

## ADOPCIÓN TECNOLÓGICA PARA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN PÁRAMOS BAJO JURISDICCIÓN CAR: MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN CLIMÁTICA

Diego Andrés Ramírez Cubillos\*

 <https://orcid.org/0009-0007-3174-1724>

Mauricio Rincon-Moreno\*\*

 <https://orcid.org/0000-0002-4124-9852>

Nydia Parra León\*\*

 <https://orcid.org/0000-0002-2842-2905>

RECIBIDO: 10/10/2025 / ACEPTADO: 28/11/2025 / PUBLICADO: 15/01/2026

**Cómo citar:** Ramírez Cubillos, D., Rincon-Moreno, M., Parra León, N. (2026). Adopción tecnológica para agricultura sostenible en páramos bajo jurisdicción CAR: mitigación y adaptación climática. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 28(1), 132-142. [www.doi.org/10.36390/telos281.13](http://www.doi.org/10.36390/telos281.13)

### RESUMEN

Colombia es el cuarto país a nivel mundial en biodiversidad y cuenta con ecosistemas estratégicos que van desde el mar Caribe hasta los páramos, esenciales por su función de regulación hídrica y provisión de servicios ecosistémicos. En las últimas décadas estos ecosistemas han sufrido una intensa presión ambiental derivada de prácticas agropecuarias intensivas, minería, deforestación, uso indiscriminado de agroquímicos y ocupación en zonas protegidas, agravada por la variabilidad climática. En la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), estas dinámicas han acelerado la degradación de suelos, la pérdida de bosques de altura, el deterioro de fuentes hídricas y la vulnerabilidad de comunidades campesinas dependientes de sistemas productivos tradicionales. El objetivo de este artículo es revisar y contrastar marcos conceptuales, normativos y experienciales sobre la adopción de tecnologías productivas que fortalezcan prácticas agrícolas sostenibles en ecosistemas de páramo bajo la jurisdicción de la CAR, con énfasis en mitigación y adaptación al cambio climático. Metodológicamente, el artículo se desarrolla como una reflexión académica sustentada en la revisión documental de normatividad sobre cambio climático, informes técnicos, experiencias comunitarias de reconversión productiva y literatura científica sobre tecnologías agrícolas sostenibles. La síntesis se organiza en tres ejes: i) la reconversión productiva como instrumento para reducir la presión antrópica sobre los páramos; ii) el potencial de tecnologías como la agricultura de precisión, los sistemas agroforestales, los bioinsumos y las energías limpias para optimizar el uso del suelo y del agua; y iii) el papel de la gobernanza ambiental y la participación comunitaria para viabilizar la adopción tecnológica. Se concluye que articular saberes locales, investigación científica, marcos normativos e innovación tecnológica es clave para transitar hacia sistemas agrícolas más resilientes y sostenibles. Futuras investigaciones deberían evaluar el impacto de estas tecnologías en parcelas de páramo, analizar modelos de financiamiento y explorar herramientas de monitoreo participativo.

**Palabras clave:** Agricultura sostenible; Ecosistemas de páramo; Mitigación del cambio climático; Agricultura de precisión; Gobernanza ambiental.

*Technology adoption for sustainable agriculture in páramo ecosystems under CAR jurisdiction: climate mitigation and adaptation*

### ABSTRACT

Colombia ranks fourth worldwide in biodiversity and has strategic ecosystems ranging from the Caribbean Sea to the páramos, which are essential for their role in water regulation and the provision of ecosystem services. In recent decades, these ecosystems have been subject to intense environmental pressure derived from intensive agricultural practices, mining, deforestation, indiscriminate use of agrochemicals, and the occupation of protected areas, exacerbated by climate variability. Within the jurisdiction of the Regional Autonomous Corporation of Cundinamarca (CAR), these dynamics have accelerated soil degradation, the loss of high-altitude forests, the deterioration of water sources, and the vulnerability of rural communities dependent on traditional production systems. The aim of this article is to review and contrast conceptual, regulatory, and experiential frameworks on the adoption of productive technologies that strengthen sustainable agricultural practices in páramo ecosystems under the jurisdiction of CAR, with an emphasis on climate change mitigation and adaptation. Methodologically, the article is developed as an academic reflection based on a documentary review of climate change regulations, technical reports, community experiences of productive reconversion, and scientific literature on sustainable agricultural technologies. The synthesis is organized into three main axes: (i) productive reconversion as an instrument to reduce anthropic pressure on páramos; (ii) the potential of technologies such as precision agriculture, agroforestry systems, bio-inputs, and clean energies to optimize soil and water use; and (iii) the role of environmental governance and community participation in making technological adoption viable. It is concluded that articulating local knowledge, scientific research, regulatory frameworks, and technological innovation is key to advancing toward more resilient and sustainable agricultural systems. Future research should assess the impact of these technologies on páramo plots, analyze financing models, and explore participatory monitoring tools.

\* Maestrante en Ciencias Ambientales - Universidad de Cundinamarca, Colombia. [daramirez@ucundinamarca.edu.co](mailto:daramirez@ucundinamarca.edu.co)

\*\* Autor de correspondencia. Doctor en Humanidades – DBA Administración – Profesor Instituto de Posgrados - Universidad de Cundinamarca, Colombia. [hmrincon@ucundinamarca.edu.co](mailto:hmrincon@ucundinamarca.edu.co)

\*\* Mg en Estudios Sociales y Culturales – Profesora Instituto de Posgrados - Universidad de Cundinamarca, Colombia. [nparra@ucundinamarca.edu.co](mailto:nparra@ucundinamarca.edu.co)

**Keywords:** Sustainable agriculture; Páramo ecosystems; Climate change mitigation; Precision agriculture; Environmental governance.

## Introducción

Colombia es reconocida como uno de los países más biodiversos del mundo debido a su ubicación geográfica y a la amplia variedad de ecosistemas que alberga, desde las reservas de biosfera del mar Caribe hasta los ecosistemas productores de agua conocidos como páramos. La Amazonia colombiana, con un área aproximada de 483.119 km<sup>2</sup>, equivalente al 41% del territorio nacional, junto con los páramos, representa un patrimonio natural de importancia estratégica (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2021).

Los páramos constituyen ecosistemas estratégicos de alta montaña, ubicados entre los 3.000 y 4.500 msnm, cuya relevancia radica en su capacidad de proveer agua de manera constante a las poblaciones y en albergar una notable biodiversidad endémica adaptada a condiciones climáticas extremas. A nivel mundial, los páramos se encuentran en seis países: Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Costa Rica y Panamá. Colombia posee aproximadamente la mitad de los páramos del mundo (Sistema de Información Ambiental de Colombia [SIAC], 2020).

En Colombia ocupan aproximadamente 29.061 km<sup>2</sup>, equivalentes al 2,5% del territorio continental, y se localizan en las tres cordilleras de los Andes (Oriental, Central y Occidental) y en la Sierra Nevada de Santa Marta. Estos ecosistemas garantizan el abastecimiento hídrico para cerca del 80% de la población colombiana, incluyendo ciudades como Bogotá, Bucaramanga y Medellín, lo que evidencia su papel esencial en el bienestar humano y la seguridad ambiental del país (Tobón Marín, 2025; Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá, 2021).

Según el Banco Mundial (2021), más del 70% del agua destinada al consumo humano y a diversas actividades económicas en Colombia depende de los páramos (p.8). Además, estos territorios son hábitats de flora y fauna únicas, muchas de ellas amenazadas por actividades antrópicas. A lo largo del tiempo, comunidades ancestrales y nuevas poblaciones han incrementado su presencia en estos ecosistemas, destinando áreas a la agricultura, la ganadería y la minería, lo que ha desplazado la vocación de conservación y aumentado la presión sobre el medio natural. En este sentido, los páramos son el hogar de 76.218 familias y santuario para 16 pueblos indígenas. Con sus 2.906.000 hectáreas representan cerca de la mitad de la extensión total de páramos a nivel mundial (El Tiempo, 2023).

Su conservación es prioritaria, y el Instituto Humboldt ha identificado en su Atlas de Páramos la existencia de 34 complejos de páramo (Morales et al., 2007). Al ser ecosistemas estratégicos de altura, los páramos han estado en la órbita del gobierno desde diferentes aristas.

En este sentido la vigilancia y protección de los 34 páramos existentes en Colombia recae principalmente en el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, como rector del sistema, y en el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, que aporta la base científica para la delimitación y manejo de estos ecosistemas. A estas entidades se suman los organismos de control del Sistema Nacional Ambiental (SINA), entre ellos la Procuraduría Ambiental, la Contraloría Ambiental, la Defensoría del Pueblo en materia ambiental y la Policía Ambiental. Asimismo, participan activamente las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la Agencia Nacional de Tierras (ANT), Parques Nacionales Naturales de Colombia y las veedurías ciudadanas, que cumplen un papel fundamental en la vigilancia y gestión de estos ecosistemas.

Frente al rol de las corporaciones autónomas, estas son entidades con independencia administrativa y financiera responsables de la protección ambiental. En el caso de Cundinamarca y Boyacá, la CAR protege un área de 18.706 km<sup>2</sup> distribuidos en 104 municipios y varias cuencas hidrográficas. Para la región cundiboyacense, se han identificado seis complejos de páramos en la jurisdicción de la CAR, estos son Cruz Verde-Sumapaz, Chingaza, Rabanal-Río Bogotá, Altiplano Cundiboyacense, Iguaque-Merchán y Guerrero, este último exclusivo de Cundinamarca (CAR, 2023).

No obstante, alrededor del 60% de su área total presenta algún grado de intervención antrópica, principalmente por actividades agropecuarias como la ganadería de leche, la cría de truchas y los cultivos de papa, cebolla, arveja, cebada y hortalizas, así como por la minería en sectores específicos (Roa-Peña et al., 2023). El ascenso de la frontera agrícola y la transformación de coberturas nativas hacia usos productivos se han convertido en las principales amenazas a la estabilidad ecológica de los páramos. Estas actividades alteran procesos vitales como la regulación hídrica y el mantenimiento de la biodiversidad, poniendo en riesgo los servicios ecosistémicos y la disponibilidad de agua para las comunidades rurales y urbanas (Tobón Marín, 2025).

Es necesario tener claro que la Frontera Agrícola Nacional se define "como el límite del suelo rural que separa las áreas donde se desarrollan las actividades agropecuarias, las áreas condicionadas y las áreas protegidas, las de especial importancia ecológica, y las demás áreas en las que las actividades agropecuarias están excluidas por mandato de la ley". Esta definición se establece en la Resolución 261 de 2018, expedida por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018).

La riqueza de los suelos y la disponibilidad de agua han incentivado prácticas productivas intensivas como la ganadería de leche, la piscicultura y el cultivo de papa, fresa y hortalizas, muchas veces sin regulaciones suficientes. En respuesta a esta problemática, se promulgó la Ley 1930 de 2018, en la cual se establecieron lineamientos para la gestión integral de los páramos, permitiendo únicamente actividades de bajo impacto y ambientalmente sostenibles. Esto implica que algunas tierras ubicadas en zonas de páramo, utilizadas tradicionalmente por comunidades campesinas para actividades agropecuarias, se encuentran dentro de la frontera agrícola y deben estar incluidas en procesos de reconversión productiva.

Este punto es crucial porque reconoce el derecho de las comunidades que por generaciones han habitado los páramos a desarrollar procesos productivos que garanticen su sustento y les permitan mantener condiciones de vida dignas, pero al mismo tiempo limita el ingreso de nuevos actores al territorio. Sin embargo, a pesar de la normativa vigente, el auge de actividades productivas realizadas sin atender a los límites de lo que se puede hacer ni al lugar donde hacerlo ha transformado un número considerable de hectáreas de páramo nativo. A ello se suma la minería, tanto artesanal como industrial, de carbón, oro y materiales de construcción, que ha deteriorado la flora nativa y desplazado especies de fauna, generando impactos irreversibles (Burbano et al., 2020).

La presión sobre estos territorios se refleja en la pérdida de cobertura vegetal, la erosión de suelos, la desaparición de especies nativas y el deterioro de cuencas que alimentan el río Magdalena. La economía campesina asentada en los páramos ha transitado de modelos tradicionales hacia procesos extractivos que, paulatinamente, anteponen criterios productivos frente a modelos sostenibles. El uso intensivo de agroquímicos, la implementación de procesos productivos en áreas protegidas, la ganadería y la extracción de minerales han sido temas recurrentes que, en su práctica, han intensificado el impacto ambiental. Además, el cambio climático, manifestado en sequías, inundaciones e incendios forestales, ha hecho aún más vulnerables a los páramos en relación con otros ecosistemas (Ramírez y Rodríguez, 2024).

En este escenario, Colombia ha suscrito compromisos tanto internacionales como nacionales con el propósito de preservar el medio ambiente. Entre estos se encuentran el Protocolo de Kioto, el Acuerdo de París y la COP 16 en 2024, así como la Política Nacional de Cambio Climático en 2017 y el Plan Regional Integral de Cambio Climático (PRICC) de Bogotá-Cundinamarca. Cada una de estas iniciativas busca implementar ajustes en la manera como interactuamos con el entorno, equilibrando elementos de productividad con sostenibilidad. Sin embargo, a pesar de la existencia de la normatividad, los páramos siguen siendo vulnerados por diferentes actores, sin tener en cuenta el daño que se genera cada vez que se emprende una acción sobre el ecosistema.

Es por esto, que la agricultura sostenible se ha convertido en una manera de equilibrar la producción de alimentos con la conservación ambiental y el bienestar social y económico de las comunidades rurales. En América Latina, la adopción de prácticas agrícolas sostenibles es clave para enfrentar desafíos como el cambio climático, la degradación del suelo y la seguridad alimentaria.

La literatura sobre agricultura sostenible ha identificado diversas categorías de prácticas que orientan el manejo del suelo, el agua, los cultivos y la comercialización; estas se desarrollan con mayor detalle en la sección de fundamentos teóricos.

A pesar de la estructura normativa existente y de los numerosos trabajos sobre agricultura sostenible, en los ecosistemas de páramo bajo la jurisdicción de la CAR persisten tensiones entre las prácticas agropecuarias tradicionales y la adopción de tecnologías productivas más sostenibles. La ganadería de leche, la piscicultura en alta montaña y el cultivo de papa y hortalizas continúan ejerciendo una fuerte presión sobre el suelo y las fuentes hídricas, mientras que las iniciativas de reconversión productiva y de innovación tecnológica avanzan de manera desigual entre territorios y actores.

En este sentido, fortalecer la capacidad de las comunidades arraigadas en el territorio para ejercer su derecho a impulsar procesos productivos compatibles con el entorno hace posible articular técnicas ecológicas, saberes tradicionales y herramientas modernas. Esta integración mejora la productividad y la resiliencia del sector agrícola, siempre que existan políticas de apoyo, acceso a recursos y participación activa de las comunidades rurales.

La reducción sostenida del uso de recursos naturales, la optimización de insumos, el incremento de la productividad y la disminución del empleo de compuestos químicos constituyen una estrategia plausible para enfrentar el deterioro de los páramos. El auge de las TIC en la agroindustria y la necesidad de preservar el entorno posicionan la agricultura de precisión como una alternativa viable que equilibra productividad y sostenibilidad. En este escenario, tecnologías productivas como la agricultura de precisión se perfilan como alternativas para optimizar el uso de agua y suelo, cuestión que se desarrolla en el apartado de fundamentos teóricos.

En este contexto, el problema que orienta este artículo puede formularse de la siguiente manera: ¿cómo pueden contribuir las tecnologías productivas a fortalecer las prácticas agrícolas sostenibles en los ecosistemas de páramo de la jurisdicción CAR, en clave de mitigación y adaptación al cambio climático? Para abordarlo, el objetivo del texto es revisar y contrastar marcos conceptuales, normativos y experienciales sobre la adopción de tecnologías productivas en dichos territorios, identificando oportunidades y desafíos para la reconversión productiva. El artículo se organiza en cuatro secciones: en la primera se presenta el contexto y los fundamentos teóricos sobre agricultura sostenible, tecnologías productivas y páramos; en la segunda se describe el enfoque metodológico de reflexión hermenéutica y revisión documental; en la tercera se discuten los hallazgos en torno a reconversión productiva, potencial tecnológico y gobernanza ambiental; y en la cuarta se exponen las conclusiones, implicaciones prácticas y líneas de investigación futura.

Por último, para facilitar la comprensión y aplicación práctica de los enfoques propuestos, se diseñó una tabla complementaria (ver Tabla S1 en el anexo) que sintetiza los principales ejes de sostenibilidad agrícola, las prácticas asociadas y los indicadores operativos que permiten evaluar su implementación en los ecosistemas de páramo. Esta herramienta ofrece una guía práctica para el seguimiento de procesos productivos sostenibles en el territorio CAR.

## Fundamentos teóricos

### Agricultura sostenible y tecnologías productivas

La agricultura sostenible se entiende como un enfoque integral de producción de alimentos que busca garantizar, de manera simultánea, la conservación de los recursos naturales, la viabilidad económica de los sistemas productivos y el bienestar social de las comunidades rurales. De acuerdo con Calderón-Riaño y Pérez-Montenegro (2018), este enfoque busca equilibrar el uso de los recursos del ecosistema con el desarrollo social y económico de los productores, mediante la implementación de prácticas que conserven los recursos naturales e incorporen innovaciones científicas orientadas a fortalecer el sistema productivo (Chaparro y López, 2017). Ello supone reconocer los límites ecológicos de los territorios, la necesidad de preservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, así como la importancia de mantener la capacidad productiva del suelo y del agua para las generaciones presentes y futuras. En contextos de alta montaña como los páramos, la agricultura sostenible implica compatibilizar las actividades agropecuarias con la función reguladora del ecosistema y su papel estratégico en la provisión de agua, integrando los procesos y servicios ecológicos en el diseño y rediseño de los sistemas agrícolas (Nicholls et al., 2015).

Al realizar una aproximación a la literatura sobre agricultura sostenible se encontró que esta se enmarca en las siguientes categorías:

- i) Conservación del suelo y agua: Uso de cobertura vegetal, rotación de cultivos, aplicación de materia orgánica y técnicas de conservación de suelos como terrazas y barreras vivas para mejorar la fertilidad y retención de humedad (Küster, 2021; Rodríguez et al., 2017; Peña et al., 2016).
- ii) Manejo integrado de plagas y biofertilizantes: Reducción del uso de agroquímicos mediante el control biológico, biofertilizantes y

microorganismos eficientes, lo que incrementa los rendimientos y reduce el impacto ambiental (Peña et al., 2016; Küster, 2021; Rodríguez et al., 2017).

- iii) Agroecología y saberes ancestrales: Integración de conocimientos indígenas y campesinos, preservación de semillas nativas y diversificación de cultivos para aumentar la resiliencia y sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Küster, 2021; López-Quintana, 2019; Rodríguez et al., 2017).
- iv) Certificación orgánica y buenas prácticas agrícolas (BPA): Implementación de normas y certificaciones que mejoran el acceso a mercados, la calidad de vida de los agricultores y la seguridad alimentaria (Molina, 2024; Vásquez & Moreno-Hernández, 2025).

De acuerdo con Moreno (2016), la agricultura sostenible debe asegurar la rentabilidad del suelo mediante prácticas menos agresivas con el medio ambiente, tales como la rotación de cultivos, el uso de biopreparados y la incorporación de microorganismos beneficiosos, resaltando que un manejo adecuado del suelo es condición necesaria para la seguridad alimentaria. En contraste, Rizo-Mustelier et al. (2017) advierten que la intensificación de los sistemas productivos sin una base técnica ambientalmente responsable ha generado desagregación de los suelos, contaminación del agua y residualidad de moléculas de agroquímicos, con la consecuente pérdida de su riqueza.

### **Agricultura de precisión y tecnologías digitales en territorios de montaña y páramo**

La agricultura de precisión se concibe como una estrategia de gestión que utiliza tecnologías de información para recopilar, procesar y analizar datos espaciales y temporales del suelo, el clima y los cultivos, con el fin de tomar decisiones diferenciadas en función de la variabilidad intra-predial y mejorar la eficiencia en el uso de los recursos (International Society for Precision Agriculture [ISPA], 2022; National Research Council, 1997, citado en ISPA, 2022). Desde esta perspectiva, integra sensores, sistemas de posicionamiento global, plataformas de información geográfica y equipos de aplicación de dosis variable para optimizar insumos como agua, fertilizantes y plaguicidas, reduciendo costos y emisiones asociadas a la producción agrícola (Gebbers & Adamchuk, 2010; Parlamento Europeo, 2014). En términos de seguridad alimentaria, la agricultura de precisión se ha posicionado como una herramienta clave para aumentar la productividad manteniendo la calidad ambiental y la sostenibilidad de la base de recursos naturales (Gebbers & Adamchuk, 2010).

Entre las tecnologías digitales más empleadas se encuentran los sistemas de información geográfica para la cartografía detallada de suelos, la teledetección mediante imágenes satelitales y drones, las redes de sensores in situ para monitorear humedad, temperatura y nutrientes, y las plataformas de analítica de datos que permiten construir mapas de rendimiento, estrés hídrico o deficiencias nutricionales (Agencia de Información del Sector Agropecuario [AGRONET], 2022; ISPA, 2022). Estos sistemas se complementan con aplicaciones móviles para la gestión del riego, la fertilización de precisión y la trazabilidad de las labores, lo que facilita que los productores tomen decisiones basadas en evidencia y no únicamente en la observación empírica (AGRONET, 2022; Parlamento Europeo, 2014). En contextos como la altillanura y otras regiones colombianas, el uso de estas tecnologías ha mostrado potencial para incrementar la eficiencia del riego, ajustar con precisión la aplicación de fertilizantes y reducir la huella ambiental de los sistemas productivos (Alliance Bioversity International & CIAT, s. f.).

En territorios de montaña y páramo, la agricultura de precisión adquiere particular relevancia debido a la fragilidad de los ecosistemas, la alta heterogeneidad espacial de los suelos y la importancia estratégica de la regulación hídrica. La posibilidad de monitorear con mayor detalle la humedad del suelo, la dinámica de nutrientes y el estado fisiológico de los cultivos permite ajustar las cargas ganaderas, delimitar áreas de exclusión o restauración y orientar prácticas de conservación del suelo y del agua que reduzcan la erosión y la compactación en laderas (Ruiz, 2015; Rojas-Ramírez, 2024). En estos escenarios, las tecnologías de precisión no se entienden como un fin en sí mismo, sino como instrumentos que, combinados con enfoques agroecológicos y saberes locales, pueden disminuir la presión antrópica sobre los páramos y contribuir a la reconversión productiva hacia modelos de bajo impacto.

No obstante, la literatura también advierte que la adopción de agricultura de precisión enfrenta retos significativos asociados al costo de los equipos, la conectividad limitada en zonas rurales de alta montaña, la escala reducida de las unidades productivas y la necesidad de fortalecer capacidades técnicas en productores y asistencia técnica (Parlamento Europeo, 2014; Gebbers & Adamchuk, 2010). Estos desafíos obligan a pensar en tecnologías “apropiadas”, graduales y adaptadas al contexto, que combinan herramientas de bajo costo (sensores simples, aplicaciones móviles, estaciones meteorológicas locales) con esquemas cooperativos de uso y modelos de gobernanza que permitan compartir infraestructura, información y beneficios entre comunidades campesinas y entidades públicas.

### **Reconversión productiva y gobernanza ambiental en ecosistemas de páramo**

La reconversión productiva en ecosistemas de páramo se entiende como el proceso mediante el cual se sustituyen actividades agropecuarias de alto impacto —como la ganadería extensiva, los cultivos inadecuados en ladera o el drenaje de humedales— por sistemas de producción de bajo impacto que sean compatibles con la conservación del agua, la biodiversidad y los modos de vida campesinos. Esta transición suele apoyarse en el paso de pasturas degradadas a sistemas silvopastoriles, la introducción de arreglos agroforestales, la restauración ecológica con uso productivo controlado y la adopción de prácticas agroecológicas que reduzcan la presión sobre el suelo y el agua. Diversos programas en páramos andinos han incorporado, además, incentivos económicos, asistencia técnica y acuerdos de conservación con comunidades locales para transformar, al menos de manera gradual, las hectáreas dedicadas a usos convencionales hacia actividades compatibles con la función reguladora hídrica de estos ecosistemas (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2023; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s. f.).

Por su parte, la gobernanza ambiental en páramos alude al conjunto de arreglos institucionales, normas, instrumentos de planificación y mecanismos de participación social que orientan el uso del territorio, distribuyen responsabilidades y beneficios y buscan asegurar la protección de estos ecosistemas estratégicos a largo plazo. Esta gobernanza se materializa en marcos legales específicos para páramos, planes de manejo, pactos interinstitucionales, comités de cuenca, veedurías ciudadanas y esquemas de monitoreo participativo que involucran a autoridades ambientales, gobiernos locales, organizaciones campesinas, pueblos indígenas y actores

privados. En la literatura reciente se ha insistido en la importancia de concebir el páramo como un “socio-ecosistema”, en el que las dinámicas ecológicas y sociales son inseparables y donde los derechos de las comunidades locales, sus formas de organización y sus sistemas de conocimiento resultan centrales para cualquier estrategia de conservación y uso sostenible (Secretaría General Comunidad Andina, 2010; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, s. f.).

La relación entre reconversión productiva y gobernanza ambiental es bidireccional. Por un lado, la reconversión funciona como instrumento operativo de la gobernanza, en la medida en que traduce los acuerdos, normas y lineamientos de política en cambios concretos en las prácticas productivas y en el ordenamiento del territorio. Programas que promueven la transición hacia sistemas silvopastoriles, la restauración productiva de zonas degradadas o la adopción de arreglos agroforestales constituyen ejemplos de cómo los compromisos de conservación y seguridad hídrica se vuelven tangibles en las fincas, veredas y cuencas (PNUD, 2023; Rodríguez et al., 2022). Por otro lado, una gobernanza ambiental sólida facilita la reconversión al proveer reglas claras de uso del suelo, fuentes de financiamiento, mecanismos de compensación por servicios ecosistémicos y espacios de diálogo donde se negocian metas de conservación, producción y bienestar rural entre múltiples niveles de gobierno y actores sociales (Secretaría General Comunidad Andina, s. f.; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, s. f.).

Desde una perspectiva de política pública, los lineamientos actuales para páramos señalan la necesidad de combinar la zonificación ecológica y funcional del territorio, la promoción de actividades de bajo impacto, el fortalecimiento de capacidades locales y el monitoreo biofísico e institucional para evaluar la efectividad de las medidas de reconversión en el tiempo. Ello implica articular diagnósticos participativos de las actividades productivas, el diseño de alternativas económicas sostenibles, el análisis de los arreglos de gobernanza existentes y la propuesta de mecanismos de coordinación multinivel (local–regional–nacional) que permitan alinear los objetivos de conservación con las estrategias de desarrollo rural y adaptación al cambio climático (PNUD, 2023; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s. f.; Secretaría General Comunidad Andina, s. f.). En ecosistemas de páramo bajo jurisdicción de la CAR, esta perspectiva resulta especialmente relevante para orientar la transición desde esquemas agropecuarios intensivos hacia modelos productivos que reconozcan los límites ecológicos del páramo y, al mismo tiempo, ofrezcan alternativas dignas y sostenibles para las familias campesinas que los habitan.

## Material y Método

Este texto es un artículo de reflexión con enfoque hermenéutico-analítico y argumentativo. El objetivo es reconstruir y contrastar marcos conceptuales, identificar tensiones teóricas y proponer una postura informada sobre la adopción de tecnologías productivas para fortalecer prácticas agrícolas sostenibles en ecosistemas de páramo del territorio de la CAR (Cundinamarca–Boyacá) con énfasis en mitigación/adaptación climática.

**Delimitación y fuentes de información.** Se trabajó con un corpus intencional de literatura académica y documentos de política pública, seleccionado por relevancia teórica y pertinencia al problema, priorizando textos seminales, revisiones narrativas y estudios con amplia citación. Se consideraron publicaciones entre 2005 y 2025, en español, inglés y portugués, incluyendo artículos indexados, libros/capítulos y documentos normativos/organizacionales cuando aportaron definiciones operativas.

**Estrategia de localización.** La literatura se localizó en Scopus y SciELO, complementada con Google Scholar y búsqueda en bola de nieve a partir de referencias de trabajos clave. Se utilizaron descriptores y sinónimos vinculados a tres ejes:

1. Eje 1: adopción tecnológica en sistemas agro-productivos de páramo (agricultura de precisión, sistemas agroforestales, bioinsumos, energías limpias);
2. Eje 2: gobernanza ambiental y marco normativo/institucional (Ley 1930/2018, PRICC Bogotá–Cundinamarca, pactos y programas CAR);
3. Eje 3: reconversión productiva y sostenibilidad (productividad, uso eficiente de agua y suelo, GEI, viabilidad socioeconómica).

### Descriptores guía (ejemplos para título/resumen/palabras clave)

- “agricultura de precisión” OR “precision agriculture” OR “agricultura de precisão”
- “sistemas agroforestales” OR agroforestry OR “sistemas agroflorestais”
- bioinsumos OR “bio insumos” OR bioinputs OR “energías limpias” OR “clean energy” OR “energías limpas”

Esta estrategia no buscó exhaustividad sistemática, sino cobertura conceptual de corrientes y controversias.

**Criterios de inclusión/exclusión.** Inclusión: (i) contribuciones con marco conceptual explícito sobre el tema; (ii) revisiones o síntesis críticas pertinentes; (iii) documentos de política con definiciones/lineamientos relevantes. Exclusión: opiniones sin soporte, duplicados, notas no académicas (salvo normativa/informes técnicos clave), trabajos sin vínculo directo con el problema.

**Procedimiento de análisis.** i) Lectura exploratoria y construcción de un mapa inicial de categorías (ejes: adopción tecnológica, gobernanza/leyes, reconversión/sostenibilidad); ii) Análisis hermenéutico-comparado para identificar supuestos, convergencias y tensiones entre autores/escuelas; iii) Matriz de argumentación (modelo de Toulmin) articulando tesis, evidencias (citas/ejemplos), garantías (supuestos que enlazan evidencia con tesis), respaldos, posibles refutaciones y contraargumentos; esta matriz orientó la síntesis crítica; iv) Triangulación conceptual incorporando, para cada afirmación principal, al menos una voz disidente o alternativa a fin de mitigar sesgos de confirmación y v) Síntesis reflexiva en forma de proposiciones y agenda de implicaciones teóricas/prácticas.

**Calidad, transparencia y sesgos.** Se aplicó reflexividad de los autores, registrando supuestos y decisiones de inclusión/exclusión. Se documentó el listado completo del corpus y la matriz de lectura/argumentación para mejorar trazabilidad. La búsqueda de voces disidentes y la contrastación entre textos se usaron como estrategias de control de sesgo.

## Resultados de la revisión

### Impactos ambientales y presiones antrópicas en los páramos de la jurisdicción CAR

La revisión de la literatura y de fuentes institucionales permitió identificar un patrón consistente de presión antrópica sobre los páramos de la jurisdicción CAR, asociado principalmente a la expansión agropecuaria, las actividades extractivas y la transformación del uso del suelo.

Colombia posee una gran riqueza natural y su biodiversidad es reconocida a nivel global. Gracias a la diversidad de pisos

térmicos, el país cuenta con múltiples ecosistemas estratégicos, entre ellos los páramos, cuya importancia radica en su capacidad de almacenar agua que, al ser liberada, se convierte en recurso hídrico fundamental para diversas actividades humanas. Por ser territorios ricos en biodiversidad, han sido habitados tanto por comunidades ancestrales como por nuevos pobladores; este último fenómeno ha incrementado las actividades agropecuarias y extractivas, generando tensiones sobre un ecosistema que, por su misma naturaleza, es altamente susceptible a la transformación por acción del hombre. Este proceso ha desplazado la vocación de conservación y aumentado la presión sobre la resiliencia de los ecosistemas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010).

Como se mencionó anteriormente, los nuevos asentamientos humanos hacia los ecosistemas de páramos obedecen en gran medida, a la riqueza de sus suelos y a la amplia disponibilidad hídrica, factores que han incentivado la expansión de sistemas agropecuarios intensivos como la ganadería de leche, la piscicultura y los cultivos de papa, fresa y hortalizas traspasando la cota máxima hasta donde se puede ejercer la actividad humana. Si bien estas actividades constituyen una fuente de sustento económico, también han transformado cientos de hectáreas de páramo nativo, con efectos negativos para la biodiversidad y la capacidad de los ecosistemas de cumplir sus funciones naturales (Roa Peña et al., 2023).

A esta presión se suma la explotación minera. La abundancia de minerales como oro, carbón y materiales para la construcción ha promovido procesos extractivos, tanto artesanales como industrializados, que generan impactos irreversibles: deterioro de la flora nativa, desplazamiento de fauna y alteración de los suelos (Tobón Marín, 2025). Estos impactos muestran que las prácticas económicas predominantes no han integrado criterios de sostenibilidad.

En este marco, las Corporaciones Autónomas Regionales, creadas para gestionar los recursos naturales dentro de sus jurisdicciones, tienen un rol preponderante, estas en su misionalidad articulan sus actividades sobre los ecosistemas protegidos con los demás actores de carácter nacional. En Cundinamarca, la CAR es responsable de 18.706 km<sup>2</sup> de territorio cundiboyacense, que incluye 104 municipios y nueve cuencas hidrográficas. Si bien ha trabajado de la mano de las gobernaciones departamentales en la canalización de recursos y en la financiación de iniciativas orientadas al cuidado de los recursos naturales estratégicos, los resultados evidencian un deterioro creciente en páramos, humedales y rondas hídricas, manifestado en la pérdida de cobertura vegetal, la erosión de suelos y la desaparición de especies nativas (CAR, 2023).

En este sentido, según la Agencia de Noticias UNAL (2024) al revisar las cifras se evidencia que estas medidas aún no son suficientes, solo 1 millón de hectáreas del total de las ubicadas en páramos mantiene su vegetación original, el resto ha sido modificado por actividades antrópicas, lo cual ha tenido un impacto directo frente a la capacidad de estos ecosistemas para regular el componente hídrico y preservar la biodiversidad, en términos porcentuales la capacidad del páramo como ecosistema regulador ha disminuido en un 40%.

Por otro lado, la expansión de la frontera agrícola amenaza directamente su funcionalidad ecológica. A través del tiempo se ha dado el fenómeno de conversión de páramos en tierras destinadas a la producción agropecuaria, aunque existen normas que impiden o regulan este fenómeno su aplicación real ha sido contraria al espíritu que las rige. Además, las prácticas agrícolas intensivas en los páramos han venido generando la degradación y compactación del suelo, y al perder la capa vegetal el fenómeno de la erosión se ha hecho presente. Sin dejar a un lado el cambio climático que se convierte en un factor que modifica las condiciones del páramo. (Bateman, Clavijo & Carvajal, 2024).

Tampoco es posible hacer a un lado al cambio climático y sus manifestaciones las cuales agravan la situación. Fenómenos como El Niño y La Niña son cada vez más frecuentes e intensos, generando sequías, lluvias prolongadas e incendios forestales que aumentan la vulnerabilidad de los sistemas productivos y de las comunidades rurales (Masbosques, 2024). En este contexto, las estrategias de adaptación y mitigación se vuelven indispensables.

### **Marcos normativos y compromisos frente al cambio climático**

La revisión documental también permitió identificar un conjunto de compromisos internacionales y marcos normativos nacionales y regionales que orientan la gestión de los páramos y del cambio climático en el territorio CAR.

Ante este panorama, las instituciones consientes de la importancia de los ecosistemas estratégicos han implementado desde espacios de encuentro acompañados de compromisos puntuales frente al deterioro ambiental, en este punto a nivel global tenemos, desde la Conferencia de Estocolmo en 1972 hasta el Acuerdo de París en 2015, Colombia se ha comprometido a reducir sus emisiones en un 51% para 2030 y alcanzar la carbono neutralidad en 2050, tomando como referencia el inventario de GEI de 2016 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). Sin embargo, fenómenos como la deforestación, los incendios forestales y la pérdida de bosques —más de 64.400 hectáreas en Cundinamarca entre 2001 y 2022— muestran la brecha entre los compromisos internacionales y la realidad territorial (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2023).

En este marco, la normatividad nacional y regional ha avanzado con la Ley 1930 de 2018, que regula los usos permitidos en páramos, la Política Nacional de Cambio Climático desarrollada por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017) y el Plan Regional Integral de Cambio Climático (PRICC) de Bogotá-Cundinamarca. A nivel departamental, el Decreto Ordenanza 0289 de 2012 y el Decreto 133 de 2021 han fortalecido la institucionalidad para la gestión del riesgo y la acción climática. Estos instrumentos buscan fomentar prácticas de bajo impacto, reducir la vulnerabilidad climática y absorber gases de efecto invernadero.

La Ley 1930 de 2018 “Por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia” con una mirada integral que incluye por un lado el uso y aprovechamiento de los recursos naturales articulado con la participación incluyente de las comunidades que están asentadas en el territorio (Congreso de la República de Colombia, 2018), esta ley plantea que las actividades agropecuarias que se realizan en estas zonas por las comunidades que tienen asiento en el territorio deben realizar una transición productiva hacia formas de producción de base agroecológica que permitan recuperar las condiciones del territorio sin sobrepasar la cota límite, sin embargo para Rojas et al. (2024), al revisar las actividades agropecuarias que se realizan, se evidencia un reto técnico y económico ya que en los páramos se encuentra el 50 % de la producción de papa (*Solanum tuberosum*), el 90 % de la producción de cebolla de rama (*Allium fistulosum*) y el 40 % de la producción de leche de ganado vacuno (*Bos taurus*) cuyos criterios técnicos incluyen prácticas provenientes de la revolución verde (p.29).

### **Iniciativas de gobernanza y reconversión productiva en páramos de Cundinamarca y Boyacá**

En el plano territorial, se identificaron iniciativas específicas de la CAR y de alianzas interinstitucionales orientadas a fortalecer la gobernanza y promover procesos de reconversión productiva en ecosistemas de páramo.

Frente a este panorama, se hace necesario repensar la relación entre producción agrícola y conservación ambiental. Una fórmula posible es la creación de iniciativas que generen impactos positivos tanto para los productores rurales como para los ecosistemas, constituyendo el punto de partida para que la interacción entre ambas áreas sea cada vez más beneficiosa. La ley es clara al señalar que se debe reconocer el arraigo de las comunidades que por años han cohabitado estos ecosistemas y que dependen del desarrollo de actividades antrópicas para su sustento. En este sentido, la CAR, como máxima autoridad ambiental en el territorio, ha buscado crear vasos comunicantes con los entes municipales en cuya jurisdicción se ubican estos ecosistemas protegidos. Así, en 2024 se firmó el “Pacto por la Conservación de los Páramos”, un documento vinculante entre la CAR y 43 municipios cuyo objetivo es proteger y gestionar de forma sostenible estos ecosistemas vitales (CAR, 2025).

Esta iniciativa se complementa con el Proyecto “Ecorregión de Páramos Somos Agua, Somos Páramo”, una alianza entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Fondo para la Vida y la Biodiversidad, la RAP-E Región Central, la Gobernación de Cundinamarca, Conservación Internacional Colombia y organizaciones locales. Su finalidad contempla tres ejes: en primer lugar, la conservación de ecosistemas estratégicos de alta montaña; en segundo lugar, el fortalecimiento de la gobernanza territorial; y, finalmente —pero quizá lo más importante—, el incremento de la capacidad comunitaria para enfrentar el cambio climático (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2025).

Ambos proyectos, en el desarrollo de sus acciones, hacen referencia a la reconversión productiva, entendida como una política pública que incentiva a partir de acciones en territorio la modernización y transformación de los modelos de producción agrícolas y pecuarios tradicionales, buscando generar una mayor competitividad del sector agrícola a la vez que se reduce el impacto ambiental de estas actividades en los ecosistemas protegidos, algo que no es fácil de lograr sin el concurso de diferentes actores. En Colombia, la reconversión productiva “se ha orientado a diseñar estrategias para gestionar el cambio progresivo de los sistemas agropecuarios convencionales hacia modelos de bajo impacto compatibles con el ecosistema, promoviendo el uso eficiente del suelo y del agua, así como el cuidado de la biodiversidad” (Rodríguez, Martínez y Herrera, 2022, p. 16).

### **Casos de reconversión productiva: Lago de Tota y La Cruz (Nariño)**

Como parte de la revisión, se identificaron experiencias concretas de reconversión productiva en ecosistemas de alta montaña que ofrecen referencias útiles para el territorio CAR.

Un ejemplo de reconversión productiva ha sido la desarrollada en la cuenca del lago de Tota, una zona donde convive la lechería y el cultivo de cebolla y papa en una cuenca hídrica protegida ubicada en zona de páramo, la cual tiene un alto valor tanto ecológico como económico para los departamentos de Boyacá y Cundinamarca, en esta zona se implementó un proceso de socialización con los productores y las autoridades de los municipios que tienen jurisdicción en el territorio, se desarrollaron mesas de trabajo, se realizó un levantamiento de información en el territorio y se estableció un plan de reconversión centrado en transformar los factores que limitan la productividad, la competitividad y la sostenibilidad de los productores ubicados en la cuenca del lago de Tota, a partir del desarrollo de modelos de producción sostenibles, enmarcados en la agroecología o distintas escuelas de agricultura limpia, tradicional o ancestral (Rodríguez, et al., 2022).

Para esto se ejecutó el siguiente plan de manera concertada entre comunidades, organismos nacionales, departamentales y municipales y corporaciones, buscando articular la realidad de lo hallado en el territorio y las comunidades que lo conforman como el espíritu de la Ley 1930; i) promover la adopción del sistema de tres sellos participativos, que inicia con el sello amarillo mediante la firma del pacto por la Tota-Lidad, en el cual los productores asumen un compromiso con el lago, el páramo, el cultivo y demás atributos de la cuenca. Posteriormente, a través de los sellos verde y azul, se incorporan prácticas sostenibles sustentadas en las Buenas Prácticas Agrícolas (fertilizantes y agroquímicos) y en el uso eficiente del recurso hídrico; ii) para el cultivo de papa se promovió el uso de las variedades Agrosavia Mary y Sol Andina, al tiempo que se ajustaron y ampliaron las prácticas agrícolas considerando la dimensión climática; iii) se desarrolló una estrategia de monitoreo meteorológico participativo para apoyar la adaptación frente a la variabilidad y el cambio climático, y iv) se establecieron elementos básicos para una estrategia de mercadeo que garantice la viabilidad económica de la reconversión (Rodríguez, et al., 2022).

Otro caso es la reconversión productiva en el municipio de La Cruz, Nariño, Colombia, enmarcado en actividades que promuevan la sostenibilidad y adaptación a la variabilidad y cambio climático en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural Complejo Volcánico de Páramos Doña Juana – Cascabel, para este proceso se desarrollan una serie de estrategias que se agrupan en cuatro áreas principales: i) manejo integrado de suelos y aguas; ii) manejo integrado de la nutrición; iii) manejo integrado de plagas y enfermedades, y iv) manejo integral socioeconómico. Cada estrategia conjuga una serie de prácticas que van desde el monitoreo constante de la zona, pasando por el uso de fertilizantes, herbicidas y plaguicidas de origen natural o biológico, uso de sistemas de riego que optimicen el manejo hídrico, hasta sellos verdes, modelos de economía circular y capacitación constante en buenas prácticas tanto de comercialización como de producción y conservación (Meneses-Buitrago et al., 2024).

### **Uso actual de agricultura de precisión en Colombia y aportes potenciales a los páramos CAR**

Finalmente, se identificaron experiencias de agricultura de precisión en diferentes regiones del país que aportan elementos para pensar su adaptación a los ecosistemas de páramo de la jurisdicción CAR.

Este tipo de iniciativas pueden fortalecerse mediante la agricultura de precisión, entendida como la aplicación de tecnologías avanzadas para optimizar el uso de recursos y reducir el impacto ambiental. Los sistemas de monitoreo meteorológico, por ejemplo, pueden complementarse con sensores de suelo, drones e imágenes satelitales que permitan una gestión más precisa del agua y los nutrientes en los cultivos. Asimismo, la reconversión productiva propuesta en los sellos participativos se alinea con la agricultura de precisión al promover prácticas de bajo impacto, incrementar la productividad y disminuir la aplicación indiscriminada de agroquímicos. De esta manera, la articulación entre instrumentos comunitarios como los sellos participativos y la adopción de tecnologías de precisión

configura un camino viable para armonizar la sostenibilidad ambiental con la competitividad agrícola en territorios de páramo.

Para Colombia la Agencia de Noticias de la Universidad Nacional (2022) indica que la agricultura de precisión se ha venido usando en Colombia en el Valle Cauca y en regiones donde se cultivan palma aceitera y oleaginosas en la altillanura, su implementación permite identificar cambios en los cultivos; generar mapas de estrés de las plantas, por alteraciones climáticas o riego insuficiente y dosificación de nutrientes; recopilar información del estado del cultivo y su evolución frente a parámetros establecidos para tomar decisiones, su uso ha permitido ahorrar recursos, hacer eficiente la producción agrícola y generar progreso en el sector.

Según AGRONET (2022), la agricultura de precisión se perfila como una estrategia más eficiente y amigable con el medio rural, un ejemplo de esto es lo que ha venido sucediendo en cultivos del Valle y Cundinamarca, frente al uso del agua en el riego de cultivos, un elemento fundamental al momento de conservar los páramos.

Con una bomba de espalda, como las que utilizan los trabajadores en algunos cultivos, se usan 200 litros de agua por hectárea en una siembra bajita; en promedio, una persona puede hacer 10 aplicaciones con un esfuerzo físico de entre 6 y 8 horas, ya que cada bomba puede contener solo 20 litros. En contraste, con un dron esta actividad se puede reducir a 1 hectárea en 5 minutos usando 3 litros de agua (p. sp).

Por último, frente al uso de fertilizantes AGRONET (2022) es clara al afirmar que con la agricultura de precisión se racionaliza su uso, no es necesario realizar una aplicación homogénea a todo el cultivo sino que se puede determinar las necesidades específicas de cada parte del cultivo, hasta llegar a dosificar según la necesidad.

## Discusión

### Potencial de adaptación tecnológica en los páramos CAR

A partir de los resultados anteriores, la discusión se orienta a interpretar el potencial de estas experiencias y tecnologías para la realidad específica de los páramos de la jurisdicción CAR cundiboyacense.

Estos dos ejemplos permiten pensar cómo los desarrollos tecnológicos que se han venido gestando en el país pueden ser adaptados a las condiciones particulares de los páramos del territorio CAR cundiboyacense, como una manera de fortalecer la reconversión productiva. En este sentido es posible explorar la manera de utilizar la agricultura de precisión en los cultivos de papa y cebolla predominantes en el territorio y las explotaciones pecuarias y acuícolas que son base fundamental de la economía del territorio.

También es necesario pensar en el uso de elementos de control de plagas y malezas de origen biológico que, en su proceso de degradación, sean inocuos para el medio ambiente, aunado a un manejo responsable de los mismos. Asimismo, se deben implementar buenas prácticas en el uso de fertilizantes, estableciendo las necesidades reales del suelo y del cultivo, y promoviendo productos de origen natural con sellos verdes. Esto permite cuidar el suelo, proteger las fuentes hídricas y obtener productos que pueden ser comercializados con valor agregado.

### Tensiones entre normatividad, reconversión productiva y realidad territorial

La discusión también pone de relieve las tensiones entre el marco normativo existente, las exigencias de reconversión productiva y frente a la manera de explotar los territorios que persisten en los páramos.

Sin lugar a duda, la Ley 1930 de 2018 se encargó de armonizar la realidad existente en Colombia, donde las diferentes actividades antrópicas han transformado los páramos. El propósito de la ley no es prohibir de manera absoluta las actividades legales que las comunidades desarrollan en estos ecosistemas protegidos —como la ganadería, la agricultura y el turismo de bajo impacto—, que en su misma concepción son legales y constituyen una fuente de ingresos para su subsistencia. Ante esta realidad, la CAR y otras instituciones del orden nacional y regional, públicas, privadas o mixtas, han venido trabajando en soluciones integrales que permitan preservar estos ecosistemas estratégicos, al tiempo que reconocen la realidad de las comunidades asentadas en dichos territorios.

Las evidencias demuestran que es posible desarrollar procesos de transformación productiva si se realizan a partir del reconocimiento del territorio, el diálogo permanente con las comunidades y la articulación de diferentes actores. Lo realizado en el lago de Tota y en el municipio de La Cruz, Nariño, es una muestra de ello. También es claro que estos procesos no se dan sin una planeación adecuada ni sin la asignación de recursos por parte de las entidades participantes. Como todo proceso de cambio, requieren de una ardua gestión encaminada a comunicar sus beneficios y acompañar las diferentes etapas. No basta con adaptar los sistemas productivos si no se promueven también procesos de comercialización, aspecto que resulta fundamental para garantizar la sostenibilidad de estas iniciativas, es necesario pensar en la reconversión como una actividad sostenible en el tiempo.

### Implicaciones para la política pública y la acción territorial

Finalmente, los hallazgos permiten plantear implicaciones para la política pública, la acción institucional y las estrategias de desarrollo rural en la jurisdicción CAR.

La adopción de tecnologías productivas, junto con la implementación de buenas prácticas de producción y comercialización en ecosistemas estratégicos, articulada al acompañamiento de instituciones como la CAR y las comunidades, sin lugar a duda se convierte en una vía para reducir las brechas en el desempeño y la sostenibilidad de las actividades agropecuarias. Esto permite establecer estrategias que orienten la oferta institucional del sector, convirtiéndose en un motor capaz de impulsar las transformaciones que requieren los sistemas productivos y el territorio. De igual manera, contribuye a disminuir los conflictos de uso del suelo dentro de la frontera agrícola y, finalmente, mejora la oferta y la calidad de los productos agropecuarios vinculados con la seguridad alimentaria del país, al tiempo que eleva las condiciones de vida de las comunidades que por décadas han ocupado el territorio.

Superar la grave situación que se presenta en los páramos requiere acciones integrales, encaminadas a fortalecer la gobernanza ambiental, garantizar la participación comunitaria en la gestión sostenible y promover tecnologías productivas de bajo impacto. Solo así será posible garantizar la conservación de los páramos, la seguridad hídrica y la resiliencia del territorio frente al cambio climático.

## Conclusiones

En síntesis, las actividades antrópicas desarrolladas en los páramos del territorio CAR refleja un problema estructural, que se ha venido acrecentando con el paso de los años, derivado de prácticas agropecuarias intensivas, minería y deforestación, estas actividades han desbordado los límites de la normatividad existente, que aunque orientada a regular y proteger, no ha logrado frenar de manera efectiva el uso indiscriminado y la llegada de nuevos actores al territorio. Sin embargo, las experiencias de reconversión productiva en territorios como el lago de Tota y La Cruz (Nariño) muestran que es posible transformar los sistemas tradicionales hacia modelos sostenibles cuando se articulan comunidad e instituciones, con un objetivo concreto a través de una planeación y asignación de recursos adecuada.

En este camino, la agricultura de precisión emerge como un pilar estratégico capaz de optimizar el uso de recursos, reducir la aplicación de agroquímicos y fortalecer la productividad sin ampliar la frontera agrícola. No obstante, su éxito depende de consolidar una gobernanza ambiental inclusiva que integre el conocimiento científico con los saberes locales, y que coloque a las comunidades campesinas en el centro de la gestión sostenible de los páramos como garantes de la seguridad hídrica y alimentaria del país. Es fundamental continuar los procesos de investigación tendientes a evaluar los procesos de reconversión productiva en aquellos ecosistemas protegidos, entre estos los páramos, con el fin de replicar aquellos procesos exitosos y establecer planes de mejora para aquellos que no generen los resultados esperados, adicionalmente, indagar sobre la adopción de sistemas productivos que integren agricultura de precisión como una forma de minimizar el impacto de los procesos productivos y a la vez generar mayor eficiencia a nivel productivo.

Entre las principales limitaciones de este trabajo se encuentra que el abordaje no es sistemático ni cuantitativo, la síntesis depende de la disponibilidad idiomática y cobertura temática de las bases consultadas. Los resultados son propositivos y argumentativos y deben leerse como una contribución conceptual que orienta futuras líneas de indagación y práctica.

## Declaración de Conflictos de Interés

No declaran conflictos de interés.

## Contribución de autores

Los autores declaran haber contribuido de forma equitativa al trabajo.

## Financiamiento

Ninguno.

## Referencias

- Agencia de Información del Sector Agropecuario (AGRONET). (2022, 24 de octubre). *Agricultura de precisión, más eficiente y amigable con el campo*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. <https://agronet.gov.co/noticias/agricultura-de-precision-mas-eficiente-y-amigable-con-el-campo>
- Agencia de Noticias UNAL. (2022). *Agricultura de precisión, más eficiente y amigable con el campo*. Agencia UNAL. <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/agricultura-de-precision-mas-eficiente-y-amigable-con-el-campo>
- Agencia de Noticias UNAL. (2024, octubre 9). *¿Colombia será capaz de salvar sus páramos de la extinción?* Agencia UNAL. <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/colombia-sera-capaz-de-salvar-sus-paramos-de-la-extincion>
- Alliance Bioversity International, & Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (s. f.). *Agricultura de precisión: un manejo eco-eficiente de cultivos para la altillanura colombiana*. Alliance Bioversity–CIAT. <https://alliancebioversityciat.org/es/stories/agricultura-de-precision-un-manejo-eco-eficiente-de-cultivos-para-la-altillanura-colombiana>
- Banco Mundial. (2021). *Delimitación y protección de los 37 páramos de Colombia (Informe)*. Banco Mundial. [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Ambiente/Medida\\_22\\_P%C3%A1ramos.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Ambiente/Medida_22_P%C3%A1ramos.pdf)
- Bateman, J., Clavijo, J., & Carvajal, I. (2024, octubre 9). *Retos de la conservación y restauración de páramos en escenarios de cambio climático en Colombia*. Revista Nova et Vetera, 10(92). <https://ursario.edu.co/revista-nova-et-vetera/columnistas/retos-de-la-conservacion-y-restauracion-de-paramos-en-escenarios-de-cambio>
- Burbano-Girón, J., Molina Berbeo, M. A., Gutiérrez Montoya, C & Ochoa-Quintero, J. M. (2020). *Estado de conservación de los páramos en Colombia*. En: Moreno, L. A., Andrade, G. I., Didier, G & Hernández-Manrique, O.L. (Eds.). *Biodiversidad 2020. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 112p. <https://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2020/cap1/101/#seccion9>
- Calderón-Riaño, Diomar Elena, & Pérez-Montenegro, Carlos Norberto. (2018). *Simulación e implementación de prácticas agrícolas en la comunidad de La Gabriela en Medellín-Colombia*. *Producción + Limpia*, 13(1), 7-18. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552018000100007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552018000100007&lng=en&nrm=iso)
- Chaparro Orozco, Ángel A., & López Rodríguez, C. E. (2017). *El COPOAZÚ Y LOS NEGOCIOS INCLUSIVOS: una estrategia socioeconómica en Florencia, Caquetá (Colombia)*. *Cooperativismo & Desarrollo*, 26(112). <https://doi.org/10.16925/co.v25i112.2034>
- Congreso de la República de Colombia. (2018, 27 de julio). *Ley 1930 de 2018: Por la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia*. Diario Oficial No. 50.669. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87764>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. (2023, 2 de agosto). *CAR y 43 municipios firman histórico pacto para la conservación y manejo sostenible de los páramos*. CAR. [https://www.car.gov.co/saladeprensa/car-y-43-municipios-firman-histo-rico-pacto-para-la-conservacio-n-y-manejo-sostenible-de-los-pa-ramos#:~:text=Los%20seis%20complejos%20de%20p%C3%A1ramos,Inversi%C3%B3n:%20\\$2.664%20millones](https://www.car.gov.co/saladeprensa/car-y-43-municipios-firman-histo-rico-pacto-para-la-conservacio-n-y-manejo-sostenible-de-los-pa-ramos#:~:text=Los%20seis%20complejos%20de%20p%C3%A1ramos,Inversi%C3%B3n:%20$2.664%20millones)

- El Tiempo. (2023, 4 de junio). Páramos: así los afecta el cambio climático, minería, agricultura y conflicto. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/páramos-asi-los-afecta-el-cambio-climatico-mineria-agricultura-y-conflicto-791673>
- Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*, 327(5967), 828–831. <https://doi.org/10.1126/science.1183899>  
[https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/indicadores\\_de\\_consumo\\_de\\_agua\\_y\\_energia\\_electrica\\_-\\_bogota\\_d.c.\\_2020\\_vf.pdf](https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/indicadores_de_consumo_de_agua_y_energia_electrica_-_bogota_d.c._2020_vf.pdf)
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (s. f.). *Páramos como socio-ecosistemas: Bases para la gobernanza ambiental y la conservación comunitaria* [Documento institucional]. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- International Society for Precision Agriculture. (2022). *Definitions of precision agriculture*. ISPA. <https://www.grap.udl.cat/en/presentacio/que-fem/definicions-agricultura-de-precisio/index.html>
- Küster, A. (2021). Agriculturas más sostenibles en condiciones del semiárido: experiencias en el Estado Ceará, Nordeste del Brasil / / \ \ \ More sustainable agriculture in semi-arid conditions: experiences in the State of Ceará, Northeast Brazil. *TERRA: Revista De Desarrollo Local*, (8), 22–43. <https://doi.org/10.7203/terra.8.18527>
- López-Quintana, J. M. (2019). Valoración de los conocimientos y prácticas culturales de la agricultura ancestral relacionados a las prácticas agrícolas sostenibles en la comunidad de Nahuizalco. *Entorno*, (68), 60–70. <https://doi.org/10.5377/entorno.v0i68.8446>
- Masbosques. (2024). El Fenómeno del Niño en Colombia: Retos y oportunidades para la sostenibilidad. <https://masbosques.org/fenomeno-del-nino-en-colombia/>
- Meneses-Buitrago, D. H., Bolaños-Benavides, M. M., Cortés-Delgadillo, D. L., Bejarano-Herrera, W. F., Rodríguez-Puertas, D., Bacca-Acosta, P. P., Ríos-Pena, L. M., Ramos-Zambrano, H. S., López-Rendón, J. F., Borja-Tintinago, J. J., Ortega-Cepeda, M. C., Luna-Mancilla, L. T., Chavarro-Rodríguez, C. L., Bohórquez-Andrade, E., Pantoja-Espinosa, D. C., & Martínez-Camelo, F. E. (2024). Reconversión productiva en el municipio de La Cruz, Nariño, Colombia. Sostenibilidad y adaptación a la variabilidad y cambio climático en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (agrosavia). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7407310>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018, julio 18). Resolución 261 de 2018: Por medio de la cual se define la Frontera Agrícola Nacional y se adopta la metodología para la identificación general. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Resoluci%C3%B3n%20No%20000261%20de%202018.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (2010). Mecanismo de información de páramos, <https://www.minambiente.gov.co/>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (2021, diciembre 11). “Tenemos el 50 % de los páramos del mundo”: ministro de Ambiente en el Día de las Montañas. MinAmbiente. <https://www.minambiente.gov.co/tenemos-el-50-de-los-paramos-del-mundo-ministro-de-ambiente-en-el-dia-de-las-montanas/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Política nacional de cambio climático (L. G. Murillo, Min.; M. Florián Buitrago, G. A. Pabón Restrepo, P. A. Pérez Álvarez, M. Rojas Laserna, & R. Suárez Castaño, Eds.). Bogotá, D. C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/9.-Política-Nacional-de-Cambio-Climatico.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2025, agosto 21). Páramos: Histórico proyecto por más de \$12 mil millones. MinAmbiente. <https://www.minambiente.gov.co/historico-proyecto-paramos-centro-pais/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s. f.). *Lineamientos para la gestión integral de los ecosistemas de páramo en Colombia* [Documento técnico]. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Molina, M. (2024). Desarrollo Sostenible y Competitividad: El Impacto de la Certificación Orgánica en la Exportación de Productos Agrícolas de Pequeña Escala en Ecuador. *Sapientia Technological*, 5(2), 26–32. [https://www.researchgate.net/publication/382393716\\_Development\\_Sustainable\\_and\\_Competitiveness\\_The\\_Impact\\_of\\_Organic\\_Certification\\_in\\_the\\_Exportation\\_of\\_Agricultural\\_Products\\_of\\_Small\\_Scale\\_in\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/382393716_Development_Sustainable_and_Competitiveness_The_Impact_of_Organic_Certification_in_the_Exportation_of_Agricultural_Products_of_Small_Scale_in_Ecuador)
- Morales, M., Otero, J., Van der Hammen, T., Torres, A., Cadena, C., Pedraza, C., Rodríguez, N., Franco, C., Betancourth, J. C., Olaya, E., Posada, E., & Cárdenas, L. (2007). Atlas de páramos de Colombia (208 p.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/35044>
- Moreno S., N., (2016). La agricultura sostenible un reto para la microbiología del suelo. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), 5–6. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.57828>
- Nicholls, C. I., Henao, A., & Altieri, M. A. (2017). Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología*, 10(1), 7–31. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300711>
- Parlamento Europeo. (2014). *Precision agriculture: An opportunity for EU farmers – Potential support with the CAP 2014–2020* (Study IP/B/AGRI/IC/2013\_095). European Parliament. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2014/529049/IPOL-AGRI\\_NT\(2014\)529049\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2014/529049/IPOL-AGRI_NT(2014)529049_EN.pdf)
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2023). Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP: ¿Qué es el Sistema Nacional de Áreas Protegidas? Parques Nacionales Naturales de Colombia. <https://old.parquesnacionales.gov.co/portal/es/sistema-nacional-de-areas-protegidas-sinap/>
- Peña, K., Rodríguez, J. C., Olivera, D., Fuentes, P. F., & Melendez, J. F. (2016). Prácticas agrícolas sostenibles que incrementan los rendimientos de diferentes cultivos en Sancti Spíritus, Cuba. *Agronomía Costarricense*, 40(2). <https://doi.org/10.15517/rac.v40i2.27391>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2023). *Reconversión productiva y desarrollo rural sostenible en ecosistemas de páramo* [Informe técnico]. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

- Ramírez Gómez, J. C., & Rodríguez Erazo, N. (2024). Evaluación de la vulnerabilidad del complejo de páramos Pisba (Boyacá) frente al uso del suelo usando SIG y AHP. *Revista Colombiana de Geografía*, 33(2), 566–583. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v33n2.104501>
- Rizo-Mustelier, M., Vuelta-Lorenzo, D. R., & Lorenzo-García, A. M. (2017). Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad. *Ciencia en su PC*, (2), 106-120. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181351615008/html/>
- Roa Peña, D. E., Parada Rodríguez, N., & Rodríguez Vásquez, R. A. (2023). Lineamientos estratégicos para una gestión agropecuaria sostenible en el marco del cambio climático en el páramo de Guerrero, Cogua, Cundinamarca, Colombia. *Naturaleza y Sociedad. Desafíos Medioambientales*, 6, 193-221. <https://doi.org/10.53010/nys6.07>
- Rodríguez, A., Martínez, L., & Herrera, P. (2022). *Reconversión productiva sostenible en la cuenca del lago de Tota* [Informe técnico]. Autor. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-agrosavia. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7405217>
- Rodríguez, J., Canto Sáenz, M., & Julca Otiniano, A. (2017). Sostenibilidad ecológica de la producción agropecuaria tradicional de Carhuaz, Áncash, Perú. *Aporte Santiaguino*, 8(2), 219–228. <https://doi.org/10.32911/as.2015.v8.n2.227>
- Rojas-Ramírez, Diego Alejandro, Varela-Benavides, Ingrid, Guzmán-Hernández, Tomas, & Martínez-Camelo, Fabian Enrique. (2024). Reconversión agroecológica de páramos en Colombia: propuesta de herramienta para clasificar fincas. *Revista Tecnología en Marcha*, 37(1), 27-39. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v37i1.6510>
- Ruiz O., D. M., Martínez I., J. P., & Figueroa C., A. (2015). Agricultura sostenible en ecosistemas de alta montaña. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1), 129–138. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612015000100015&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612015000100015&lng=en&tlng=es)
- Secretaría Distrital de Planeación. (2021). Indicadores de consumo de agua y energía eléctrica: Bogotá D. C. 2020. Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C. [https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/indicadores\\_de\\_consumo\\_de\\_agua\\_y\\_energia\\_electrica\\_-\\_bogota\\_d.c.\\_2020\\_vf.pdf](https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/indicadores_de_consumo_de_agua_y_energia_electrica_-_bogota_d.c._2020_vf.pdf)
- Secretaría General de la Comunidad Andina. (2010, 9 de marzo). *Identifican prioridades relacionadas a conservación de páramos andinos*. Comunidad Andina. <https://www.comunidadandina.org/notas-de-prensa/identifican-prioridades-relacionadas-a-conservacion-de-paramos-andinos/>
- Secretaría General de la Comunidad Andina. (2012). *Gestión ambiental y desarrollo sostenible en los países andinos* [Informe regional]. Comunidad Andina. <https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/OtrosTemas/MedioAmbiente/revista9.pdf>
- Sistema de Información Ambiental de Colombia. (2020). Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). <https://www.siac.gov.co/>
- Tobón Marín, C. (2025, 13 de agosto). *El 60 % de los páramos colombianos están invadidos por la agricultura y la ganadería*. Periódico UNAL. <https://periodico.unal.edu.co/articulos/el-60-de-los-paramos-colombianos-estan-invadidos-por-la-agricultura-y-la-ganaderia>
- Vásquez Barrera, Y., & Moreno-Hernández, M. E. (2025). Sembrando Futuros Sostenibles a través de la Educación Agrícola en Comunidades Rurales. *Telos: Revista De Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, 27(1), 351-367. <https://doi.org/10.36390/telos271.19>

### Anexo 1 Agricultura sostenible en páramos: ejes y métricas operativas

La siguiente tabla sintetiza prácticas clave, beneficios esperados y métricas de seguimiento para operativizar la agricultura sostenible en ecosistemas de páramo. Se recomienda ajustar metas a la línea de base local por cultivo y altitud.

**Tabla 1.**

Ejes, prácticas y métricas para agricultura sostenible en páramos

Eje	Práctica clave	Beneficio esperado	Cómo se mide	Unidad	Meta de referencia (ejemplo)
Suelo-agua	Coberturas vivas y terrazas	Menor erosión y mayor infiltración	% de cobertura del suelo; pérdida de suelo estimada; infiltración en campo	%; t/ha-año; mm	≥ 60% cobertura; ≤ 5 t/ha-año; +10% infiltración
MIP / Bioinsumos	Control biológico y biofertilización	Menos agroquímicos con rendimiento estable	Ingrediente activo aplicado; rendimiento del cultivo; reducción de nitrógeno químico	kg IA/ha; t/ha; %	≤ 50% del IA base; ≥ rendimiento base; -30% N químico
Agroecología	Diversificación y uso de semillas nativas	Mayor resiliencia climática y estabilidad productiva	Índice de diversidad de cultivos (Shannon o n° de especies); % de semilla nativa	índice; %	Índice ≥ 1.0 (o ≥ 3 cultivos); ≥ 50% semilla nativa
BPA / Certificación	Buenas Prácticas Agrícolas y/o sello	Acceso a mercados y mejores ingresos	Cumplimiento de listas de verificación; ventas con certificación	%; % o \$	≥ 80% cumplimiento; ≥ 20% ventas certificadas
Agricultura de precisión	Sensores, drones, mapas NDVI	Menor uso de agua e insumos; mayor eficiencia	Consumo de riego; coeficiente de variación en dosis NPK; NDVI promedio de lotes	m³/ha; %; índice (0–1)	-20% agua vs. base; CV ≤ 15%; NDVI ≥ 0.65

Notas. MIP: Manejo Integrado de Plagas; IA: Ingrediente Activo; NDVI: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada; CV: coeficiente de variación en dosis (uniformidad de aplicación). 'Base' se refiere a la línea de base local.