

Lineamientos estratégicos para una gestión agropecuaria sostenible en el marco del cambio climático en el páramo de Guerrero, Cogua, Cundinamarca, Colombia*

David Esteban Roa Peña**

Universidad del Rosario (Colombia)

Nathalia Parada Rodríguez***

Universidad del Rosario (Colombia)

Robinson Alexis Rodríguez Vásquez****

Universidad del Rosario (Colombia)

Recibido: 30 de enero de 2023 | Aceptado: 27 de junio de 2023

<https://doi.org/10.53010/nys6.07>

Resumen. Actualmente, las actividades agropecuarias que no son sostenibles producen impactos negativos en las dinámicas ambientales y generan transformaciones significativas en el páramo de Guerrero, ubicado en Cogua, Cundinamarca. Asimismo, la inadecuada gestión

* El presente artículo se deriva del proyecto final de la maestría en Derecho y Gestión Ambiental de la Universidad del Rosario (Colombia). El estudio se desarrolló dentro del páramo de Guerrero en el municipio colombiano de Cogua, Cundinamarca. El proyecto fue financiado por recursos propios y apoyo logístico de la Alcaldía del municipio de Cogua. Las personas encuestadas dieron su consentimiento informado a participar en el presente estudio.

** Ingeniero ambiental de la Universidad el Bosque (Colombia), especialista en Derecho Ambiental y magíster en Derecho y Gestión Ambiental de la Universidad del Rosario (Colombia). Contribución específica en la elaboración del artículo: diseño de investigación, trabajo de campo y análisis de datos, redacción y revisión del manuscrito. davidroa14@hotmail.com

*** Politóloga, especialista en Derecho Ambiental y magíster en Derecho y Gestión Ambiental de la Universidad del Rosario (Colombia). Contribución específica en la elaboración del artículo: diseño de investigación, trabajo de campo, redacción y revisión del manuscrito. nathalia.parada@outlook.com

**** Ingeniero químico egresado de la Universidad de América (Colombia), especialista en Manejo Integrado del Medio Ambiente y doctor en Ingeniería de la Universidad de los Andes (Colombia). Contribución específica en la elaboración del artículo: diseño de investigación, análisis de datos, escritura y revisión del manuscrito. robinsoni@hotmail.com

en el uso de los recursos naturales ha llevado a la fragmentación drástica del paisaje y la pérdida de coberturas vegetales nativas, como el frailejón, que es fundamental para el abastecimiento hídrico. Para abordar esta problemática, la metodología empleada en este estudio fue la investigación acción participativa (IAP) y el diagnóstico rural participativo (DRP), así como el método mixto, con un periodo de estudio documental de los últimos 15 años. Además, se realizaron visitas de campo en el año 2022 que permitieron identificar que, de los 19 hogares encuestados (25% de la población), 16 se dedican al cultivo de papa, 15 realizan actividades de agricultura y ganadería; y 12 desconocen los impactos del cambio climático. Con base en todo lo anterior, se encontró que, de no frenar el crecimiento de la frontera agropecuaria y realizar actividades sostenibles de manera urgente, la producción de agua podría verse disminuida en cerca de 12500000 m³ al año (volumen equivalente al consumo anual de cerca de 197000 personas) y, según el punto de inflexión proyectado, dicha pérdida en la producción podría llegar a ser de alrededor de 287000000 m³ para el año 2044 (equivalente aproximado del consumo anual de 4000000 de personas). A partir de lo anterior, el planteamiento de actividades agropecuarias sostenibles con un enfoque desde la gobernanza ambiental puede proveer escenarios de solución a esta problemática y, en esa línea, proponemos algunos lineamientos para una gestión sostenible de las actividades agropecuarias en el páramo de Guerrero, que apuntan, por un lado, al desarrollo de actividades sostenibles y, por otro, a la puesta en marcha de acciones para la adaptación y mitigación del cambio climático.

Palabras claves: agricultura, cambio climático, comunidades paramunas, ganadería, gobernanza, páramo, sostenibilidad

Strategic Guidelines for Sustainable Agricultural Management in the Context of Climate Change in Páramo de Guerrero, Cagua, Cundinamarca, Colombia

Abstract. Current unsustainable agricultural practices are having detrimental effects on environmental dynamics and causing significant transformations in páramo de Guerrero, in Cagua, Cundinamarca, Colombia. At the same time, inadequate management of natural resources has led to a drastic fragmentation of the landscape and the loss of native vegetation cover, particularly the *frailejón*, which plays a crucial role in water supply. To address this issue, we employed a participatory action research (PAR) and participatory rural diagnosis (PRD) methodology, combined with a mixed-method approach, including a documentary study spanning the last 15 years. Field visits conducted in 2022 allowed us to identify that out of the 19 surveyed households (25% of the population), 16 are engaged in potato cultivation, 15 are involved in crop and livestock production activities, and 12 are unaware of the impacts of climate change. Based on all the findings, it was discovered that if the expansion of crop and livestock areas is not curtailed and urgent sustainable practices are not adopted, water production could be reduced by approximately 12.5 million m³ per year (equivalent to the annual consumption of about 197 thousand people). According to the projected tipping point, this production loss could reach around 287 million m³ by the year 2044 (approximately equivalent to the annual consumption of 4 million people). Expanding on the knowledge gained, the adoption of sustainable agricultural practices in alignment with environmental governance presents feasible resolutions to

this issue. Thus, we present essential principles for the sustainable oversight of agricultural endeavors in páramo de Guerrero. These guidelines are designed to promote sustainable practices while also implementing strategies for climate change adaptation and mitigation.

Keywords: agriculture, climate change, governance, livestock, páramo, páramo communities, sustainability

Diretrizes estratégicas para o manejo sustentável da agropecuária no contexto das mudanças climáticas no páramo de Guerrero, Cogua, Cundinamarca, Colômbia

Resumo. Atualmente, as atividades agropecuárias que não são sustentáveis têm impactos negativos na dinâmica ambiental e geram transformações significativas no páramo Guerrero, localizado em Cogua, Cundinamarca, Colombia. Da mesma forma, a gestão inadequada do uso dos recursos naturais levou à fragmentação drástica da paisagem e à perda da cobertura vegetal nativa, como o frailejón que é fundamental para o abastecimento de água. Para abordar esse problema, a metodologia usada neste estudo foi a pesquisa-ação participativa e a avaliação rural participativa, bem como o método misto, com um período de estudo documental nos últimos 15 anos. Além disso, foram realizadas visitas de campo em 2022, que identificaram que, das 19 famílias pesquisadas (25% da população), 16 estão envolvidas no cultivo de batata, 15 estão envolvidas em atividades agrícolas e pecuárias e 12 não têm conhecimento dos impactos das mudanças climáticas. Com base no exposto, constatou-se que, se o crescimento da fronteira agrícola não for interrompido e as atividades sustentáveis não forem implementadas com urgência, a produção de água poderá ser reduzida em cerca de 12.500.000 m³ por ano (equivalente ao consumo anual de cerca de 197 mil pessoas) e, de acordo com o ponto de inflexão projetado, essa perda de produção poderá chegar a cerca de 287.000.000 m³ até o ano de 2044 (equivalente ao consumo anual de 4 milhões de pessoas). Com base no exposto, a abordagem de atividades agropecuárias sustentáveis com foco na governança ambiental pode fornecer cenários de solução para esse problema e, nesse sentido, propomos algumas diretrizes para o manejo sustentável das atividades agrícolas no páramo de Guerrero, que visam, por um lado, desenvolver atividades sustentáveis e, por outro, implementar ações para a adaptação e a mitigação das mudanças climáticas.

Palavras-chave: agricultura, comunidades de páramo, governança, mudança climática, páramo, pecuária, sustentabilidade

Introducción

Los páramos son un ecosistema estratégico por su importancia hídrica, y Colombia posee el 50 % de estos en el mundo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2021). Asimismo, es un ecosistema exclusivo de las cumbres de regiones tropicales de Centro y Sudamérica, Asia, África y Oceanía. Por ende, la topografía, la historia geológica y evolutiva del lugar, su posición geográfica y latitud son factores determinantes en la localización altitudinal de los páramos. Su límite inferior varía

entre los 3000 y 4000 m s. n. m., de acuerdo con la humedad, precipitación y temperatura media anual local.

En Colombia, los páramos se localizan en los tres ramales de la cordillera de Los Andes (occidental, central y oriental) y en la Sierra Nevada de Santa Marta, cubriendo un área de 14.434 km², 1,3% de la extensión del país (Morales-Betancourt y Estévez-Varón, 2006).

Estos ecosistemas son altamente vulnerables a las actividades antrópicas y cambios en la temperatura, debido a su baja resistencia y capacidad de recuperación. Vargas y Ávila (2018) mencionan que los efectos del cambio climático generan perturbaciones en el balance hídrico y el almacenamiento de carbono en los suelos por el aumento de la temperatura que, sumado al pastoreo, quemadas y precipitaciones, puede conllevar la degradación acelerada de los suelos.

El deterioro de los páramos de Colombia a lo largo de los años, producto de prácticas inadecuadas, en especial de las actividades agropecuarias (agricultura y ganadería), ha generado perturbaciones en los servicios ecosistémicos ofrecidos por el páramo, especialmente en la disponibilidad de agua. De acuerdo con lo anterior, en Colombia la Ley 1930 de 2018 (sobre la gestión integral de los páramos) ha reglamentado este tipo de actividades, estableciendo que en ellos solo se permitirán actividades de bajo impacto y ambientalmente sostenibles.

No obstante, la agricultura en páramo se ha intensificado, especialmente con el cultivo de papa, que altera la estructura de la fauna edáfica (organismos biológicos presentes en el suelo, favorables a la fertilidad), disminuyendo su cantidad, composición y riqueza (Casasbuenas Poveda y Estupiñán Bravo, 2007). Asimismo, la agricultura se asocia con el cambio del uso de suelo, la remoción de vegetación nativa, la deforestación y la contaminación del agua, resultado del indebido uso de agroquímicos.

De igual forma, las prácticas intensivas pueden anular la resiliencia del ecosistema y, así, conducirlo hasta su potencial punto de inflexión, tras el cual su recuperación es inviable. Thompson (2011) menciona que el estado de un ecosistema se define con base en su composición florística dominante y su estructura esperada en un lugar determinado. Así, un cambio en estos aspectos provocaría la pérdida de resiliencia, caracterizada por una modificación parcial o total que da origen a otro tipo de ecosistema. Tyagi y Humar (2022) hacen referencia al límite crítico de tolerancia en que un sistema puede soportar alteraciones o perturbaciones. Una vez superado dicho límite (o punto de inflexión), rara vez puede el ecosistema recuperar su estado original, pues cualquier cambio posterior ocasiona una respuesta fuertemente no lineal dentro de la dinámica interna del sistema.

Vargas-Chavez *et al.* (2020) mencionan que la agricultura, el pastoreo y el arado generan erosión en el suelo del páramo, lo cual reduce su fertilidad, limita el crecimiento

de fauna y disminuye la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes. Asimismo, León Rodríguez (2011) menciona que en el páramo de Guerrero entre 1940 y 2007 (67 años) se perdieron 825 ha de cobertura compuesta principalmente por gramíneas y plantas arrosetadas, como los frailejones, de las cuales 740 ha están asociadas a actividades agropecuarias.

Sguerra *et al.* (2011) indican que los servicios ecosistémicos del páramo de Guerrero influyen significativamente en el funcionamiento de las dinámicas socioeconómicas y ambientales del área que ocupa en Cundinamarca, ya que permiten el aprovisionamiento y regulación del agua para los habitantes.

En este sentido, Greenpeace (2013) y Llambí *et al.* (2012) establecen que un metro cuadrado de suelo de páramo puede producir un litro de agua al día, por lo que la importancia del páramo se vuelve estratégica en Colombia. A este respecto, resalta la ciudad de Bogotá, con un promedio de consumo diario por persona de 0,173 m³ de agua, cuya principal fuente hídrica proviene de estos ecosistemas (Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá [SDP], 2020).

En un estudio realizado por Pomboza Tamaquiza y Parco-Asitimbay (2022) en el páramo del suroeste de Tungurahua (Ecuador), se evidenció que las prácticas ganaderas redujeron la cobertura vegetal natural y afectaron los procesos de reforestación, por la alta demanda de recursos. De igual forma, Chunchu Morocho y Chunchu (2019) indican que en los páramos se está generando erosión y una reducción en la capacidad de retención de agua, debido a su fragilidad y los cambios en los usos del suelo por la agricultura.

La tercera Comunicación Nacional de Colombia sobre la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) determina que para reducir la deforestación y la degradación en los ecosistemas clave se deben atender los cambios en el uso del suelo y gestionar ecosistemas estratégicos como los páramos, siendo estos una prioridad nacional (Ideam [Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales], 2017).

Un estudio realizado por Castañeda-Martín y Montes-Pulido (2017), dedicado al análisis del carbono orgánico del suelo (COS) en el ecosistema páramo, estimó que, para una profundidad de 0 y 40 cm de suelo, bajo vegetación natural se almacenan aproximadamente entre 119 y 397 toneladas de carbono por hectárea (tC/ha). Esto evidencia que el cambio en el uso del suelo y la pérdida de vegetación contribuyen a la emisión de carbono a la atmósfera y al aceleramiento de los efectos del cambio climático.

Asimismo, Roman *et al.* (2014) resaltan la importancia de conservar los suelos del ecosistema páramo, pues, al ser reservorios de carbono, su protección es estratégica para la absorción de CO₂. La quema de suelos libera carbono a la atmósfera y, con ello,

aumenta la temperatura en las zonas de páramo; además, muchos de los incendios que ocurren en este ecosistema son producto de la adecuación del terreno para ganadería y cultivo.

De otro lado, la gobernanza ambiental (GA) se ha convertido en un mecanismo eficaz para el empoderamiento de las comunidades, a las que sirve en la resolución de problemas ambientales en tanto conservan y hacen un uso sostenible de los recursos naturales, promueven acciones de adaptación a los efectos del cambio climático y exploran las relaciones del poder, la gobernanza y el conocimiento (Kutting y Lipschutz, 2009).

Por lo anterior, se hace necesario ajustar y modificar las prácticas y actividades agropecuarias en el páramo para mitigar la generación de gases de efecto invernadero (GEI) y hacer un uso sostenible de los suelos, coberturas vegetales y recursos hídricos.

El presente artículo de investigación se centrará en proponer una serie de lineamientos estratégicos dirigidos al manejo sostenible de las actividades agropecuarias desarrolladas en el páramo de Guerrero, Cagua, diseñados de manera que tomen en cuenta los impactos del cambio climático y propongan acciones frente a este, al igual que soporten la gestión de la administración municipal.

Materiales y métodos

Área de estudio

El páramo de Guerrero, o el complejo de páramos de Guerrero (CPGUE), se ubica en el departamento de Cundinamarca entre los 3200 y 3780 m s. n. m., comprende 43228 hectáreas de 15 municipios (Carmen de Carupa, Tausa, Zipaquirá, Subachoque, Cagua, Pacho, Susa, San Cayetano, Supatá, Sutatausa, Simijaca, Tabio, Ubaté, Fúquene y Cucunubá) y es uno de los páramos con mayores ensanchamientos y elevaciones del eje occidental de la cordillera Oriental (Colparques, 2022).

El 26% del municipio de Cagua se encuentra en el CPGUE (figura 1), ocupando 3419 hectáreas de páramo, con una población estimada de 261 personas y 77 hogares (Instituto Humboldt [Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt], 2017; DANE [Departamento Administrativo Nacional de Estadística], 2018).

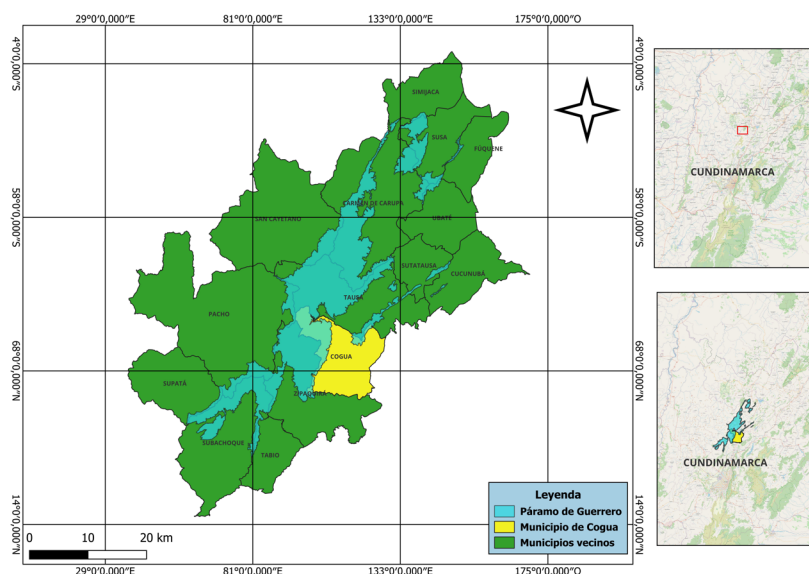


Figura 1. Localización del municipio de Cogua en el páramo de Guerrero. *Fuente:* elaboración propia con base en datos obtenidos de Esri Colombia (2016/2020).

Asimismo, el municipio de Cogua está conformado por 11 veredas: Cardonal, Casa Blanca, Mortiño, Neusa, Patasica, Quebrada Honda, Rincón Santo, Rodamontal, Susagua Alta y Baja, y Páramo Alto.

La presente investigación se desarrolla en la vereda de Páramo Alto debido a su representatividad poblacional e influencia en el páramo de Guerrero, respecto de las otras veredas, en la jurisdicción del municipio de Cogua, como se observa en la figura 2.

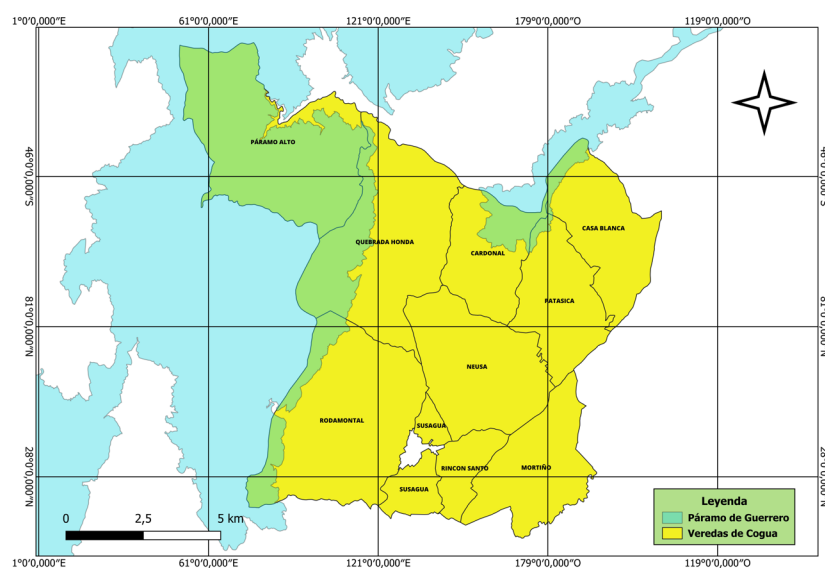


Figura 2. Veredas del municipio de Cogua, Cundinamarca. *Fuente:* elaboración propia con base en datos obtenidos de Esri Colombia (2016/2020).

Metodología

Este artículo se basa en la investigación acción participativa (IAP) propuesta por Fals Borda, que prioriza la producción de conocimiento desde el diálogo con quienes construyen la realidad, lo cual permitirá una aproximación a las dinámicas que se desarrollan en el área de estudio (Calderón y López Cardona, 2013). Asimismo, el diagnóstico rural participativo (DRP) (Sillitoe *et al.*, 2002) plantea el trabajo de campo a través de la interacción con las comunidades para identificar sus necesidades y ayudar a su empoderamiento mediante la gobernanza ambiental.

En línea con lo anterior, se propone un método mixto (Hernández Sampieri *et al.*, 2014) que involucra investigaciones de carácter cuantitativo y cualitativo, utilizando sus fortalezas y minimizando sus debilidades, buscando un alcance holístico en la investigación.

Las técnicas empleadas se soportan en la revisión documental, la observación participante y las encuestas (Malinowski, 1973). Esta última técnica tuvo preguntas cerradas y abiertas, lo que nos permitió integrar en la investigación los comentarios, la percepción, los estilos de vida, las problemáticas y las oportunidades según lo reportado por los encuestados, así como generar espacios de diálogo con la comunidad. De igual manera, se utilizó una técnica de recolección de datos en la que el etnógrafo observa las prácticas de los agentes sociales en situaciones ordinarias (Jociles Rubio, 2018), razón por la que sirvió como un medio adecuado para ejecutar el DRP y la IAP.

Por otra parte, de los 77 hogares constituidos en Páramo Alto, fueron encuestados 19 (un representante por familia) durante las salidas de campo (esto es, el 25% de la población); no obstante, dos de ellos no se incluyeron en el análisis dada la imprecisión de los datos suministrados, lo que podría viciar el resultado (DANE, 2018).

Para plantear la investigación, se realizó un trabajo previo con funcionarios de la Alcaldía de Cogua con el fin de aprovechar sus conocimientos y experiencias en la selección de la zona que sería estudiada y así planear las salidas de campo al páramo de Guerrero (en su jurisdicción), partiendo desde la Alcaldía hasta la zona de la vereda de Páramo Alto, como se observa en la figura 3. Las salidas tenían el propósito, en primer lugar, de realizar acercamientos para establecer relaciones con la comunidad paramuna, reconocer las condiciones del páramo y analizar el grado de intervención producto de las actividades agropecuarias. En segundo lugar, sirvieron para realizar encuestas conducentes al levantamiento de información primaria acerca de las actividades realizadas, percepción de la comunidad e identificación de algunos posibles efectos del cambio climático. Durante la recolección de datos, los pobladores respondieron a la encuesta incluyendo, además, su perspectiva sobre las actividades agropecuarias, lo

que permitió iniciar la estructuración de los lineamientos estratégicos para la gestión sostenible del páramo.

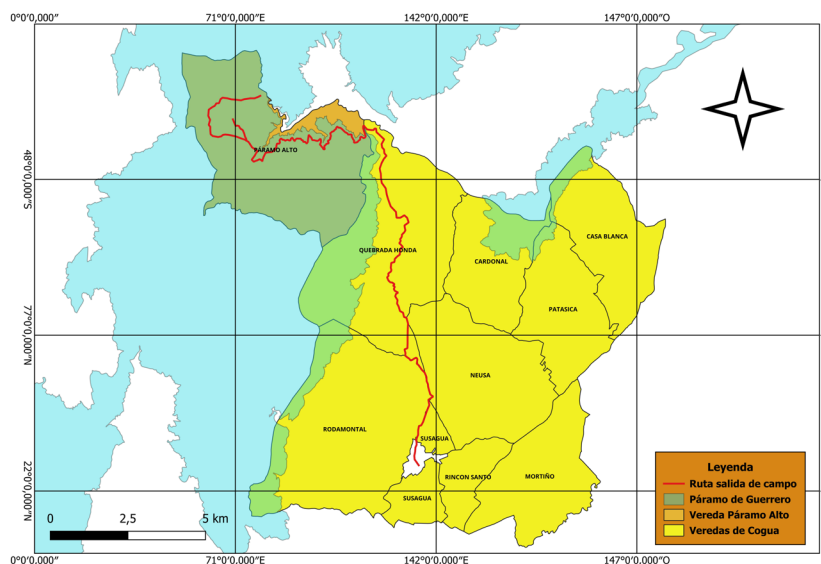


Figura 3. Localización y ruta de la salida de campo, páramo de Guerrero, Cogua, Cundinamarca.
Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos de Esri Colombia (2016/2020).

Tras la recolección de la información en visitas de campo, se tabularon los resultados obtenidos de las encuestas, para depurarlos y validarlos. Con información secundaria, además, se realizó un modelo teórico del comportamiento de las actividades agrícolas en el páramo, mediante el software estadístico de programación R (paquete Rcommander), una interfaz gráfica que genera una regresión lineal donde se representa este comportamiento, utilizando las variables de hectáreas cultivadas de papa (eje Y) frente al tiempo en años (eje X).

Resultados

La transformación del páramo se evidenció en los recorridos en campo. Se observó que las actividades ejercidas son intensivas a tal punto que se identifican mayores extensiones de suelos destinados para actividades agropecuarias que coberturas vegetales nativas de conservación y protección del ecosistema páramo, como se registra en las figuras 4 y 5.



Figura 4. Estado del páramo de Guerrero, Cogua, por la agricultura. Fotografía tomada a los 3200 m s. n. m., 2022. Nótese el cultivo de papa en zona de páramo, con poca presencia de cobertura vegetal nativa; además, se observan otros terrenos destinados para agricultura.
Crédito de la fotografía: David Esteban Roa Peña.



Figura 5. Estado del páramo de Guerrero, Cogua, por la ganadería, 2022. Nótese la presencia del ganado en los límites de las coberturas vegetales del ecosistema páramo.
Crédito de la fotografía: Nathalia Parada Rodríguez.



Figura 6. Límite entre las actividades agropecuarias y la vegetación propia del páramo. Fotografía tomada a los 3200 m s. n. m., 2022. Se evidencian al fondo frailejones y, cerca, la línea agrícola.
Crédito de la fotografía: David Esteban Roa Peña.

La alta intervención del páramo ha generado la pérdida progresiva del ecosistema, así como del bosque alto andino y las especies de frailejones (figura 6), que se encuentran amenazadas y cuentan con protección especial por su importante función de captar el agua presente en la atmósfera. Sumado a lo anterior, la frontera agrícola aumenta cada vez más, reduciendo las coberturas vegetales, con lo cual se genera un detrimento de los servicios ecosistémicos que el páramo ofrece al municipio y al departamento de Cundinamarca. En este sentido, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), menciona que en menos de 20 años el páramo de Guerrero ha perdido más del 30% de su superficie por causa de las prácticas agropecuarias, y, a la vez, produjo la transformación de casi toda la estructura original de la vegetación (CAR, 2012).

Asimismo, en el páramo de Guerrero no solo se realizan actividades agropecuarias, sino que además existen actividades extractivas de carbón, aunque las segundas son de menor escala que las primeras. En una visita de campo se evidenció que a los 3340 m s. n. m. existe minería de carbón que no es de subsistencia, lo cual genera una mayor presión sobre los componentes ambientales del páramo.

Con base en la información obtenida de los 17 hogares encuestados (un representante por familia), 15 hogares se dedican tanto a las actividades de ganadería como a las de

agricultura en zona de páramo, mientras que un hogar realiza actividades de cultivo de papa de manera exclusiva y otro solamente actividades de ganadería para la producción de leche y carne. Se destaca que esta última actividad es la que más ingresos representa para los hogares del páramo.

Es de resaltar que, de los 17 hogares encuestados, los 16 que se dedican a la agricultura de cultivo de papa utilizan agroquímicos tradicionales sin una correcta disposición final, lo que supone una posible contaminación en los cuerpos de agua (superficiales y subterráneos) y en las coberturas vegetales nativas del páramo, así como la emisión de GEI por la presencia de estas sustancias en el aire. Sin embargo, todos los hogares encuestados manifestaron estar dispuestos a sustituir estos agroquímicos por productos que sean menos lesivos con el ambiente, siempre y cuando no les acarree mayores costos de inversión y tiempo de aspersión.

Asimismo, se identificó que el mayor porcentaje de agua utilizado para abastecer las necesidades básicas de las personas y las actividades agropecuarias es captado directamente de los nacimientos en el páramo. Cabe resaltar que, en Páramo Alto, solamente existe un acueducto veredal, que no cuenta con los mantenimientos pertinentes y se encuentra en estado de abandono.

Otro aspecto importante obtenido en campo fue la percepción frente a los efectos del cambio climático, pues se encontró que, si bien 12 de los hogares encuestados manifestaron haber oído hablar del fenómeno, no tienen claridad sobre el mismo ni acerca de sus efectos en el ecosistema. De igual manera, se evidenció que 10 hogares han notado un cambio en el clima durante los últimos años, marcado principalmente por el aumento de la temperatura.

En complemento a lo anterior, 15 hogares manifestaron no conocer, ni haber escuchado acerca de las prácticas silvopastoriles, y 16 hogares no conocen ni han escuchado acerca de los pagos por servicios ambientales. Asimismo, de forma general se evidenció que las personas en el páramo no se sienten apoyadas por las autoridades ambientales ni administrativas.

Según lo encontrado en el páramo de Guerrero y con base en la información secundaria disponible, se planteó un posible modelo teórico estadístico que refleja el comportamiento de la cobertura en hectáreas del cultivo de papa a lo largo del tiempo en relación con las hectáreas disponibles de páramo. Esta estimación no contempla variables relacionadas con los comportamientos socioeconómicos en el páramo, ni los precios relacionados con el cultivo de papa; apenas se atiene a la abstracción del modelo, que busca proyectar el comportamiento del posible aumento de las hectáreas de cultivo de papa en el páramo, si no se establecen medias de manejo sostenible para esta actividad.

De esta forma, mediante la interfaz de Rcommander, se obtuvo una significancia individual de las variables y un R^2 de McFadden de 0,92. Esto nos muestra que el ajuste global de este modelo es muy alto, de tal manera que la variación de las variables independientes explica en un 92% la variación de la dependiente. Con los resultados obtenidos, se construyó la siguiente regresión lineal (figura 7) para hacer las proyecciones:

$$Y = -71748,33 + 35,943(X)$$

Figura 7. Ecuación de la regresión lineal simple. *Fuente:* elaboración propia.

Tras obtener esta ecuación, se generaron las proyecciones del comportamiento del cultivo de papa a medida que pasen los años (figura 8), de lo cual se obtuvo el siguiente comportamiento:

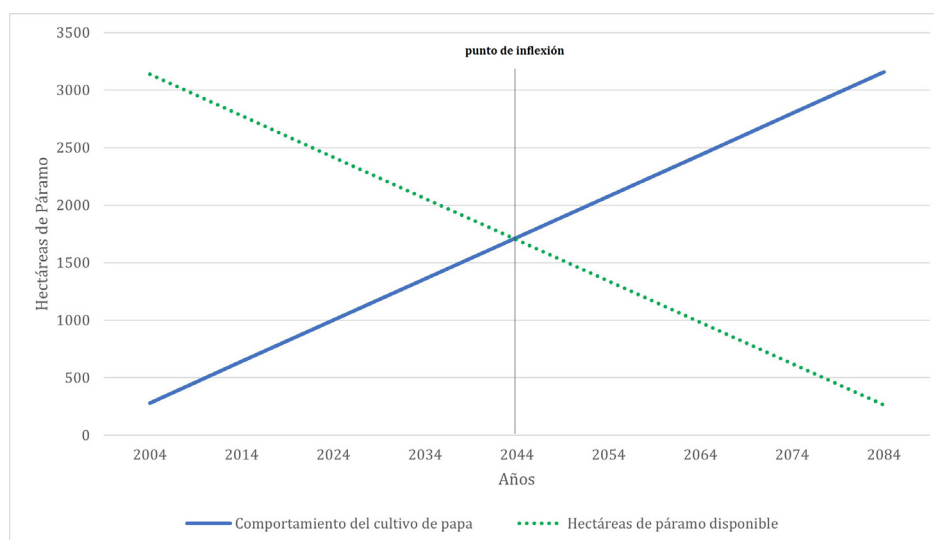


Figura 8. Modelo teórico del comportamiento del cultivo de papa en el páramo de Guerrero en jurisdicción del municipio de Cogua vs. hectáreas disponibles de páramo. La figura muestra el comportamiento del cultivo de papa y su proyección, representada mediante la línea continua azul. La línea punteada verde representa la disponibilidad de hectáreas de suelo del páramo. La línea discontinua negra marca el momento cuando se llegaría a un 50% de transformación del suelo en el páramo por la práctica agrícola, que denominamos *punto de inflexión* y se proyecta para el año 2044. Como puede observarse, a partir de este modelo teórico, el comportamiento del cultivo de papa irá en aumento a medida que pasen los años, ampliándose así la frontera agrícola, si no se implementan estrategias sostenibles en el páramo. *Fuente:* elaboración propia.

De acuerdo con la capacidad de resiliencia referida por Thompson (2011) y el *punto de inflexión* mencionado por Tyagi y Humar (2022), para el año 2044 se plantea que, dado que a partir de entonces las hectáreas de cultivo de papa sobrepasarán las hectáreas disponibles de páramo, se generará un desequilibrio de las dinámicas ecosistémicas, producto de la pérdida de la biodiversidad, de las coberturas vegetales nativas (especialmente del frailejón) y de los servicios ecosistémicos asociados (especialmente el de

producción de agua), lo que implicaría la transformación del páramo en un agroecosistema insostenible.

Además, teniendo en cuenta que un metro cuadrado de suelo de páramo produce un litro de agua por día (Greenpeace, 2013; Llambí *et al.*, 2012), al modificar el suelo de este ecosistema por causa de las actividades agropecuarias, a partir del año 2022 se estarían dejando de producir 12479350 m³ de agua al año, que para 2044 equivaldrían a 287025050 m³ de agua, lo cual representa un volumen importante en lo relacionado con el abastecimiento poblacional, tanto de la zona rural del páramo como de su área urbana.

En este marco y usando como referencia el consumo de un habitante de Bogotá, 0,173 m³/día (SDP, 2020), el agua no producida por el páramo equivale aproximadamente al consumo de 197630 personas al año, que podrían llegar a ser 4545491 personas para 2024. Es pertinente considerar que el municipio de Cogua contaba para el año 2018 con 21102 habitantes (DANE, 2018), por lo que la pérdida de este ecosistema afectaría de manera directa las dinámicas socioculturales y la calidad de vida de la población. Sumado a ello, los efectos del cambio climático pueden acelerar el proceso de pérdida del ecosistema y los resultados podrían llegar a ser más drásticos.

Cabe resaltar que estas proyecciones solo se pudieron realizar sobre las hectáreas de cultivo de papa, debido a su estrecha relación con las hectáreas de páramo. Así pues, al no tener una distribución proporcional a la utilización de las hectáreas de páramo, la variable de ganadería podría generar errores estadísticos al proyectar su comportamiento.

Por otra parte, con el fin de analizar las variables meteorológicas y su relación con el cambio climático se consultaron los parámetros meteorológicos disponibles de los últimos 30 años, aportados por las 8 estaciones meteorológicas ubicadas dentro del páramo y en sus alrededores. Sin embargo, ninguna estación contaba con la información suficiente para realizar un análisis representativo del comportamiento de dichos parámetros.

Finalmente, se evidenció que no hay investigaciones detalladas en el páramo de Guerrero relativas a los efectos que tiene el cambio climático sobre el ecosistema y su biodiversidad, ni existen tampoco estudios puntuales acerca de la cuantificación de GEI que generan las actividades agropecuarias en este ecosistema.

A partir de todos los datos recolectados en las visitas de campo, los dispuestos por la Alcaldía del municipio de Cogua y la información secundaria se proponen dos líneas de acción. Sobre estas se establecen los lineamientos dirigidos al manejo sostenible de las actividades agropecuarias desarrolladas en el páramo de Guerrero en Cogua, derivados de la urgencia de actuar frente a las repercusiones negativas identificadas, integrar

los impactos, articular las acciones de adaptación y mitigación del cambio climático y soportar la gestión de la administración municipal, con base en las dinámicas regionales y locales que se presentan en este ecosistema.

Lineamientos de manejo sostenible del páramo referentes a las actividades agropecuarias y basados en la gobernanza ambiental

Lineamiento 1

Realizar estudios sobre el estado actual de las coberturas vegetales del páramo en detalle.

- **Antecedente.** La deforestación ha generado impactos ambientales negativos sobre las coberturas vegetales y ha redundado en la expansión de la frontera agrícola.
- **Finalidad.** (i) Mantener la frontera agrícola por debajo de los 3000 m s. n. m. y proporcionar las herramientas necesarias para la protección de las coberturas vegetales. (ii) Establecer en detalle las hectáreas de coberturas vegetales nativas y su incidencia en los servicios ecosistémicos del páramo, con la finalidad de que sean el soporte para determinar con exactitud el punto de inflexión de este ecosistema.
- **Actores.** Alcaldía del municipio de Cogua, la CAR y el Instituto Humboldt.

Lineamiento 2

Adelantar estudios técnicos de las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, que sirvan de insumo a proyectos de sistemas agrosilvopastoriles sostenibles en el páramo.

- **Antecedente.** Mediante el trabajo en campo, se evidenció que en el páramo no se implementan actividades agrosilvopastoriles sostenibles. No hay estudios detallados de las características fisicoquímicas y biológicas de los suelos.
- **Finalidad.** Aportar información para el diseño e implementación de proyectos de prácticas silvopastoriles sostenibles en el páramo, de modo que se contribuya a su conservación y dinámicas ecosistémicas.
- **Actores.** Alcaldía del municipio de Cogua, la CAR y el Instituto Humboldt.

Lineamiento 3

Llevar a cabo mesas interinstitucionales de trabajo, así como estudios sobre las dinámicas y relaciones ambientales del páramo, para fortalecer corredores biológicos que permitan asegurar la protección y conservación de especies de fauna y flora.

- **Antecedente.** Falta articulación entre las alcaldías de los municipios que tienen presencia en el páramo de Guerrero para proteger los corredores biológicos.
- **Finalidad.** Articular las instituciones implicadas para generar proyectos dirigidos a mejorar la conectividad, conservación y protección de este ecosistema.
- **Actores.** Alcaldías de los municipios que tienen presencia en el páramo de Guerrero y la CAR.

Lineamiento 4

Realizar una caracterización socioeconómica y ambiental de los predios para priorizar los que tengan mayor grado de importancia ecológica y generar una estrategia interinstitucional para la adquisición de estos.

- **Antecedente.** En campo se evidenció que hay predios de grandes extensiones que cuentan con características ambientales muy importantes para el ecosistema relacionadas con el recurso hídrico y el suelo.
- **Finalidad.** Definir el porcentaje de predios que se deben adquirir en el páramo y que cuentan con características ambientales fundamentales para el desarrollo de las dinámicas ecosistémicas, con el fin de fortalecer la protección y conservación de espacios de gran importancia ecológica.
- **Actores.** Alcaldías de los municipios que tienen presencia en el páramo de Guerrero y la CAR.

Lineamiento 5

(i) Realizar capacitaciones a los pobladores para incentivar prácticas sostenibles en las actividades agropecuarias. (ii) Establecer incentivos económicos, técnicos o en especie para los interesados en cambiar prácticas tradicionales no sostenibles por prácticas sostenibles.

- **Antecedente.** En campo se evidenció que los pobladores paramunos no tienen claridad sobre las prácticas agropecuarias sostenibles y los beneficios económicos de su implementación.

- **Finalidad.** Fortalecer el conocimiento de prácticas sostenibles y brindar asistencia técnica y económica a los pobladores del páramo para incentivar su implementación.
- **Actores.** Alcaldías de los municipios que tienen presencia en el páramo de Guerrero y la CAR.

Lineamiento 6

Establecer un acuerdo interinstitucional para generar estrategias efectivas de acercamiento y diálogo con la comunidad, con el fin de lograr prácticas sostenibles en el páramo que generen valor social y ambiental.

- **Antecedente.** Los pobladores del páramo no se sienten apoyados por las entidades administrativas y autoridades ambientales.
- **Finalidad.** Fortalecer relaciones socioambientales entre la comunidad y las autoridades, dirigidas a estrategias sostenibles de conservación del páramo.
- **Actores.** Alcaldías de los municipios que tienen presencia en el páramo de Guerrero y la CAR.

Lineamiento 7

Brindar asistencia técnica priorizada a suelos altamente intervenidos, producto de las actividades agropecuarias, e incentivar a la comunidad para que se encargue del cuidado.

- **Antecedente.** Los suelos del páramo se encuentran altamente intervenidos como resultado de las actividades agropecuarias.
- **Finalidad.** Recuperar los suelos altamente intervenidos por las actividades agropecuarias mediante la participación de la comunidad.
- **Actores.** Alcaldías de los municipios que tienen presencia en el páramo de Guerrero y la CAR.

Lineamiento 8

(i) Establecer estrategias de recolección de residuos y desechos de las actividades agropecuarias para evitar que entren en contacto con el recurso hídrico y causen su contaminación. (ii) Priorizar la conservación, protección y recuperación de los frailejones en el páramo de Guerrero para asegurar la disponibilidad del recurso.

- **Antecedente.** Contaminación del recurso hídrico y pérdida de frailejones a causa de las actividades agropecuarias y los desechos que estas generan.
- **Finalidad. (i)** Prevenir y mitigar la contaminación del recurso hídrico en el páramo producto de las actividades agropecuarias. **(ii)** Proteger las especies de frailejones para asegurar la producción de agua.
- **Actores.** Alcaldías de los municipios que tienen presencia en el páramo de Guerrero y la CAR.

Lineamiento 9

Fortalecer los espacios de protección de nacimientos hídricos para evitar el desarrollo de actividades agropecuarias cercanas a estos cuerpos.

- **Antecedente.** En campo se evidenció una escasa protección de los nacimientos de agua, pues se observó que las actividades agropecuarias son ejercidas en estos importantes espacios.
- **Finalidad.** Proteger los nacimientos de agua de las actividades agropecuarias para garantizar el abastecimiento de los municipios que se benefician con este recurso.
- **Actores.** Alcaldías de los municipios que tienen presencia en el páramo de Guerrero y la CAR.

Lineamiento 10

Establecer programas de reforestación con especies nativas en los que participe la comunidad para garantizar la recuperación del paisaje.

- **Antecedente.** Pérdida de especies nativas en grandes extensiones, resultante en la fragmentación y deterioro progresivo del paisaje producto de las actividades agropecuarias.
- **Finalidad:** Generar bases para promover la recuperación del paisaje a largo plazo con la reforestación de especies nativas que contribuya a asegurar y garantizar las dinámicas ecosistémicas, para lo cual será clave que la comunidad se convierta en la promotora de estos proyectos.
- **Actores.** Alcaldías de los municipios que tienen presencia en el páramo de Guerrero y la CAR.

Lineamiento 11

(i) Diseñar un programa de reubicación de los habitantes del páramo en lugares donde se les garanticen condiciones socioculturales y laborales iguales o superiores a las que ya tienen. (ii) Realizar un estudio para revisar la viabilidad de reubicar los habitantes en zonas aledañas del municipio, donde se les permita seguir con las actividades agropecuarias que no afecten el páramo.

- **Antecedente.** Las personas que viven en el páramo están generando un impacto ambiental alto, causado por sus actividades agropecuarias, de manera que es primordial su reubicación y la sustitución de estas actividades.
- **Finalidad.** Estructurar las herramientas necesarias en la toma de decisiones para la reubicación a mediano y largo plazo de las personas que habiten en el páramo, para fortalecer la protección y conservación del ecosistema.
- **Actores.** MADS junto con la CAR, la Alcaldía de Cogua y los pobladores.

Lineamiento 12

(i) Adelantar los acuerdos interinstitucionales y estudios de soporte necesarios para que a mediano plazo se pueda declarar el páramo como Parque Nacional Natural (PNN). (ii) Establecer la viabilidad de crear, con la participación de los habitantes como cuidadores del páramo, proyectos ecoturísticos en la zona que se constituyan en nuevas fuentes de generación de ingresos.

- **Antecedente.** Aunque el páramo de Guerrero tiene un alto porcentaje de áreas declaradas como Reservas Forestales Protectoras y Distritos Regionales de Manejo Integrado a cargo de los municipios, se evidencia aumento en la expansión de la frontera agrícola. La declaratoria como Parque Nacional Natural (PNN) le brindaría una mayor protección jurídica.
- **Finalidad.** Proteger a largo plazo el 100% del páramo y darle una categoría jurídica más alta para poder garantizar su conservación y articular beneficios económicos tanto para el municipio como para los pobladores.
- **Actores.** Parques Nacionales Naturales de Colombia, la Alcaldía de Cogua, la CAR y los pobladores del páramo.

Lineamientos de mitigación y adaptación al cambio climático generado por la agricultura y la ganadería

Lineamiento 13

Realizar un estudio para identificar y establecer aquellas especies vegetales nativas del páramo que tengan mayores resultados de captura de gases de efecto invernadero (GEI) para implementar proyectos de reforestación con ellas.

- **Antecedente.** Pérdida de especies nativas fundamentales para la mitigación de los efectos del cambio climático en el páramo por causa de las actividades agropecuarias.
- **Finalidad.** Contribuir en la mitigación de los efectos del cambio climático mediante la reforestación con especies nativas que tengan una capacidad alta de absorción de GEI.
- **Actores.** Ideam, MADS, el Instituto Humboldt, la Alcaldía de Cogua, la CAR y los pobladores del páramo.

Lineamiento 14

(i) Realizar el inventario de GEI en el páramo de Guerrero, con la finalidad de identificar y cuantificar las emisiones derivadas de las actividades agropecuarias. (ii) Generar proyectos que tengan como finalidad reducir la emisión de GEI generada por las actividades agropecuarias.

- **Antecedente.** Actualmente no se cuenta con la información cuantitativa detallada de las emisiones de GEI que se producen en el páramo, producto de las actividades agropecuarias.
- **Finalidad.** Contribuir en la reducción de las emisiones de GEI producidas por las actividades agropecuarias.
- **Actores.** Ideam, MADS, el Instituto Humboldt, la Alcaldía de Cogua, la CAR y los pobladores del páramo.

Lineamiento 15

Realizar un estudio y delimitación de las principales zonas estratégicas en el páramo que son reservorios de carbono, con el fin de protegerlos y demarcarlos para mitigar los efectos de cambio climático.

- **Antecedente.** Pérdida progresiva de suelos que son reservorios de carbono, producto de las actividades agropecuarias en el páramo.

- **Finalidad.** Proteger los suelos que son reservorios de carbono para mitigar los efectos del cambio climático.
- **Actores.** Alcaldías que tienen presencia en el páramo de Guerrero, la CAR y los pobladores paramunos.

Lineamiento 16

(i) Fortalecer la red de estaciones meteorológicas que se encuentra en el páramo y zonas aledañas, con la finalidad de tener información suficiente para la planeación y toma de decisiones relacionadas con la mitigación y adaptación de los efectos del cambio climático. (ii) Generar información sobre el comportamiento de las variables meteorológicas que puedan relacionar sus efectos con el fenómeno del cambio climático. (iii) Articular con la CAR la utilización de la herramienta Pescar para efectuar el seguimiento y control de las áreas de páramo y su evolución en el tiempo.

- **Antecedente.** Actualmente las estaciones meteorológicas que se encuentran presentes en el páramo y sus alrededores no cuentan con la información suficiente para realizar análisis de las variables meteorológicas y su relación con el cambio climático, dificultando la generación de mapas a escalas detalladas.
- **Finalidad. (i)** Generar mapas con la distribución espaciotemporal del cambio climático en el páramo de Guerrero para establecer las zonas más afectadas y crear proyectos de adaptación priorizada. **(ii)** Tener información que explique el comportamiento espacial y temporal del cambio climático en el páramo para el levantamiento de mapas a una escala detallada. **(iii)** Verificar la evolución del páramo en el tiempo y determinar la efectividad de las medidas implementadas para su conservación.
- **Actores.** Alcaldía de Cogua, la CAR y el Ideam.

Lineamiento 17

(i) Fortalecer el conocimiento que tienen los pobladores paramunos respecto a cómo los está afectando el cambio climático. (ii) Implementar estrategias que abarquen las soluciones basadas en naturaleza (SbN) en las que se integren la mitigación y adaptación basada en ecosistemas (AbE) del cambio climático referente a las actividades agropecuarias.

- **Antecedente.** Se observó que los pobladores paramunos desconocen el trabajo que las entidades administrativas están haciendo para mitigar o adaptarse a los efectos del cambio climático. Asimismo, se evidenció que falta articular y fortalecer

las estrategias para combatir los efectos del cambio climático en el páramo con la comunidad.

- **Finalidad. (i)** Promover el conocimiento del cambio climático en los pobladores para fortalecer su capacidad de adaptación a los efectos del mismo. **(ii)** Realizar una correcta gestión frente a la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático a través de SbN en las que se garanticen la protección y manejo sostenible de la biodiversidad y el ecosistema.
- **Actores.** MADS, la CAR, la Alcaldía de Cogua y los pobladores del páramo.

Lineamiento 18

Propiciar estudios que determinen los impactos de los agroquímicos en la generación de GEI para adelantar un proyecto piloto que incentive a la comunidad a sustituir los agroquímicos tradicionales por unos de menor impacto ambiental negativo y que ayuden a reducir las emisiones de GEI.

- **Antecedente.** El uso de agroquímicos tradicionales en las actividades agropecuarias es una práctica que causa impactos ambientales negativos y no se han podido establecer proyectos de sustitución que generen menores impactos al páramo y que puedan reducir las emisiones de GEI.
- **Finalidad.** Sustituir agroquímicos tradicionales y reducir las emisiones de GEI que los generan para contribuir con la mitigación de los efectos del cambio climático.
- **Actores.** Alcaldía de Cogua, la CAR, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) junto con el MADS.

Lineamiento 19

Generar incentivos económicos para aquellas personas que sustituyan las prácticas de ganadería tradicional por prácticas sostenibles, con el fin de reducir la cantidad de ganado por hectárea y disminuir así las emisiones de GEI.

- **Antecedente.** La ganadería es una de las actividades que genera grandes emisiones de GEI e impactos ambientales y acelerara los efectos negativos del cambio climático. Asimismo, desempeña un rol fundamental en las dinámicas socioambientales en el páramo.
- **Finalidad.** Reducir las emisiones de GEI que genera la ganadería en el páramo.
- **Actores.** Alcaldía de Cogua, la CAR y el MADR junto con el MADS.

Lineamiento 20

Realizar un estudio que pueda establecer cuánto valdría recuperar el ecosistema y cuánto valdría perderlo por causa de las actividades antrópicas.

- **Antecedente.** No se han adelantado estudios para dimensionar económicamente el costo de la recuperación del páramo intervenido por las actividades agropecuarias.
- **Finalidad.** Generar información sobre los montos que se necesitarían para la recuperación del páramo, con el fin de aportar datos que soporten la toma de decisiones.
- **Actores.** Alcaldía de Cogua, la CAR y el MADR junto con el MADS.

Lineamiento 21

Generar espacios de investigación académica que proporcionen información útil a la toma de decisiones relativa al cambio climático.

- **Antecedente.** Falta información acerca de los efectos del cambio climático y sobre la biodiversidad que puede estar en riesgo en el páramo como resultado de las actividades agropecuarias.
- **Finalidad.** (i) Fortalecer espacios de investigación de diferentes grupos académicos nacionales e internacionales que contribuyan al levantamiento de información referente a los efectos del cambio climático y de la biodiversidad que está en potencial riesgo por sus efectos. (ii) Promover la financiación nacional e internacional de proyectos en el páramo que ayuden a la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático producto de las actividades agropecuarias.
- **Actores.** Universidades nacionales e internacionales, junto con la Alcaldía de Cogua, la CAR y los pobladores.

Lineamiento 22

Promover y liderar ante las autoridades nacionales la revisión y fortalecimiento de la Ley 1930 de 2018, en el sentido de mejorar las acciones dirigidas a una conservación más efectiva del ecosistema.

- **Antecedente.** La Ley 1930 de 2018, referente a la gestión integral de páramos en Colombia, carece de un desarrollo para fortalecer su implementación de acuerdo con las necesidades y particularidades regionales, locales y culturales.

- **Finalidad.** Fortalecer la protección y conservación del páramo a través de un desarrollo de la normatividad vigente que integre las necesidades y particularidades en detalle.
- **Actores.** Alcaldía de Cogua, MADS, MADR y el Congreso de la República de Colombia.

Discusión

El paisaje del páramo de Guerrero se ve amenazado por la fragmentación de ecosistemas y la pérdida acelerada de la cobertura vegetal producto de las actividades agropecuarias. Así lo indican la CAR (2012), al evidenciar una fragmentación y pérdida del 30% de este ecosistema estratégico en menos de 20 años, al igual que Ramírez (2011), al demostrar la pérdida de 704 ha de páramo por esta misma actividad. El páramo se ha convertido, así, en un territorio con graves impactos ambientales, vulnerable a los efectos del cambio climático.

En este marco, la estabilidad del ecosistema de páramo perteneciente al municipio de Cogua está en riesgo y se aproxima al punto de inflexión de la transformación de sus suelos, estimado para el año 2044, por causa de las actividades agropecuarias. Este último generará una transformación significativa en su estructura florística y arbórea, y provocará la pérdida de resiliencia, lo cual representa un problema relevante dado el valor estratégico del ecosistema. No obstante, el punto de inflexión planteado anteriormente (2044) se podría presentar aun con anterioridad, por lo que se recomienda llevar a cabo estudios detallados a este respecto, para determinar con certeza el punto en el que el páramo no se podría recuperar.

De igual forma, es fundamental empezar a implementar estrategias agropecuarias sostenibles en el páramo con el enfoque de la gobernanza ambiental. Las implicaciones que tendría el municipio de Cogua serían demasiado altas si se llega a perder el ecosistema páramo en su jurisdicción, pues para el año 2044 se estarían dejando de producir alrededor de 275 millones de m³ de agua dulce, lo que equivaldría al consumo de más de 4 millones de personas, sin mencionar la afectación que sufrirían la biodiversidad y las dinámicas ecosistémicas, sumada a la presión tan significativa que tienen los efectos del cambio climático en este ecosistema.

Asimismo, se identificaron algunos retos en la articulación de las dinámicas socioambientales de los pobladores con las entidades administrativas y ambientales. Es fundamental empezar a solucionar este punto para asegurar la protección y manejo de los recursos de manera sostenible. Por esta razón los lineamientos planteados pueden ser una guía que ayude a la toma de decisiones de las autoridades ambientales y entidades administrativas para fortalecer las prácticas sostenibles en el páramo, ya que se buscó

articular dichos lineamientos con las características y particularidades socioeconómicas locales y regionales que enfrenta este páramo.

Por otra parte, estos lineamientos están articulados con el marco jurídico colombiano y en especial con la Ley 1930 de 2018 referente a la gestión integral de los páramos en Colombia. Esta ley es clave para la regulación de actividades de bajo impacto en dichos ecosistemas. Además, estos lineamientos sirven de referencia para que las demás alcaldías que tienen presencia en el páramo de Guerrero puedan soportar o generar proyectos articulados y obtener resultados significativos en este ecosistema tan estratégico para la región.

Asimismo, una limitante para el desarrollo de la investigación fue la falta de información detallada sobre el estado actual del páramo y de las prácticas sostenibles, especialmente, referentes a los efectos del cambio climático sobre este ecosistema. Así, se estima necesario realizar más estudios detallados que sigan fortaleciendo la toma de decisiones. De igual forma, debido a los diferentes conflictos que ha tenido la población del páramo con la Alcaldía y las autoridades ambientales (CAR), la obtención de datos representativos se hace cada vez más compleja, dado el alto nivel de desconfianza de la población frente a las autoridades, por lo que reforzar las estrategias de acercamiento es un aspecto clave.

Finalmente, al ser Colombia uno de los países con mayor extensión de estos ecosistemas en el mundo (MADS, 2021; Rivera Ospina y Rodríguez, 2011), se esperaría un compromiso mucho mayor y esfuerzos en el ámbito nacional e internacional para implementar programas y proyectos de alta prioridad que logren la conservación y protección de los páramos. Sin embargo, la normativa actual no abarca de manera integral la gestión sostenible de estos ecosistemas (Díaz Ramos *et al.*, 2020) y ello genera retos y complejidades en su implementación en las distintas regiones del país. Así, esta normativa debería tener un desarrollo más específico, que considere las dinámicas socioeconómicas y ambientales de las distintas regiones del país y entienda sus características y particularidades locales.

Conclusiones

El páramo de Guerrero posiblemente está llegando a un punto de inflexión que impedirá su recuperación tal como lo representa la proyección al 2044 realizada en este estudio. Esta amenaza conlleva la pérdida de resiliencia, como resultado de las actividades agropecuarias. Así, es necesario el compromiso institucional y civil para revertir o ralentizar el daño.

Si no se implementan estrategias sostenibles que contengan el avance de la degradación ecosistémica, la población de Cogua y parte de la de Cundinamarca podrían verse afectadas por la pérdida de servicios ecosistémicos que ofrece el páramo.

Se evidencia la necesidad prioritaria de disponer de información meteorológica confiable y representativa de la región, con el fin de que soporte las decisiones de mitigación y adaptación frente al cambio climático.

Existe una estrecha relación entre la protección ecosistémica y su viabilidad económica. Por lo tanto, es necesario establecer estudios que suministren información costo-beneficio respecto a la recuperación del páramo y articularlos con la implementación en política pública.

El fortalecimiento de la educación ambiental de los pobladores paramunos en el cuidado de los recursos naturales del páramo es fundamental para que los lineamientos planteados tengan efectos significativos, en especial al considerar que se encuestó alrededor del 25% de los hogares que habitan la zona de estudio y se encontró un desconocimiento generalizado en los pobladores respecto de temas ambientales.

Las dos líneas de acción de los lineamientos planteados surgen de los resultados obtenidos en las visitas de campo y la percepción directa de la comunidad, por lo que se recomienda que su implementación se considere de manera priorizada por parte de las autoridades.

Se evidencia que a largo plazo es insostenible mantener actividades agropecuarias en el páramo, debido al gran impacto ambiental que generan. Las acciones propuestas en los lineamientos son, pues, de carácter urgente, en aras de fortalecer y conservar el ecosistema, en especial al considerar el impacto que representaría la pérdida de resiliencia del mismo con una transformación de los suelos proyectada para 2044.

Se evidenció que, si no se realizan de forma prioritaria acciones para una transición a prácticas sostenibles en el páramo, podría generarse la pérdida del ecosistema y ello causaría una afectación significativa a la seguridad hídrica en el municipio de Cogua. Tomando como punto de partida el año 2022, se estarían dejando de producir cerca de 12,5 millones de metros cúbicos de agua al año, lo que equivaldría alrededor de 287 millones de metros cúbicos de agua para 2044. Tal pérdida en la producción equivale aproximadamente al consumo de más de 197 mil personas al año, que podrían llegar a ser más de 4 millones si se llega al punto de inflexión, proyectado para el año 2044.

Es fundamental que se dé prioridad a la realización de todos los estudios propuestos, pues son la base para la toma de decisiones en pro de mitigar los impactos ambientales que están generando las actividades agropecuarias en el páramo a corto y mediano plazo.

La gobernanza ambiental juega un papel fundamental para lograr los objetivos de conservación del ecosistema, por lo que su fortalecimiento es prioritario para los actores institucionales y ambientales, teniendo en cuenta su participación en la toma de decisiones.

La normativa referente a la gestión integral de páramos debe tener un mejor desarrollo que incentive y fortalezca las prácticas sostenibles de acuerdo con las dinámicas culturales y sociales de cada región para lograr resultados significativos en la conservación de este ecosistema.

Agradecimientos

A la Universidad del Rosario por su apoyo en el desarrollo del presente proyecto de investigación. Asimismo, a la Alcaldía de Cogua por su invaluable apoyo para el acceso a la información; especialmente, al ingeniero Mario A. Cubillos, de la Gerencia de Desarrollo Económico y Ambiental del municipio. Finalmente, un agradecimiento muy especial a los pobladores de la vereda Páramo Alto de Cogua, Cundinamarca, por su disposición en participar, generar espacios de diálogo, proponer estrategias y responder las preguntas.

Referencias

- Calderón, J. y López Cardona, D. (2013). Orlando Fals Borda y la investigación acción participativa: aportes en el proceso de formación para la transformación. I encuentro hacia una pedagogía emancipatoria en nuestra américa. *I Encuentro hacia una Pedagogía Emancipatoria en Nuestra América*, (1). Centro Cultural de la Cooperación Floreal Gorini.
- CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca). (2012). *Plan de manejo de la reserva forestal protectora páramo de Guargua y laguna Verde y los distritos de manejo integrado páramo de Guerrero y páramo de Guargua y laguna Verde*. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac7d1881bea6.pdf>
- Casasbuenas Poveda, L. H. y Estupiñán Bravo, L. H. (2007). Efecto del cultivo de papa sobre la fauna edáfica en el páramo de Guerrero. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 10(2), 31-42. <https://doi.org/10.31910/rudca.v10.n2.2007.582>
- Castañeda-Martín, A. E. y Montes-Pulido, C. R. (2017). Carbono almacenado en páramo andino. *Entramado*, 13(1), 210-221. <https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25112>
- Chuncho Morocho, C. y Chuncho, G. (2019). Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: una revisión. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 71-83. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/686>
- Colparques. (2022). *Páramo de Guerrero: Reserva Natural Regional*. <http://www.colparques.net/GUERRERO#aceptar>
- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). (2018). *Censo nacional de población y vivienda 2018*. <https://www.dane.gov.co/index.php/>

estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018

- Díaz Ramos, J. L., Varela, J. D., Ordóñez, W., Solanilla, M. y Bahamón, Á. (2020). Agricultura en páramos: entre la conservación y los derechos de las comunidades. *Documentos de políticas públicas*, (52). Foro Nacional Ambiental. <https://foronacionalambiental.org.co/wp-content/uploads/2023/02/PoliticasPublicasN52.pdf>
- Esri Colombia. (2020). Veredas de Colombia. (Versión original publicada en 2016). <https://datosabiertos.esri.co/datasets/esri-colombia::veredas-de-colombia/explore>
- Greenpeace. (2013). *Páramos en peligro: el caso de la minería de carbón en Pisba*. <http://greenpeace.co/pdf/paramos/Informe%20P%C3%A1ramos%20en%20peligro.pdf>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Ideam (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). (2017). *Tercera comunicación nacional de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático*. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023731/TCNCC_COLOMBIA_CMNUCC_2017_2.pdf
- Instituto Humboldt (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt). (2017). Recomendación para la delimitación, por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, del complejo de páramos Guerrero a escala 1:25.000. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/31548>
- Jociles Rubio, M. I. (2018). La observación participante en el estudio etnográfico de las prácticas sociales. *Revista Colombiana de Antropología*, 54(1), 121-150. <https://doi.org/10.22380/2539472X.386>
- Kütting, G. y Lipschutz, R. (2009). *Environmental governance: Power and knowledge in a local-global world*. Routledge.
- León Rodríguez, N. (2011). El páramo de Guerrero: conflictos entre conservación y reprimarización de su economía. *Revista Geográfica de América Central*, 2(1), 11-17. <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744820177.pdf>
- Ley 1930 de 2018, por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia. (2018, 27 de julio). *Diario Oficial*, (50667), 27 de julio de 2018. Colombia. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1930_2018.html
- Llambí, L. D., Soto-W., A., Céleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B. y Borja, P. (2012). *Ecología, hidrología y suelos de páramos*. Proyecto Páramo Andino.
- MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). (2021). “Tenemos el 50% de los páramos del mundo”: ministro de Ambiente en el Día de las Montañas. <https://www.minambiente.gov.co/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemas/tenemos-el-50-de-los-paramos-del-mundo-ministro-de-ambiente-en-el-dia-de-las-montanas/>
- Malinowski, B. (1973). *Los argonautas del Pacífico occidental: un estudio sobre comercio y aventura entre los indígenas de los archipiélagos de la Nueva Guinea melanesia*. Península.

- Morales-Betancourt, J. A. y Estévez-Varón, J. V. (2006). El páramo: ¿ecosistema en vía de extinción? *Luna Azul*, 22, 1 de 13. <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/1524>
- Pomboza Tamaquiza, P. y Parco-Asitimbay, X. (2022). Efectos socio-ambientales de la intensificación de la ganadería en ecosistemas de altura (paramos) del sur-oeste de Tungurahua. *Ecosistemas*, 31(1), 2296. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2296>
- Rivera Ospina, D. y Rodríguez, C. (2011). *Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. http://www.humboldt.org.co/images/Atlas%20de%20paramos/Guia_delimitacion_paramos.pdf
- Román-Cuesta, R. M., Carmona-Moreno, C., Lizcano, G., New, M., Silman, M., Knoke, T., Malhi, Y., Oliveras, I., Asbjornsen, H. y Vuille, M. (2014). Synchronous fire activity in the tropical high Andes: an indication of regional climate forcing. *Global Change Biology*, 20(6), 1929-1942. <https://doi.org/10.1111/gcb.12538>
- SDP (Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá). (2020). Indicadores de consumo de agua y energía eléctrica 2020. https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/indicadores_de_consumo_de_agua_y_energia_electrica_-_bogota_d.c._2020_vf.pdf
- Sguerra, S., Bejarano, P., Rodríguez, O., Blanco, J., Jaramillo, O. y Sanclemente, G. (2011). *Corredor de Conservación Chingaza - Sumapaz – Guerrero: resultados del diseño y lineamientos de sección*. Conservación Internacional Colombia; Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ESP.
- Sillitoe, P., Bicker, A. y Pottier, J. (2002). *Participating in development: Approaches to indigenous knowledge*. Routledge.
- Thompson, I. (2011). Biodiversidad, umbrales ecosistémicos, resiliencia y degradación forestal. *Unasylva*, 62(238), 25-30. <https://www.fao.org/3/i2560s/i2560s05.pdf>
- Tyagi, K. y Humar, M. (2022). The resilience of Indian Western Himalayan forests to regime shift: Are they reaching towards no return point? *Ecological Informatics*, 69, 101644. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101644>
- Vargas Ríos, O. y Ávila Rodríguez, L. A. (2018). Riesgos y efectos del cambio climático en la región altoandina. En A. L. González Pinto (ed.), *Biodiversidad y cambio climático en Colombia: Avances, perspectivas y reflexiones* (pp. 65-76). Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. <https://jbb.gov.co/nosotros/publicaciones/biodiversidad-y-cambio-climatico-en-colombia-avances-perspectivas-y-reflexiones/>
- Vargas-Chavez, I., Luna Galván, M. y Torres Pérez, Y. L. (2020). Del biocentrismo a la seguridad humana: un enfoque en el marco del reconocimiento del páramo de Pisba como sujeto de derechos. *Prolegómenos*, 23(45), 85-101. <https://doi.org/10.18359/prole.4264>