2) inundaciones; y 3) deslizamientos en áreas urbanas y rurales por el aumento de la precipitación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

## **Importancia de escuchar a los expertos**

En la actualidad existe un consenso científico en torno a que está ocurriendo un calentamiento global que trae asociados eventos como el ascenso del nivel del mar y la ocurrencia de fenómenos naturales catastróficos asociados con las alteraciones del clima.

En 1988, al detectar el problema del cambio climático mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) crearon el IPCC con el propósito de realizar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y respuesta al mismo.

El IPCC, en su informe de 2019, establece que:

Se estima que las actividades humanas han causado un calentamiento global de aproximadamente 1,0 °C y es probable que el calentamiento global llegue a 1,5 °C entre 2030 y 2052. [...] El calentamiento causado por las emisiones antropógenas durará de siglos a milenios y seguirá causando nuevos cambios a largo plazo en el sistema climático, como un aumento del nivel del mar, acompañados de impactos asociados. (IPCC, 2019, p. 7)

En cuanto a la proyección de los modelos climáticos, estos prevén aumentos de la temperatura media en la mayoría de las regiones terrestres y oceánicas, de los episodios de calor extremo en la mayoría de las regiones habitadas, de las precipi-

taciones intensas en varias regiones, de la probabilidad de sequía y de déficits de precipitación en algunas regiones (IPCC, 2019)

De la misma manera, se prevé que para 2100 el nivel del mar seguirá aumentando. Es importante que ese aumento ocurra a menor velocidad de lo que está ocurriendo actualmente, para que haya mayor posibilidad de adaptación en los sistemas humanos y ecológicos de las islas pequeñas y las poblaciones ubicadas en zonas costeras.

En lo que tiene que ver con la superficie terrestre, con un aumento de la temperatura global, se prevén impactos en la biodiversidad y en los ecosistemas, en cuanto a pérdida y extinción de especies.

Otros preocupantes impactos están asociados a los riesgos para la salud, los medios de subsistencia, la seguridad alimentaria, el suministro de agua, la seguridad humana y el crecimiento económico (IPCC, 2019).

## **Manifestaciones del cambio climático en Colombia**

De acuerdo con el Banco Mundial, Colombia presenta la tasa más alta en América Latina de desastres recurrentes provocados por fenómenos naturales, con más de 600 eventos reportados anualmente. También ocupa el décimo lugar dentro de los países con mayor riesgo económico a causa de desastres en el mundo, ya que el 84,7 % de su población está localizada en áreas expuestas a dos o más peligros naturales (Rodríguez & Mance, 2009).

Según el Departamento Nacional de Planeación (DNP-BID-Cepal, 2014), de 2010 a 2013 el número de eventos hidrometeorológicos fue de 8504, 2,6 veces más de los ocurridos de 2006 a 2009. Las familias pasaron de 4,4 millones a 6,4 millones. La vulnerabilidad del país ante los fenómenos climáticos extremos (eventos extremos de sequía y olas de lluvia) se constató durante el fenómeno de La Niña de 2010-2011, en esa ocasión el país sufrió pérdidas por más de 11 billones de pesos. En 2015, el fenómeno de El Niño causó una grave sequía y se registraron enormes pérdidas para la actividad agropecuaria (Rodríguez & Mance, 2009; Mayorga et al., 2012).

La elaboración de escenarios de cambio climático para Colombia se ha venido realizando, desde comienzos del presente siglo, con la aplicación de la metodología de escalamiento estadístico de los productos de modelos globales de circulación general de la atmósfera (Pabón, 2012; Eslava & Pabón, 2001; Pabón et al., 2001).

En el informe “Colombia, Primera Comunicación Nacional ante la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” (2001) se reportan resultados de escenarios de cambio climático para el Valle del Cauca desarrollados

por Mulligan (2000) y por Hulme y Sheard (1999) para los países del sector norte de la región Andina.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (en adelante Ideam) ha estado realizando estudios sobre la generación de indicadores de cambio climático en Colombia, a partir de datos históricos de temperatura y precipitaciones. De acuerdo con los análisis realizados por el Ideam, en los últimos años se están presentando varios impactos en los páramos. Según Mayorga, Hurtado y Benavides (2011) los impactos asociados al cambio climático en los páramos son: fuertes incrementos de la temperatura, tendencia a la disminución de la precipitación acumulada anual y una tendencia a la disminución de eventos extremos de lluvia (aguaceros), contrario a lo que se ha evidenciado en los otros pisos térmicos.

El incremento de la temperatura en zonas de gran elevación se evidencia en el fuerte retroceso del área de los glaciares en Colombia. Al respecto, de acuerdo con Ochoa (2020), solo quedan 6 de los 19 nevados que existían en Colombia en el siglo XIX. El área glaciar del país pasó de 348 km<sup>2</sup>, en 1850, a 36,6 km<sup>2</sup>, en 2018. Como ejemplo de esta situación, el autor reporta la disminución de la nieve en el Volcán Nevado de Santa Isabel, ubicado entre los departamentos de Risaralda, Caldas y Tolima, la cual pasó de 27,8 km<sup>2</sup>, que lo conformaban en 1850, a 0,63 km<sup>2</sup>, distribuidos en ocho pequeños pedazos de hielo cenizo y nieve que poco a poco se derriten (Ochoa, 2020).

Es importante recalcar la importancia de los páramos como principales fuentes abastecedoras de agua para las grandes ciudades, ya que allí nacen gran parte de las quebradas y ríos del país. La disminución de las precipitaciones y la tendencia de aumento de las temperaturas durante el día provocan una mayor evaporación del agua en estas zonas, pues son factores que alteran esa importante función ecológica.

Otro ecosistema con alto impacto ambiental negativo es la selva húmeda tropical, la cual también tiene pronósticos preocupantes frente al cambio climático. La degradación amazónica tiene efectos globales por su regulación del vapor de agua y de emisiones de dióxido de carbono y por el sinnúmero de especies que habitan en ella. Rodríguez y Mance (2009) afirman que el calentamiento global afectará los ciclos de lluvia en la región amazónica, lo que puede provocar un aumento de la evapotranspiración de las plantas y una disminución de la cantidad del agua del suelo selvático.

### **Cambio climático en Colombia: adaptación y mitigación**

Como respuesta a los evidentes impactos del cambio climático sobre los ecosistemas y la biodiversidad, ante la ocurrencia de fenómenos climáticos extremos y

ante el riesgo de afectaciones a la producción de alimentos, en Colombia se formuló, en 2017, la Política Nacional de Cambio Climático, que busca articular esfuerzos y programas tales como la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en carbono (ECDBC), el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), y la Estrategia Nacional REDD+, entre otras iniciativas que aportan elementos para orientar estratégicamente todos los esfuerzos hacia el cumplimiento del compromiso adquirido en el marco del Acuerdo de París (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017) (Murillo et al., 2017).

Frente a la adaptación al cambio climático, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible plantea un conjunto de procesos que buscan maximizar el rol de los socioecosistemas en la reducción de los riesgos climáticos y el aumento de la resiliencia del país frente a condiciones de variabilidad y cambio climático (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

Los procesos se basan en el aprovechamiento de la gran cantidad de ecosistemas estratégicos que posee Colombia, los cuales ofrecen una gama amplia de bienes y servicios que se relacionan directamente con el clima. Tal es el caso de la regulación hídrica y climática, en interacción constante con variables meteorológicas como el viento, la radiación solar o la composición del suelo, que contribuyen a la seguridad alimentaria, proveen medios de subsistencia, determinan modos de vida y ayudan a la prevención de riesgos, principalmente los asociados con procesos erosivos como los deslizamientos e inundaciones (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

Por su parte, el Ejército Nacional de Colombia, en su Plan Estratégico Militar 2030, plantea como objetivos contribuir al desarrollo sostenible del país y a la protección y preservación del medioambiente. Para ello, propone las siguientes acciones: 1) implementación de viveros forestales militares; 2) restauración ecológica de páramos, mediante la propagación y siembra de frailejones; y 3) restauración ecológica del bosque alto, por medio de propagación y siembra de palma de cera (Castro et al., 2020). Para cumplir estos objetivos, desde la Dirección de Gestión Ambiental del Ejército, se prevé la implementación de 373 viveros forestales, la reforestación del mismo número de áreas deforestadas, la protección de fuentes hídricas, la siembra de 5.600.000 árboles, la germinación de 1.000.000 de frailejones y 500 palmas de cera (Castro et al., 2020).

La mitigación del cambio climático y la adaptación que ello supone, se constituyen en un reto para responder a los impactos del cambio climático. La Política Nacional de Cambio Climático concibe la adaptación como el conjunto de acciones y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y

humanos ante los efectos reales o esperados del cambio climático (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

Aunque Colombia y, en general, la mayoría de los países de Latinoamérica y el Caribe tienen una baja participación en emisiones de GEI, presentan una alta vulnerabilidad a los efectos del cambio climático, debido a sus características geográficas, ecológicas y socioeconómicas, lo que hace indispensable la adaptación como una respuesta a los efectos del clima sobre estos territorios (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017; Posada, 2007).

En materia de cambio climático, Colombia tiene como meta para el año 2030 reducir en un 20% las emisiones de carbono, y como compromisos de adaptación se ha propuesto alcanzar un 100% del territorio del país con planes integrales de cambio climático, aumentar 2,5 millones de hectáreas de áreas protegidas y lograr la delimitación y protección de 36 páramos, entre otros (DNP, 2018).

Frente al reto de la adaptación y mitigación al cambio climático, Rodríguez y Mance (2009) proponen las siguientes medidas:

Adaptación basada en los ecosistemas, por su capacidad de protección de la manifestación de fenómenos climáticos extremos en conjunto con las comunidades asociadas a estos ecosistemas. Los autores plantean como ejemplo las cuencas hidrográficas, que actúan como barreras naturales durante épocas de fuertes lluvias y suministran agua durante épocas de escasez; o los manglares, que actúan como zonas amortiguadoras contra las inundaciones.

Articulación de la adaptación al cambio climático y la gestión de riesgo a partir del estudio de las tendencias de los fenómenos de variabilidad climática (sequías y fuertes aguaceros) en cada zona, para identificar medidas locales acertadas para afrontarlos.

Adaptación de infraestructura básica y sectores productivos de acuerdo con las variaciones climáticas de las diferentes regiones del país (inundaciones, sequías, derrumbes).

## Conclusiones

Tanto el cambio climático global como sus impactos sobre ecosistemas estratégicos de nuestro país son hechos innegables, los cuales exigen de todos asumir retos específicos desde nuestros roles particulares en la sociedad. No se trata de generar alarmas, sino de identificar alternativas de intervención.

Una alternativa importante es la de resguardar las áreas protegidas, donde se encuentran muchos de los ecosistemas que se constituyen en el principal escudo

contra los graves efectos del cambio climático. Las acciones de restauración ecológica de zonas de bosque alto andino y de páramo, previstas desde el Ejército Nacional de Colombia, aportan enormemente a los procesos de protección de estos ecosistemas estratégicos.

De igual manera, el enfoque de adaptación al cambio climático basado en ecosistemas, desarrollado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, brinda herramientas a los habitantes de las regiones más vulnerables para adaptarse a los efectos adversos del cambio climático, a partir del uso de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, como parte de una estrategia global de adaptación.

## Referencias

- Castro, A., Parra, M., León, J., & Arango, I. (2020). *Memorias. Primer encuentro de desarrollo y sostenibilidad ambiental*. Escuela de Armas Combinadas del Ejército; Escuela de Aviación del Ejército.
- DNP - Departamento Nacional de Planeación. (2017). El país debe incrementar sus inversiones en mitigación en 2,3 billones de pesos anuales para cumplir la meta de París: DNP. Portal Web DNP. Tomado de: <https://bit.ly/3hanhN7>
- DNP - Departamento Nacional de Planeación. (2018). [https://twitter.com/DNP\\_Colombia/status/1063431991763312641/photo/1](https://twitter.com/DNP_Colombia/status/1063431991763312641/photo/1)
- Eslava, J., & Pabón, J. (2001). Proyecto “Proyecciones climáticas e impactos socioeconómicos del cambio climático en Colombia”. *Meteorología Colombiana*, (3), 1-8.
- Hulme, M., & Sheard, N. (1999). *Escenarios de cambio climático para países de los Andes del norte, unidad de investigación climática*. University of East Anglia.
- Ideam. (2001). *Colombia, Primera Comunicación Nacional ante la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Ideam.
- IPCC. (2014). Assessment Reports. *IPCC*. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml)
- IPCC. (2014a). Summary for policymakers. En C. Field, V. Barros, D. Dokken, K. Mach, M. Mastrandrea, T. Bilir, M. Chatterjee, K. Ebi, Y. Estrada, R. Genova, B. Girma, E. Kissel, A. Levy, S. MacCracken, P. Mastrandrea, & L. White (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (pp. 1-32.). Cambridge University Press.
- IPCC. (2019). Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. *IPCC*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf)
- Mayorga, R., Hurtado, G., & Benavides, H. (2011). *Evidencias de cambio climático en Colombia con base en información estadística*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-Ideam (Colombia).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Política Nacional de Cambio Climático*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Mulligan, M. (2000). Downscaled Climate Change Scenarios for Colombia and Their Hydrological Consequences. *Advances in Environmental Monitoring and Modeling*, 1(1), 3-35.

- Murillo, L., Pabón, G., Pérez, P., Rojas, M., & Suárez, R. (2017). Política nacional de cambio climático: documento para tomadores de decisiones. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/25548/Politica-cambio-climatico-MinAmbiente.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ochoa, M. (2020). Colombia se derrite. *Semana*. <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/glaciares-de-colombia-se-derriten/48150>
- Pabón, J. (2012). Cambio climático en Colombia: tendencias en la segunda mitad del siglo XX y escenarios posibles para el siglo XXI. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 36(139), 261-278.
- Pabón, J., Cárdenas, I., Kholostyakov, R., Calderón, A., Bernal, N., & Ruiz, F. (2001). *Escenarios climáticos para el siglo XXI sobre el territorio colombiano*. Informe Técnico Interno del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).
- Posada, C. (2007). La adaptación al cambio climático en Colombia. *Revista de ingeniería*, (26), 74-80.
- Rodríguez, M., & Mance, H. (2009). *Cambio climático: lo que está en juego*. Foro Nacional Ambiental.

## Bibliografía consultada

- Barton, J. (2009). Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades regiones. *Revista de Geografía Norte Grande*, (43), 5-30.
- Buytaert, W., Sevink, J., & Cuesta, F. (2014). Cambio climático: la nueva amenaza para los páramos. En W. Buytaert, J. Sevink, & F. Cuesta (Eds.), *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos* (pp. 505-526). Condesan.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-Ideam. (2010). *2ª Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Ideam.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *AbE Guía de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas en Colombia*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.





# Miradas de innovación, sostenibilidad y desarrollo en torno a la gestión ambiental en el Ejército Nacional de Colombia

La presente obra examina las acciones que han convertido a la Aviación del Ejército Nacional de Colombia en una institución que cada día afianza más su compromiso con el planeta. Esto, al asumir un rol activo como agente del desarrollo sostenible, promoviendo el respeto por el medioambiente con todos sus componentes (fauna, flora, tierra, agua y aire), para la conservación, protección y bienestar de los ecosistemas en todo el país. Este libro constituye un espacio para analizar la actualidad de los fenómenos ambientales, los protocolos basados en las normativas existentes en el manejo de residuos, las investigaciones y las nuevas alternativas sostenibles, con el fin de evidenciar posibles oportunidades y estrategias de mejora, para contribuir a una cultura de responsabilidad y sostenibilidad ambiental en todo el personal del Ejército Nacional. De otro lado, la sostenibilidad ambiental resulta fundamental para la sociedad, por ello, diferentes sectores están interesados en implementar estrategias que les permitan impactar su entorno de manera positiva. En ese orden de ideas, los capítulos que conforman este escrito exponen al detalle aspectos ambientales en torno a las prácticas de investigación de sus autores; asimismo, resalta la importante labor del Ejército al fomentar una cultura de conciencia ecológica entre el personal militar y civil, coordinada con sus políticas de gestión ambiental.



ISBN 978-958-53183-3-5

