

EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD Y PLANIFICACIÓN PREDIAL
PARTICIPATIVA, EN UNIDADES FAMILIARES PRODUCTIVAS CAMPESINAS
COMO ESTRATEGIA PARA LA CONSERVACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
EN EL PÁRAMO RABANAL VEREDA BOQUERÓN - VENTAQUEMADA - BOYACÁ

Presentado por:

Sandra Carolina Bernal Moreno

Camilo Andrés García Villamarín

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Ambiental

Maestría en Manejo y Sostenibilidad Ambiental

Tunja - Boyacá

2026

EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD Y PLANIFICACIÓN PREDIAL
PARTICIPATIVA, EN UNIDADES FAMILIARES PRODUCTIVAS CAMPESINAS
COMO ESTRATEGIA PARA LA CONSERVACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
EN EL PÁRAMO RABANAL VEREDA BOQUERÓN - VENTAQUEMADA - BOYACÁ.

Presentado por:

Sandra Carolina Bernal Moreno

Camilo Andrés García Villamarín

Trabajo de grado para optar el título de Magister en Manejo y Sostenibilidad Ambiental

Directora: Yuddy Alejandra Castro Ortegón

Bioingeniera, Msc, PhD. en Desarrollo Sostenible

Codirector: Cristian Alejandro Pérez Alarcón

Ingeniero Agrónomo, Esp. Msc. Doctorando en Agroecología

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Ambiental

Maestría en Manejo y Sostenibilidad Ambiental

Tunja - Boyacá

2026

Nota de aceptación

Firma presidente del Jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Dedicatoria

*“A mi papá Gerardo García Bustos, quien desde lo alto me sigue apoyando en el
camino de la vida espero estes orgulloso de mi y mi hermana”*

Camilo

“A mi abuelita Elvira”

Carolina

Agradecimientos

Camilo: A mi mamá y a mi hermana, que con su amor y comprensión incondicional estuvieron en el proceso académico en cada momento. Su paciencia y palabras de ánimo fueron fundamentales para superar los desafíos encontrados en ese bello proceso.

Carolina: A mi mamá, a mi tío Jairo y a mi hermana, por su apoyo, confianza y compañía a lo largo de este camino, y por estar siempre presentes en cada etapa de mi vida.

De igual modo, queremos expresar nuestro más sincero reconocimiento a quienes hicieron parte de este proceso:

A los Agricultores que nos abrieron las puertas de sus fincas, nos ofrecieron su tiempo y espacio para el proceso de esta investigación. Asimismo, a Yohana Pamplona por su disposición y acompañamiento, por acercarnos a cada uno de los agricultores y compartir información del territorio desde sus saberes.

A nuestra directora Alejandra Castro, por guiarnos desde el inicio, por compartir generosamente sus conocimientos y brindarnos valiosos aportes académicos. Su orientación, compromiso y confianza que fueron fundamentales para avanzar y consolidar nuestro trabajo.

A nuestro codirector Cristian Pérez quien nos orientó en nuevas metodologías que permitieron un acercamiento directo con las comunidades para comprender sus usos, costumbres, preocupaciones y nociones de vida.

A nuestros compañeros Diego Pérez, Diego Bernal, Laura, Ximena, Ana, Miguel y Giovanni, quienes desde cada una de sus profesiones nos invitaron a cuestionar nuestros propios saberes, deconstruirlos y encontrar nuevas formas de comprender el entorno y sus dinámicas. Gracias por su apoyo y por las experiencias compartidas que dejan una huella significativa en nuestra construcción personal y profesional.

Tabla de contenido

Resumen.....	12
Introducción	13
Objetivos	16
Objetivo general.....	16
Objetivos específicos	16
Estado del Arte.....	16
Marco normativo y gobernanza en páramos de Colombia	17
Páramos como socioecosistemas y dinámicas campesinas.....	18
Estudios sobre servicios ecosistémicos y uso de suelo en páramos.....	19
Evaluación de sostenibilidad y metodologías aplicadas a agroecosistemas de páramo	19
Estudios y procesos de planificación en el páramo Rabanal	21
Agroecología y participación comunitaria en contextos rurales.....	23
Marco teórico	25
Ecología de Páramos y Servicios Ecosistémicos	25
Servicios de Soporte	26
Servicios de Provisión.....	26
Servicios de Regulación.....	26
Servicios Culturales	27

Agua, suelo y carbono en el Páramo.....	28
Unidad Familiar Productiva Campesina (UFPC) y Agroecología.....	29
Conocimientos campesinos y sistemas de producción	29
Sistemas de producción en alta montaña	30
Agroecología.....	31
Sostenibilidad y Marco MESMIS	31
Marco MESMIS y Atributos de Sostenibilidad	32
Percepción social del territorio	33
Metodología	34
Ubicación geográfica	34
Diseño metodológico	36
a. Diagnóstico de las Unidades Familiares Productivas Campesinas	38
b. Generación de Redes y nube de palabras con uso del software ATLAS.ti.....	38
c. Descripción de la metodología empleada para la evaluación de sostenibilidad	40
Análisis y procesamiento de datos.....	43
<i>Percepción de los servicios ecosistémicos</i>	45
d. Análisis espacial y cartografía participativa	46
Resultados y discusión.....	48
Objetivo Número 1. Caracterización de las Unidades Familiares Productivas Campesinas	48
UFPC 1. Parcela 29.....	48

UFPC 2. Parcela 30.....	50
UFPC 3. Parcela 41b.....	53
UFPC 4. Parcela 38.....	54
UFPC 5. Parcela 41a.....	56
Evaluación de la caracterización a partir del uso del software ATLAS.ti	58
Evaluación de redes de las unidades productivas campesinas.....	59
Objetivo Número 2. Evaluación de la Sostenibilidad de las UFPC y la percepción de los servicios ecosistémicos	67
Evaluación de la sostenibilidad en las UFPC mediante el MESMIS.....	67
Dimensión social.....	67
Dimensión económica.....	71
Dimensión ambiental	74
Sostenibilidad en las UFPC	79
Percepción de los servicios ecosistémicos por parte de los habitantes de las UFPC del páramo Rabanal	82
Servicios de provisión.....	82
Servicios de regulación.....	83
Servicios culturales	84
Servicios de soporte	84

Objetivo 3. Distribución actual y redistribución predial sostenible para las UFPC de la zona del páramo Rabanal.....	87
UFPC 1. Parcela 29 – Propuesta de rotación y conservación de drenajes	88
UFPC 2. Parcela 30 – Rediseño para la conectividad hídrica y diversificación económica	90
UFPC 3. Parcela 41b – Planificación para la conservación de reservorios y seguridad alimentaria.....	92
UFPC 4. Parcela 38 – Reconversión de monocultivo y restauración de relictos boscosos	94
UFPC 5. Parcela 41a – Estrategia de fertilización orgánica y conservación de áreas estratégicas.....	95
Conclusiones.....	97
Recomendaciones	98
Limitaciones del estudio	100
Líneas de investigación futura	100
Referencias Bibliográficas	101
Anexos	120

Lista de figuras

Figura 1. <i>Mapa ubicación de las UFPC.</i>	36
Figura 2. <i>Mapa diseño metodológico.</i>	37
Figura 3. <i>Clasificación de los servicios ecosistémicos por Millennium Ecosystem Assessment.</i> .	46
Figura 4. <i>Fotografías de la UFPC 1.</i>	48
Figura 5. <i>Cartografía social de la UFPC 1 - Parcela 29.</i>	50
Figura 6. <i>Fotografías de la UFPC 2.</i>	51
Figura 7. <i>Cartografía social de la UFPC 2 - Parcela 30.</i>	52
Figura 8. <i>Fotografías de la UFPC 3.</i>	53
Figura 9. <i>Cartografía social de la UFPC 3 - Parcela 41b.</i>	54
Figura 10. <i>Fotografías de la UFPC4.</i>	55
Figura 11. <i>Cartografía social de la UFPC 4 - Parcela 38.</i>	56
Figura 12. <i>Cartografía social de la UFPC 5 - Parcela 41a.</i>	57
Figura 13. <i>Nube de palabras generada mediante el análisis realizado en ATLAS.ti.</i>	58
Figura 14. <i>Red dimensión ambiental.</i>	61
Figura 15. <i>Red dimensión Económica.</i>	63
Figura 16. <i>Red dimensión social.</i>	64
Figura 17. <i>Sostenibilidad de la dimensión social de las UFPC de la vereda Boquerón, Ventaquemada</i>	69
Figura 18. <i>Sostenibilidad de la dimensión económica de las UFPC de la vereda Boquerón, Ventaquemada</i>	73
Figura 19. <i>Sostenibilidad de la dimensión ambiental de las UFPC de la vereda Boquerón, Ventaquemada</i>	78

Figura 20. <i>Comparación del índice de sostenibilidad de las UFPC evaluadas.</i>	80
Figura 21. <i>Mapa actual y mapa propuesto para la redistribución de la UFPC 1.</i>	90
Figura 22. <i>Mapa actual y mapa propuesto para la redistribución de la UFPC 2.</i>	92
Figura 23. <i>Mapa actual y mapa propuesto para la redistribución de la UFPC 3.</i>	93
Figura 24. <i>Mapa actual y mapa propuesto para la redistribución de la UFPC 4.</i>	94
Figura 25. <i>Mapa actual y mapa propuesto para la redistribución de la UFPC 5.</i>	96

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Información general de las UFPC de estudio.</i>	35
Tabla 2. <i>Matriz de dimensiones, atributos e indicadores de sostenibilidad.</i>	42
Tabla 3. <i>Índice de sostenibilidad.</i>	45

Resumen

El páramo Rabanal es un ecosistema estratégico importante para la provisión de agua, la regulación hídrica y la captura de carbono, sin embargo, enfrenta presiones antrópicas derivadas de la ampliación de la frontera agropecuaria relacionada con el monocultivo de papa y el sobrepastoreo, prácticas que han transformado su función ecológica. En la vereda Boquerón, del municipio de Ventaquemada, esta dinámica ha generado una tensión socioterritorial entre las estrictas normativas ambientales y las formas de vida tradicionales de las Unidades Familiares Productivas Campesinas (UFPC), quienes a menudo perciben la norma como una restricción externa a su bienestar. El estudio tuvo como propósito principal formular estrategias de desarrollo sostenible en las UFPC de la vereda Boquerón, orientadas a la conservación de los servicios ecosistémicos del páramo Rabanal. Se empleó un enfoque mixto y un diseño no experimental que integró la participación comunitaria, en el que se evaluaron cinco UFPC mediante el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS), utilizando 29 indicadores en las dimensiones ambiental, social y económica. El análisis se complementó con el uso del software ATLAS.ti para procesar la percepción social y el uso de QGIS junto con cartografía participativa para el análisis espacial y la propuesta de reorganización predial. Los resultados evidenciaron que las unidades evaluadas presentaron una sostenibilidad media, con índices que oscilaron entre 2.3 y 2.9 en una escala de 5, caracterizada por una alta dependencia del monocultivo de papa y el uso de pesticidas, lo que compromete el capital natural a largo plazo. En términos de percepción, el recurso hídrico fue el servicio más valorado, aunque existe una contradicción técnica, debido a que los agricultores muestran una alta gestión para el uso del agua, pero una baja conservación de sus fuentes. Así mismo, se evidenció una pérdida de saberes tradicionales y memoria

biocultural debido al éxodo juvenil hacia las ciudades. La investigación permitió concluir que la sostenibilidad en la zona es transicional y frágil, requiriendo un cambio desde el manejo empírico hacia una planificación predial técnica. El instrumento de planificación sostenible propuesto, se fundamentó en la redistribución de las unidades hacia la creación de corredores biológicos, cercas vivas, protección de rondas hídricas y la rotación de cultivos, propuesta que se perfila como una alternativa técnicamente viable para el potencial acondicionamiento de la salud del suelo, el cuidado de las fuentes de agua y la conectividad ecológica. Finalmente se reconoció que, para lograr la conservación efectiva del páramo, es indispensable transitar hacia una gobernanza participativa que reconozca al campesino como un actor clave de la restauración y protector de los servicios ecosistémicos.

Introducción

Los ecosistemas de páramo constituyen sistemas relevantes e estratégicos en los sistemas de regulación hídrica, diversidad biológica, captura de carbono y servicios de provisión esenciales para la sociedad que los habita y sus circundantes (Vergara Buitrago & De Pellegrin Llorente, 2025a). En Colombia los ecosistemas presentan una relevancia adicional, tal como lo indica The Nature Conservancy (n.d), que sostiene que en Colombia se albergan aproximadamente 2,8 millones de hectáreas de páramo, equivalentes a cerca del 50% del área mundial de estos ecosistemas (MADS, 2021; Vergara, 2020), por ende, el abastecimiento humano y la generación de actividades productivas se ve condicionada por sus servicios. Su relevancia económica, social y ambiental ha motivado al desarrollo de instrumentos de planificación orientados a garantizar el sustento de las funciones ecosistémicas y la provisión de servicios ambientales para las comunidades urbanas y rurales que dependen de estos (Sarmiento et al., 2013).

Sin embargo, los páramos no se constituyen como zonas aisladas de las actividades humanas, por el contrario, representan la integración de sistemas complejos con dinámicas sociales particulares de ocupación histórica de comunidades campesinas, la explotación de dichas áreas ha causado modificaciones en la funcionalidad habitual de estos territorios (Zoderer et al., 2019). Esta situación ha generado desafíos para la sostenibilidad ambiental en la coexistencia entre la conservación y los medios de vida rurales.

La sostenibilidad de estos, exige una visión integral que abarque los componentes ambientales, sociales y económicos que conforman el agroecosistema y que permitan preservar los servicios ecosistémicos, mediante la toma de decisiones por parte de los agricultores hacia la conservación y capacidad adaptativa de los territorios. En consecuencia, su evaluación implica el desarrollo de herramientas capaces de integrar las dinámicas de producción agropecuaria y la funcionalidad ecológica (Rodríguez et al., 2015).

Es por ello que el páramo de Rabanal representa un escenario propicio para al análisis de la sostenibilidad. Este complejo alberga importantes recursos hídricos y ecosistemas de alta montaña que coexisten con sistemas productivos agropecuarios tradicionales. Esto conlleva a la presencia simultánea de áreas destinadas a la conservación, restricción y predios destinados a producción, que generan un mosaico territorial de oportunidades, conflictos de uso y sobreutilización de los recursos. En este contexto comprender como se distribuyen las áreas especialmente las productivas y las limitaciones de uso, fortalecen los procesos de adaptación y planificación territorial sostenible (Garzón Camacho, 2015; Borrás et al., 2010).

A pesar de la creciente importancia de la gestión de páramos, persisten limitaciones en cuanto a las evaluaciones de las unidades productivas rurales en aspectos simultáneos como lo son el conocimiento local, modos de vida en el contexto social y económico y la perspectiva

ambiental, lo cual limita identificar de manera precisa las oportunidades de transformación en ecosistemas con alta sensibilidad ambiental (Mosquera et al., 2023).

En respuesta a esta problemática, la investigación tuvo como objetivo formular estrategias de desarrollo sostenible de cinco unidades productivas localizadas en la vereda Boquerón del municipio de Ventaquemada, en áreas de influencia de páramo, mediante la evaluación de indicadores ambientales, sociales y económicos que a su vez fueran integradores con los servicios ecosistémicos del territorio, dichos indicadores fueron propuestos a partir de procesos de caracterización participativa con los agricultores. La relación de estos componentes junto con información secundaria, permitió comprender las relaciones y procesos de la estructura productiva de los predios y su interacción ecológica, aportes que permiten la construcción de una propuesta de reorganización con mayor resiliencia.

Finalmente, se buscó contribuir a mejorar la toma de decisiones en los ecosistemas de alto andinos, integrando el conocimiento ancestral y la evaluación técnica para garantizar estrategias que favorezcan la construcción de modelos productivos compatibles con los servicios ecosistémicos que suministra el páramo, sin dejar de lado los usos y costumbres, generando bienestar a las comunidades presentes y futuras.

A partir de la problemática socioambiental descrita nace la siguiente pregunta de indagación: ¿Cómo el nivel de sostenibilidad de las UFPC y la percepción de los servicios ecosistémicos pueden orientar estrategias de desarrollo sostenible en la vereda Boquerón del páramo de Rabanal?

Objetivos

Objetivo general

Formular estrategias de desarrollo sostenible en las unidades productivas agrícolas para la conservación de los servicios ecosistémicos de la vereda Boquerón del páramo Rabanal.

Objetivos específicos

1. Caracterizar las unidades familiares productivas agrícolas presentes en la zona de estudio.
2. Determinar la sostenibilidad de las unidades productivas y los servicios ecosistémicos desde la percepción de la comunidad del páramo Rabanal.
3. Proponer un instrumento de planificación sostenible para la redistribución de las unidades productivas de la zona del páramo Rabanal.

Estado del Arte

Los ecosistemas de páramo son considerados vitales debido a su importancia en la provisión de agua, la regulación hídrica, captura de carbono y riqueza biológica (Corpochivor, 2023^a; Triana et al., 2022; Ospina, 2022 y Estupiñán, 2021). Estas características les permiten una alta capacidad para la prestación de servicios ecosistémicos fundamentales a las poblaciones humanas y los ecosistemas asociados. Sin embargo, esta particularidad ha llevado a los páramos a enfrentar múltiples presiones derivadas de actividades antrópicas.

A partir de la segunda mitad del siglo XX, estas presiones se han incrementado mediante la ampliación de la frontera agropecuaria, mediante prácticas de potrerización, ganadería extensiva y la introducción de especies no nativas, procesos que han transformado la composición, estructura y función del ecosistema, impactado negativamente el bienestar de las poblaciones locales. En este sentido, Galvis-Hernández & Ungar (2021) resaltan la necesidad de construir acuerdos entre los diversos actores a diferentes niveles, incluyendo organizaciones

sociales, comunidades indígenas y campesinas, instituciones estatales y el sector productivo, con el fin de desarrollar estrategias efectivas de protección y conservación para estos ecosistemas.

Marco normativo y gobernanza en páramos de Colombia

El marco normativo colombiano asociado a los páramos ha evolucionado hacia un esquema de protección estricto que condiciona las actividades productivas en estas zonas, buscando asegurar su integridad, conservación, reparación, uso sostenible y generación de conocimiento (Congreso de Colombia, 2018). La protección ambiental se basa en la Constitución Política de 1991, la cual establece en su Artículo 8 la obligación del Estado y la ciudadanía de proteger las riquezas naturales, mientras que en el Artículo 79, refiere el deber del Estado de conservar las áreas de importancia ecológica, y en el Artículo 80 indica que debe planificar el manejo de los recursos naturales para garantizar un desarrollo sostenible (Constitución Política de Colombia, 1991).

Previamente, el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables, sentó las bases para el manejo ambiental, declarando el ambiente como patrimonio común y su preservación como utilidad pública (Presidente de la República de Colombia, 1974). Posteriormente la Ley 99 de 1993, consolidó el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se estableció que las zonas de páramo, subpáramo, nacimientos de agua, y zonas de recarga de acuíferos serían objeto de protección especial (Congreso de Colombia, 1993).

Más adelante, en el Decreto 2372 de 2010, se reglamentó el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), donde se incluyeron categorías de gestión como el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) (Presidente de la República de Colombia, 2010). La ley 1753 de 2015, incluyó prohibiciones en los páramos y ordenó su delimitación al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) (Congreso de la República, 2015).

Estas restricciones y directrices se formalizaron en el instrumento rector vigente, la ley de páramos, que delimita y prohíbe actividades de gran impacto (minería e hidrocarburos), la disposición y quema de residuos, fumigación con químicos, Asimismo, establece que solo se permiten actividades agropecuarias de bajo impacto y ambientalmente sostenibles, respetando el enfoque diferencial para los pobladores tradicionales de estos ecosistemas. Adicionalmente, exige a las Corporaciones Autónomas Regionales la elaboración, adopción e implementación de Planes de Manejo Ambiental (PMA), construidos conjuntamente con las comunidades (Garzón, 2023; Suarez et al. 2021 y Congreso de Colombia, 2018).

Páramos como socioecosistemas y dinámicas campesinas

En el contexto histórico y social, los páramos han sido modificados en socioecosistemas, inicialmente por los pueblos ancestrales y posteriormente por procesos de colonización dedicados a la producción ganadera y al cultivo intensivo de la papa (Mosquera et al., 2023; Pinos-Morocho et al., 2021; Vargas-Ríos & Insuasty-Torres, 2021). Las comunidades rurales han construido relaciones socioeconómicas y socioculturales específicas en este contexto biofísico, transformando las condiciones que definen al páramo (Avella, 2021).

Colombia es un actor central, debido a que alberga el 50% de los páramos del mundo y cuenta con 37 complejos de páramo (MADS, 2021 y Vergara, 2020) distribuidos en el territorio nacional. No obstante, Sarmiento et al (2017) señalan que la vegetación nativa ha sido reemplazada en aproximadamente un 15.4% (449.500 ha) a nivel nacional, por otro tipo de coberturas de suelo, principalmente pasturas y cultivos (22.600 ha), cifra que en el páramo Rabanal asciende a un 25%, situación que evidencia las presiones derivadas del uso agropecuario sobre estos ecosistemas.

Estudios sobre servicios ecosistémicos y uso de suelo en páramos

En el ámbito regional, países como Ecuador, Perú y Venezuela, han desarrollado investigaciones relacionadas con los páramos andinos en diversas escalas, abordando su función vital, estado de conservación, efectos del cambio climático, impactos antrópicos, medidas para su protección, entre otros.

La evaluación de los servicios ecosistémicos y su relación con el uso del suelo ha sido significativa, tal como indican Koo et al. (2024), en Ecuador, quienes sugirieron una evaluación espacial de la capacidad de los ecosistemas y el tipo de uso de suelos para proporcionar servicios ecosistémicos, combinando el modelado espacial y enfoques participativos en escenarios de deforestación y cambio climático; encontrando que la capacidad de los ecosistemas de páramo es la más alta para el suministro de agua para el consumo humano .

En cuanto a los suelos de este ecosistema, en el mismo país, Pinos-Morocho et al. (2021), evaluaron la percepción de los pobladores del páramo de Cublián respecto a los servicios ecosistémicos y determinaron el valor económico del contenido de carbono edáfico, en escenarios de suelos intervenidos y naturales. Los resultados mostraron que los pobladores perciben adecuadamente los servicios ecosistémicos y que los suelos intervenidos poseían un 26% menos en el contenido de carbono, comparados con los naturales, lo que, traducido a términos monetarios, el páramo intervenido pierde un 6% de su valor, equivalente a 1,7 millones de USD, respecto al páramo natural.

Evaluación de sostenibilidad y metodologías aplicadas a agroecosistemas de páramo

Para abordar la sostenibilidad y servicios ecosistémicos en unidades productivas, se han aplicado diversas metodologías. En el páramo de Guerrero (Cundinamarca) Rojas (2023), realizó una evaluación en agroecosistemas utilizando el marco internacional para la Evaluación de la

Sostenibilidad de los Sistemas Agrícolas y Alimentarios (SAFA), identificando los actores con incidencia en el territorio y cuatro tipologías de productor, sin embargo, al evaluar los servicios ecosistémicos solo identificó tres de los 14 reportados para páramos. Por otra parte, se observó las relaciones entre los servicios ecosistémicos y el desempeño de los predios, pero no fue posible establecer relaciones entre las acciones para conservar el suelo, identificado como soporte de varios servicios ecosistémicos, y las tipologías de los predios.

En contraste, la metodología del Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS), ha sido utilizada con mayor frecuencia. Fonseca-Carreño & Narváez-Benavides (2020), en el páramo de Sumapaz, valoraron indicadores de sostenibilidad (estabilidad, productividad, confiabilidad, autodependencia, adaptabilidad y resiliencia) en sistemas de producción campesina (SPC), donde evidenciaron que son medianamente sustentables y que su productividad agropecuaria depende de los recursos suelo, agua y biodiversidad.

De igual manera, Albarracín-Zaidiza et al. (2019), evaluaron 12 agroecosistemas con MESMIS, tomando como atributos: productividad, confiabilidad, adaptabilidad, autogestión, equidad, estabilidad y resiliencia, encontrando que son medianamente sustentables y operados por mano de obra familiar, lo que genera estabilidad. Por su parte, Vega (2021), diseñó un modelo para determinar la capacidad de sostenibilidad de sistemas agropecuarios bajo el fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENSO) (2005 y 2019), hallando que MESMIS es la metodología más citada y que los sistemas productivos con mayor grado de sostenibilidad presentan menor daño por eventos de origen climático.

En el departamento de Boyacá, Pérez-Alarcón et al. (2024), aplicaron la metodología del MESMIS de forma participativa en Unidades Productivas Campesinas (UPC) del municipio de

Tinjacá, encontrando niveles medios de sostenibilidad, donde la dimensión ambiental fue la mejor valorada; concluyeron la importancia de rediseñar las fincas para mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales, hacia sistemas agrosilvopastoriles y la transición agroecológica. Así mismo, Rojas-Cano et al. (2023), valoraron nueve unidades agrícolas en tres municipios del centro de Boyacá, coincidiendo que la mayoría tienen una sostenibilidad media, lo que les permite cumplir con la autosuficiencia alimentaria, pero requieren mejoras en transferencia de conocimiento, comercialización, ingresos mensuales, conservación de suelos y las prácticas ecológicas.

Estudios y procesos de planificación en el páramo Rabanal

El páramo Rabanal ha sido objeto de diversos estudios y procesos de planificación, dada su importancia estratégica, su gestión se realiza bajo la figura de Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI), cuyo plan de manejo se estructura en tres componentes: diagnóstico, ordenamiento y estratégico (Corpochivor, 2023; Gestor Normativo - Función Pública, 2010).

Este páramo cuenta con una extensión aproximada de 24650 ha, de las cuales 2761,84 pertenecen al municipio de Ventaquemada y se superponen con el DRMI en las veredas Montoya, Estancia Grande, Parroquia Vieja y Boquerón, esta última cuenta con 1352,9 ha y ocupa un 20.38% del total del área del DRMI con 166 predios, y tiene 747,73 ha (12,45%) dentro del páramo.

Entre los usos del suelo propuestos, se encuentra que 6,06 ha tiene un uso principal como sistema agrosilvopastoril (ASP) (Corpochivor, 2023b), por otra parte, las áreas de mayor zonificación son las de preservación con 576,76 ha, restauración con 30,97 ha y de reconversión y sustitución con 140 ha (Corpochivor, 2023c).

El cambio en la cobertura del suelo de los páramos a causa de actividades antrópicas, es la principal causa del deterioro de estos ecosistemas, y la reducción de los servicios que estos prestan, teniendo en cuenta lo anterior y los conflictos que se presentan en el páramo Rabanal, Vergara & De Pellegrin (2025b) realizaron un análisis multitemporal entre los años 2000 a 2020 utilizando la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, evidenciando que la cobertura arbustiva disminuyó significativamente en un 36.3% y la forestal en un 9%; mientras que el mosaico de cultivos y pastos se expandió en un 2.5% para el año 2000 y un 8.1% para el 2020, por lo que se requieren acciones prioritarias para equilibrar las demandas del desarrollo agrícola con la conservación del ecosistema, a fin de garantizar una coexistencia sostenible.

En cuanto al cambio climático y el recurso hídrico, Ivanova (2022), estudió el impacto de los de los servicios de provisión y regulación del agua del río Teatinos del páramo Rabanal por el cambio de las coberturas de la tierra, mediante balances hidro-climáticos, identificando incrementos de temperaturas medias anuales y el desplazamiento de los pisos térmicos a mayores altitudes, induciendo un avance en las coberturas vegetales boscosas sobre las de páramo. Aunque no confirmó el incremento de la frontera agrícola, advirtió que, en años de baja disponibilidad hídrica, las demandas de riego para los cultivos supera la oferta de la cuenca, vulnerando la disponibilidad de servicios de provisión de agua para otras demandas hídricas antrópicas y la provisión para el mismo ecosistema.

Las comunidades que habitan en Rabanal o que hacen parte de la zona de influencia son beneficiarios directos de los servicios ecosistémicos que este páramo presta, sin embargo, Vergara & De Pellegrin (2025a), indicaron que se han realizado estudios relacionados con la biodiversidad, pero no una revisión detallada de sus servicios, para esto, revisaron 162 documentos publicados entre 1992 y 2022 para evaluar el progreso del conocimiento sobre la

gama de servicios ecosistémicos de este páramo, con el fin de identificar sesgos y definir prioridades de investigación, encontrando que se ha centrado en la evaluación y planificación ambiental dejando una brecha significativa en la comprensión de los servicios ecosistémicos, y los impactos de las iniciativas de conservación en las comunidades del páramo.

Sin embargo, se destacan antecedentes de intervención social, como el de Vergara-Buitrago et al. (2018) quienes realizaron procesos participativos en la vereda Montoya (Ventaquemada, Boyacá) para la sensibilización y capacitación sobre conservación de páramos, problemáticas ambientales, viverismo y restauración del ecosistema, concluyendo que es necesario un ordenamiento social, ambiental, productivo y que sea integral desde la realidad rural. Asimismo, el estudio desarrollado por Hernández (2021), mediante un diagnóstico rural participativo con los productores de los municipios de Samacá y Ventaquemada, permitió reconocer los procesos de adaptación a la variabilidad climática, encontrando que la alteración más significativa se observó en los cultivos y la parte pecuaria que incide de manera drástica en los cronogramas de las siembras y las actividades del componente agrícola, afectando así la economía de las familias del sector rural; logrando que los actores comprendieran su vulnerabilidad y la necesidad de estrategias de adaptación, resiliencia y mitigación de los efectos producidos por el cambio climático.

Agroecología y participación comunitaria en contextos rurales

La agroecología nace como respuesta a los problemas causados por los cambios de la revolución verde (Fernando Gómez et al., 2018). Concentra su atención en la administración de la sociedad y su ambiente, entendiendo a las comunidades en su entorno sociocultural, así como también las actividades propias de la subsistencia, que a su vez impactan en la calidad de vida de un ecosistema, por lo anterior, el papel de la agroecología es la búsqueda de bienestar y calidad

de vida, a partir de la equidad, resiliencia, adaptabilidad, estabilidad, eficiencia y eficacia (Gutiérrez Cedillo et al., 2008).

En ecosistemas de páramo, se han planteado alternativas agroecológicas orientadas a reducir la influencia sobre los recursos naturales. De acuerdo a Verano Jiménez & Villamizar González (2017), quienes proponen lineamientos agroecológicos basados en huertas autosostenibles bajo la premisa de ciclos de vida, uso de semillas nativas, uso de pequeñas parcelaciones y uso adecuado de desechos como botellas o recipientes, que pueden ser el soporte de pequeños cultivos como perejil, cilantro entre otros.

Como estrategia para la recolección de información de alto nivel Geilfus (2002), diseñó 80 herramientas estratégicas para el diagnóstico y planificación en contextos rurales, las cuales han sido ampliamente utilizadas en procesos participativos debido a que favorecen la interacción comunitaria, la apropiación territorial y la construcción colectiva de insumos para la toma de posturas. Estas herramientas se centran en la recolección de información a partir de diálogos semiestructurados con la finalidad de involucrar a la comunidad desde el diseño hasta la evaluación del proyecto, lo que favorece la corresponsabilidad, apropiación local y sostenibilidad, dando así un diagnóstico más apropiado de las comunidades rurales.

A pesar de los avances en la evaluación de sostenibilidad, servicios ecosistémicos y manejo de agroecosistemas de páramo, aún existen vacíos relacionados con la interacción entre la percepción de las comunidades, la planificación territorial participativa y la reorganización de unidades productivas campesinas en ecosistemas estratégicos como el páramo.

Aunque en el páramo Rabanal existen estudios relacionados con coberturas del suelo, conservación, variabilidad climática y planificación ambiental, son pocas las investigaciones en las que se articulen la evaluación participativa de la sostenibilidad, la percepción de servicios

ecosistémicos y la formulación de estrategias de reorganización predial orientadas a fortalecer la sostenibilidad en las Unidades Familiares Productivas Campesinas - UFPC.

En este contexto, esta investigación busca aportar herramientas de análisis socioecológico y planificación participativa que contribuyan a la conservación de servicios ecosistémicos y al fortalecimiento de las dinámicas productivas campesinas en el páramo Rabanal.

Marco teórico

Ecología de Páramos y Servicios Ecosistémicos

El páramo es un socioecosistema propio de la zona alto andina ecuatorial ubicado entre los límites del bosque andino y los glaciares, caracterizado por un clima frío y un relieve moderado predominantemente por acción de las masas glaciares (Sarmiento et al., 2013; Garzón, 2023). Estos ecosistemas son reconocidos por su particularidad biológica y su alto grado de endemismo, entre sus características distintivas sobresalen pajonales, frailejonales, chuscales, matorrales que junto con ecosistemas asociados al recurso hídrico como, lagunas, humedales quebrados entre otros, deben ser entendidos como territorios de defensa especial que integran componentes biológicos, geográficos, geológicos e hidrográficos, así como aspectos sociales y culturales (Ley 1930, 2018). Además, son un territorio multicultural y pluriétnico, en la medida que se reconoce que los páramos en general han sido ocupados, intervenidos y transformados, modificando los patrones preexistentes (Sarmiento et al., 2013).

Los servicios ecosistémicos corresponden a los beneficios inmateriales y materiales que los ecosistemas proporcionan a la sociedad que contribuyen al bienestar de los habitantes (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Pinos-Morocho et al., 2021), los cuales son primordiales para el bienestar de ser humano (Rivera & Rodríguez, 2011). De acuerdo a Millennium Ecosystem Assessment (2005), estos servicios se catalogan en la siguiente manera:

Servicios de Soporte

Estos servicios están conformados por los diferentes procesos necesarios para la producción de otros servicios ecosistémicos, entre estos se encuentran la formación de suelo, la fotosíntesis, el ciclaje de nutrientes, la producción primaria, entre otros.

Servicios de Provisión

Se refieren a los recursos que los ecosistemas brindan directamente como alimentos, fibras, semillas, agua, leña, entre otros o bienes materiales que mantienen las actividades humanas. En el contexto de páramo, los principales servicios de provisión incluyen:

Agua dulce: es el servicio de provisión más reconocido y fundamental, ya que los páramos abastecen agua potable para el consumo humano y sus actividades a más del 70% de la población colombiana (Rivera & Rodríguez, 2011; MADS, n.d.). La provisión de este servicio está relacionada con la filtración y almacenamiento de agua (Vargas-Ríos & Insuasty-Torres, 2021; Fonseca, 2022).

Alimentos: Incluyen los productos derivados de actividades agropecuarias (D. Rojas, 2023), así como alimentos silvestres.

Otros recursos: Recursos genéticos, fibras, productos bioquímicos, medicinas ancestrales y productos farmacéuticos.

Servicios de Regulación

Estos son los beneficios derivados de la regulación de los diferentes procesos de los ecosistemas. En el páramo estos servicios son críticos debido a la fragilidad del ecosistema, entre estos se encuentran:

Regulación hídrica: Es el servicio más relevante y esencial del páramo, ya que a estos ecosistemas se les atribuye su función como esponja, ya que el suelo se caracteriza por un alto

contenido de materia orgánica y estructura porosa, lo que le permite almacenar agua, retenerla y liberarla lentamente, regulando así el flujo hídrico (Riaño & Márquez, 2025; Acuña, 2023; Galvis-Hernández & Ungar, 2021). De igual manera, la distribución de la vegetación permite la captura del agua, su conducción al suelo y a su vez influye en la protección del suelo de la erodabilidad y desecación (Murillo et al., 2019; Naranjo, n.d.).

Captura y almacenamiento de carbono: El páramo actúa como un importante sumidero de carbono (Pinos-Morocho et al., 2021; Garzón, 2023), debido a las bajas temperaturas y a las limitaciones edáficas disminuyen la tasa de descomposición de la materia orgánica, permitiendo que el carbono se incremente en la superficie del suelo (Vargas-Ríos & Insuasty-Torres, 2021; Manosalva et al., 2023). Este servicio ayuda a la mitigación del cambio climático (Rojas, 2011).

Protección del suelo: Se refiere al control de la erosión (Vargas-Ríos & Insuasty-Torres, 2021), debido a que la vegetación ayuda a protegerlo de la radiación solar y del impacto de las precipitaciones, minimizando la escorrentía y evitando la pérdida del recurso (Pinos-Morocho et al., 2021).

Servicios Culturales

Son los beneficios no materiales que proveen los ecosistemas (Laverde, 2008) (Pinos-Morocho et al., 2021), y están relacionados directamente con las poblaciones humanas y su bienestar (Betancourt, 2019), entre estos se encuentran:

Valores éticos y recreativos: El páramo es un espacio que brinda un disfrute paisajístico y de recreación (Corpochivor, 2023; Vargas-Ríos & Insuasty-Torres, 2021; Fedesarrollo, 2013). El ecoturismo es reconocido como una estrategia social y financiera para la conservación, mientras este se encuentre regulado (Ley 1930, 2018).

Valores de identidad y espirituales: Estos ecosistemas son territorios con historia, cultura y política (Hofstede et al., 2014). Han sido habitados y tienen un valor espiritual y religioso para las comunidades indígenas y campesinas, constituyéndose en espacios de reflexión y enriquecimiento espiritual (Laverde, 2008; Rojas, 2011; Betancourt, 2019; Rojas, 2023).

Agua, suelo y carbono en el Páramo

La regulación hídrica es intrínsecamente dependiente de las características del suelo y el carbono (Cáceres, 2019). Los suelos de los páramos andisoles, inceptisoles, entisoles e histosoles (Lazo et al., 2019; Sarmiento et al., 2013), al tener un alto contenido de materia orgánica (Galvis-Hernández & Ungar, 2021), les confiere una estructura porosa y una alta capacidad de retención hídrica, permitiendo que el agua de la lluvia se filtre y almacene (Acuña, 2023; Rivera & Rodríguez, 2011). El deterioro de las propiedades físicas del suelo, por actividades como la agricultura o la ganadería generan compactación, lo que reduce la capacidad de retención de agua, afectando el suministro hídrico (Manosalva et al., 2023; Triana et al., 2022; Vargas-Ríos & Insuasty-Torres, 2021).

Por otra parte, la alta acumulación de carbono orgánico en el suelo de páramo, se debe a las bajas temperaturas que limitan la mineralización y descomposición de la materia orgánica (Vargas-Ríos & Insuasty-Torres, 2021). La pérdida de carbono en el suelo, por prácticas como la quema y el arado intensivo, además de acelerar el efecto invernadero (Acuña, 2023), disminuye la fertilidad y capacidad de retención de agua en el suelo, comprometiendo el servicio hídrico (Pantoja, 2016; Manosalva et al., 2023).

La vegetación de estos ecosistemas está especializada para captar la humedad del aire, de igual forma contribuye a la protección contra la erosión y desecación, siendo estos factores

vitales para la función reguladora del agua y el carbono (Laverde, 2008; Rivera & Rodríguez, 2011; Pinos-Morocho et al., 2021; Naranjo, n.d.).

Unidad Familiar Productiva Campesina (UFPC) y Agroecología

La agricultura familiar campesina en el contexto boyacense es un proceso complejo y multidimensional (Luna, 2014; Rojas-Cano et al., 2023), que se desarrolla en Unidades Productivas Agropecuarias (UPA) (Galvis-Hernández & Ungar, 2021). En Boyacá y en zonas de páramo las UFPC se caracterizan por operar en micro y minifundios, con extensiones que oscilan comúnmente entre las 0.5 y 5 ha (Fonseca, 2022; Avella, 2021; Rojas-Ramírez et al., 2024).

Las UFPC están basadas en mano de obra familiar (Hernández, 2021), el cual es mayoritariamente no remunerado, siendo la familia la unidad básica de organización social en la producción (Avella, 2021). Tal como lo indican Osorio et al. (2024) y Fonseca & Palacios (2024) estos sistemas están orientados principalmente al autoconsumo y a la venta del excedente de productos que se realiza para sostener la estabilidad económica (Gil, 2021; Albarracín-Zaidiza et al., 2019). Estas unidades se gestionan para la producción de bienes y servicios agrícolas, pecuarios y silvícolas (Quiñones-Hoyos et al., 2021). En cuanto a la tenencia de la tierra es sobresale la falsa tradición, y a menudo adquirida por herencia (Avella, 2021).

Conocimientos campesinos y sistemas de producción

Los saberes campesinos se basan en la tradición oral de los conocimientos asociados a la producción agropecuaria (Avella, 2021), y en los saberes culturales y ancestrales de las comunidades (Albarracín-Zaidiza et al., 2019), adquiriendo un conocimiento importante del territorio, la fertilidad del suelo, las coberturas vegetales y las fuentes hídricas de la zona (Fonseca, 2021). Esto les permite desarrollar mecanismos de adaptación y resiliencia a las variaciones climáticas y a las condiciones biofísicas (Osorio et al., 2024).

Los campesinos buscan autonomía en la toma de decisiones sobre la actividad agrícola y productiva en su territorio, para diseñar estrategias sostenibles de producción, distribución y consumo (Osorio et al., 2024), de igual forma, tal como lo menciona Avella (2021), el campesino también tiene en cuenta las recomendaciones realizadas por los asistentes técnicos que los visitan.

Por otra parte, es importante mencionar el arraigo y sentido de pertenencia que tiene el campesino con el territorio y el deseo de permanecer en el páramo, ya que lo consideran un espacio de convivencia y buen vivir (Rojas, 2023; Osorio et al., 2024; Avella, 2021).

Sistemas de producción en alta montaña

En el Rabanal y otras zonas de páramo de Boyacá y Cundinamarca, los sistemas productivos predominantes en las UFPC son la agricultura y la ganadería (Corpochivor, 2023).

El monocultivo de papa es la base económica predominante para los pobladores del páramo, siendo esta la principal actividad agrícola en Rabanal, y se realiza bajo prácticas convencionales, con uso de agroinsumos, fertilizantes y mecanización (Franco, 2012; Gil, 2021) (Corpochivor, 2023). El monocultivo intensivo causa problemáticas ambientales como la escorrentía, la contaminación del agua, la compactación del suelo y la pérdida de carbono orgánico (Triana et al., 2022; Navarro, 2018; Pantoja, 2016).

La ganadería bovina de doble propósito es la segunda actividad económica (Vergara-Buitrago et al., 2018; Corpochivor, 2023); las prácticas pecuarias y agrícolas a menudo se complementan mediante rotación de cultivos y pastos (IAvH et al., 2008). No obstante, el sobrepastoreo y el uso de quemas son actividades que generan deterioro en el suelo, afectando el recurso hídrico (Vargas-Ríos & Insuasty-Torres, 2021; Mosquera et al., 2023).

Agroecología

La agroecología es un área del conocimiento, una disciplina científica y un movimiento social (Gil, 2021), que busca el diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles. Aplica conceptos y principios ecológicos para diseñar sistemas con mínima dependencia de subsidios energéticos y químicos (Altieri, 2002), promueve la diversificación biológica, la conservación de los recursos naturales, el aumento de la actividad biótica en el suelo a través de la materia orgánica y la integración animal-planta para el reciclaje de biomasa y nutrientes (Sarandón, 2002; Sarandón & Flores, 2014).

Sostenibilidad y Marco MESMIS

La sostenibilidad se entiende como la capacidad de los sistemas socioecológicos, para mantener un equilibrio dinámico entre componentes sociales, productivos y forestales (Rojas-Cano et al., 2023; Fonseca-Carreño & Narváez-Benavides, 2020), lo que implica la variabilidad en el tiempo de un sistema (Melgarejo, 2019). Requiere una relación armónica y equilibrada entre las dimensiones ambiental, social y económica (Rojas-Ramírez et al., 2024; Rojas-Cano et al., 2023).

La evaluación de la sostenibilidad debe realizarse desde un enfoque sistémico e integral, ya que los agroecosistemas son sistemas complejos donde las interrelaciones entre componentes ecológicos, económicos y sociales son cruciales (N. E. Fonseca-Carreño & Narváez-Benavides, 2020).

El enfoque de la sostenibilidad fuerte, es un concepto trabajado desde la economía ecológica, en la que se postula que el capital natural no es sustituible por capital financiero o físico, y por lo tanto, el desarrollo económico está limitado por las restricciones biofísicas y ecológicas del planeta. La evaluación de la sostenibilidad debe ser multidimensional,

incorporando las dimensiones social, económica, ecológica, política y tecnológica (Pinilla, 2023; Melgarejo, 2019).

Marco MESMIS y Atributos de Sostenibilidad

El MESMIS es una herramienta instrumental diseñada para evaluar la sostenibilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales, con un énfasis en los pequeños productores y su contexto local (Astier et al., 2008; López-Ridaura et al., 2002; Masera et al., 1999).

Este marco se caracteriza por ser un proceso cíclico, participativo, sistémico y multiescalar (N. Fonseca-Carreño, 2021), que evalúa la sostenibilidad mediante siete atributos generales, que describen los principios de un agroecosistema sostenible tal como lo indica Fonseca-Carreño & Narváez-Benavides (2020), Fonseca-Carreño (2021), Melgarejo (2019), M. Altieri et al. (2012), Astier et al. (2008), López-Ridaura et al. (2001) y Masera et al. (1999):

- Productividad: Capacidad del sistema para brindar el nivel requerido de bienes y servicios (Franco, 2012). Esta se comprende como la producción total por unidad de recurso invertido (trabajo, capital o tierra) (Gil, 2021). En un sistema sostenible, la productividad implica superar la visión tradicional económica, centrándose en la disminución del consumo e incluyendo insumos in situ generando un sistema más resiliente.
- Estabilidad: Capacidad del sistema para mantener la producción y el rendimiento ante perturbaciones (cambios ambientales o económicos).
- Resiliencia: Capacidad en la producción salvaguardando la productividad ante contextos de incertidumbre o perturbaciones. Implica la capacidad de renovarse y reorganizarse (Pinilla, 2023).
- Confiabilidad: Propiedad relacionada con la conservación de los recursos base.

- Adaptabilidad: Capacidad de los sistemas para transformar su funcionamiento o realizar ajustes internos ante posibles cambios del entorno.
- Equidad: Se refiere al acceso armónico a los bienes ambientales, derechos, deberes y responsabilidades entre géneros y costumbres.
- Autogestión: Capacidad del sistema de gestionar de manera eficiente el uso de insumos externos. Se relaciona con la toma de decisiones positivas dentro de la comunidad.

Así mismo, se indica que la flexibilidad metodológica es tan amplia que la recolección de información que se ha desarrollado se puede efectuar a partir de mediciones de campo, encuestas semiestructuradas, simulaciones y coeficientes técnicos, que a su vez son expuestos a través de amebas y diagramas que permiten una disposición visual óptima para el evaluador en términos comparativos (Speelman et al., 2007).

Percepción social del territorio

Es el proceso en el cual la comunidad asigna importancia, significación o valor a los servicios ecosistémicos, enmarcado en un contexto biofísico, sociopolítico, cultural y temporal particular (Hofstede et al., 2014; Melgarejo, 2019). La valoración multidimensional trasciende la cualificación monetaria, por lo que es necesario incluir los valores ecológicos, socioculturales, económicos, tecnológicos y políticos (Melgarejo, 2019).

La percepción de los servicios ecosistémicos se construye socialmente a partir de experiencias y relaciones de los habitantes con su entorno (Fernández, 2008). Los servicios ecosistémicos de provisión (alimentos, agua) son más fáciles de identificar y reconocer por la comunidad debido a su carácter tangible y uso cotidiano, mientras que los servicios de soporte (formación de suelos, ciclo de nutrientes) y regulación (hídrica o climática) son menos reconocidos por su complejidad e intangibilidad (Laverde, 2008; Pinos-Morocho et al., 2021).

La percepción y valoración del páramo se moldea por la identidad cultural, espiritualidad y costumbres de los campesinos. Los páramos son vistos como territorios de arraigo, espacios sagrados, y elementos que aportan al fortalecimiento espiritual y cultural de la comunidad (Rojas, 2023; Rojas, 2011; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

La asignación de valor a los servicios ecosistémicos juega un papel fundamental en la toma de decisiones sobre el diseño y manejo de los agroecosistemas (Melgarejo, 2019), por lo que es crucial incorporar la percepción y el conocimiento local para generar acuerdos sociales que aseguren la conservación (Rivera & Rodríguez, 2011).

Metodología

Ubicación geográfica

El presente estudio se ejecutó en el páramo Rabanal, específicamente en la vereda Boquerón del municipio de Ventaquemada, Boyacá. El área de estudio corresponde a un territorio de alta importancia ecosistémica, asociado al complejo de páramo Rabanal – Río Bogotá, caracterizado por la provisión de servicios ecosistémicos estratégicos, entre los que se encuentra la regulación hídrica, el almacenamiento de carbono, la conservación de la biodiversidad y el soporte para sistemas productivos campesinos.

Se evaluaron cinco unidades familiares productivas campesinas (Figura 1, Anexo 1 y Anexo 2), las cuales fueron seleccionadas de acuerdo a los siguientes criterios:

- Ubicación espacial: Predios inmersos total o parcialmente dentro de la delimitación del páramo Rabanal o del DRMI.
- Uso de suelo: Unidades con proceso de producción agropecuaria activa.

- Participación comunitaria: Disposición y compromiso voluntario de los propietarios o tenedores para ser partícipes de las dinámicas propuestas para el desarrollo de los objetivos.

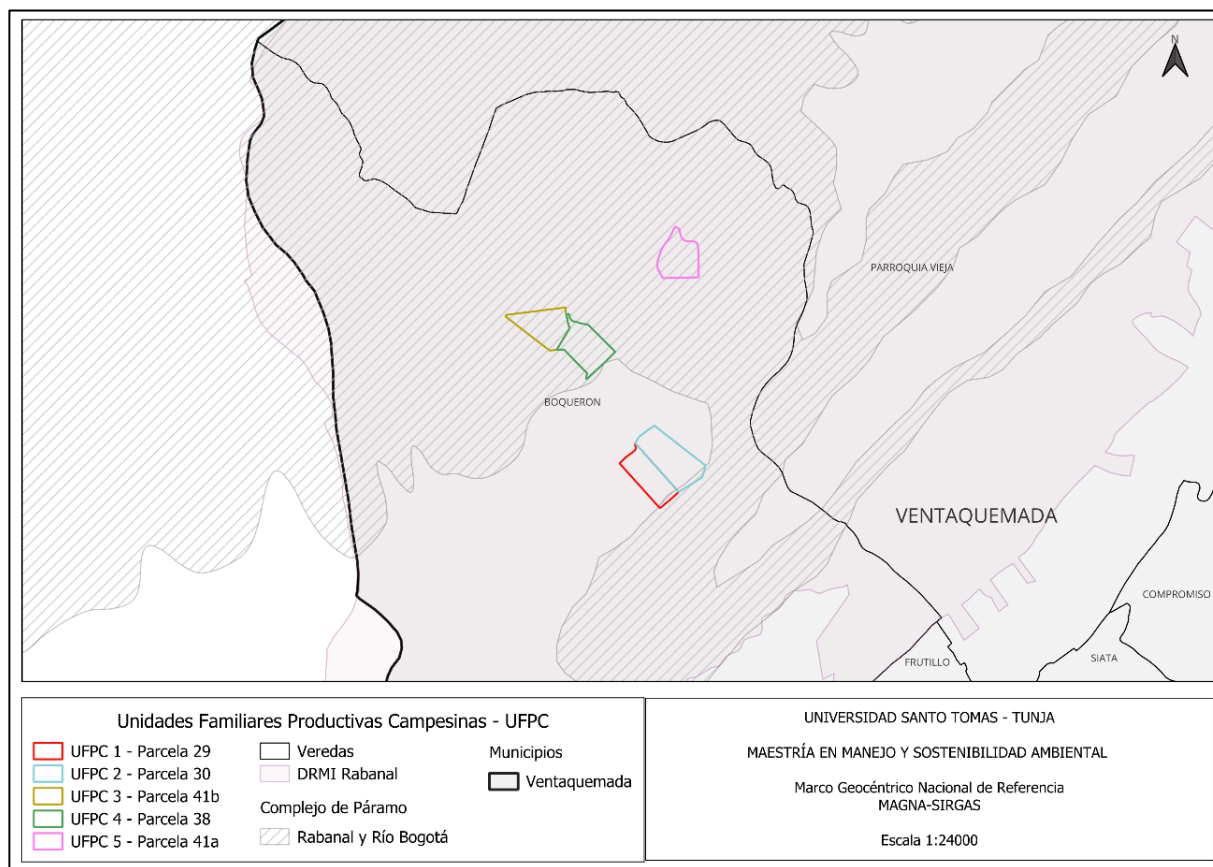
Inicialmente se identificó una población potencial de 10 agricultores, no obstante, tras verificar el cumplimiento de los criterios mínimos y la disponibilidad de los propietarios, la muestra definitiva se consolidó en cinco UFPC.

Dado el enfoque cualitativo y cuantitativo de la investigación, el estudio no pretendió la extrapolación estadística poblacional hacia la totalidad de la vereda, sino, profundizar en el análisis multidimensional de la sostenibilidad, la percepción de los servicios ecosistémicos y la redistribución predial a escala de parcela o unidad.

Tabla 1. *Información general de las UFPC de estudio.*

UFPC	Nombre	Área (ha)	Coordenadas	Altitud (m)
1	Parcela 29	6.5437	5°21'20.18" N, 73°34'33" O	3109 - 3136
2	Parcela 30	7.2866	5°21'15.73" N, 73°34'30.56" O	3090 - 3129
3	Parcela 41b	6.0800	5°21'45.89" N, 73°34'52.84" O	3234 - 3286
4	Parcela 38	5.8473	5°21'34.80" N, 73°34'46.81" O	3193 - 3237
5	Parcela 41a	6.1000	5°21'52.29" N, 73°34'30.24" O	3186 - 3220

Figura 1. Mapa ubicación de las UFPC.

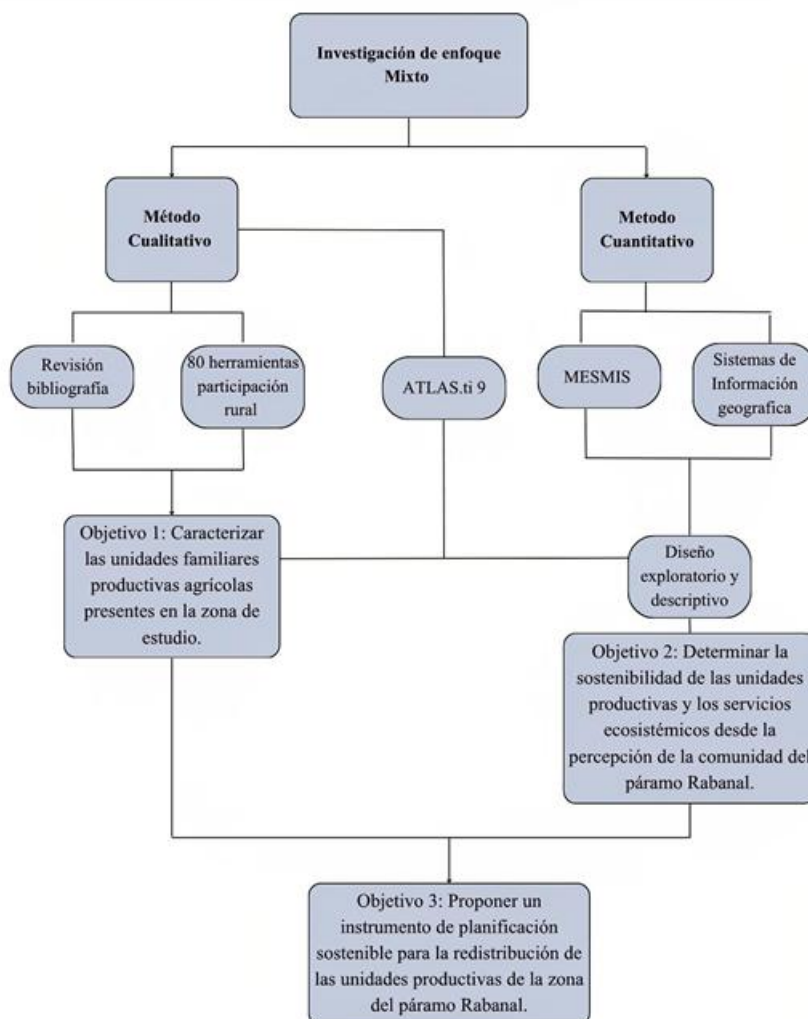


Diseño metodológico

La investigación se desarrolló bajo un diseño metodológico no experimental, entendido como aquel en el que las variables no tienen ningún tipo de alteración o manipulación por parte de los investigadores (Valladares et al., 2026); el estudio tuvo un enfoque mixto integrando métodos cuantitativos y cualitativos (Hernández-Sampieri et al., 2018), para la comprensión integral de las dinámicas socioecológicas presentes en las UFPC. Con alcances en los ámbitos exploratorio y descriptivo. Exploratorio, debido a la necesidad de comprender e identificar las relaciones entre las prácticas productivas, la sostenibilidad y la percepción de los habitantes sobre los servicios ecosistémicos en contextos de páramo; y descriptivo, al realizar la caracterización ambiental, social y económica de las unidades evaluadas.

El diseño metodológico integró herramientas de evaluación participativa, análisis del territorio y la valoración de la sostenibilidad, articulando el rigor técnico con la participación local, con la intención de obtener una comprensión general de las UFPC elegidas, presentes en el páramo Rabanal. Para esto se realizó la siguiente secuencia de pasos: a) Diagnóstico de las UFPC, b) Generación de redes y nube de palabras mediante el uso del software ATLAS.ti, c) Evaluación de sostenibilidad y percepción de servicios ecosistémicos y d) Estudio espacial y cartografía participativa (Figura 2).

Figura 2. Mapa diseño metodológico.



a. Diagnóstico de las Unidades Familiares Productivas Campesinas

La recopilación de información primaria se fundamentó en la implementación de entrevistas semiestructuradas y diálogos participativos con algunos de los integrantes de las familias campesinas. De acuerdo con Babativa et al. (2024), la entrevista semiestructurada es un instrumento cualitativo que permite obtener información precisa mediante un dialogo fluido, facilitando una comprensión profunda de la realidad del sujeto. El instrumento se estructuró para profundizar en el conocimiento del territorio a través de las características biofísicas y productivas de las UFPC, el uso y manejo del suelo, las prácticas agropecuarias, la dependencia y percepción de los servicios ecosistémicos, las dinámicas económicas y socioecológicas, la organización de la comunidad, las problemáticas ambientales y las estrategias de los habitantes para su manejo (Anexo 3).

Durante la ejecución se implementaron dinámicas participativas de “campesino a campesino” y herramientas como gráficos históricos y árboles de problemas (Anexo 4). Asimismo, se integró la cartografía social y recorridos participativos basados en las “80 herramientas para el desarrollo participativo” (Geilfus, 2002), las cuales facilitaron la interacción comunitaria y permitieron apoyar la identificación de los indicadores de sostenibilidad utilizados en el MESMIS.

Finalmente, se empleó la observación directa de cada unidad productiva con el fin de validar la información obtenida y hacer el reconocimiento de elementos ecológicos y productivos asociados al territorio.

b. Generación de Redes y nube de palabras con uso del software ATLAS.ti

Para estructuración e interpretación de la información recolectada mediante las entrevistas realizadas a los productores, se empleó el software de análisis de datos cualitativos

ATLAS.ti Versión 9. Esta herramienta permite el procesamiento de grandes volúmenes de datos en múltiples formatos de multimedia (Cipollone,2022). Permitiendo obtener una construcción sólida de un modelo conceptual integrado bajo criterios del MESMIS, mediante la selección de indicadores para las dimensiones social, económica y ambiental, con el fin de determinar los servicios ecosistémicos desde la percepción de la comunidad y proponer un instrumento de planificación sostenible para la redistribución de las unidades productivas de estudio.

El procesamiento de la información permitió obtener resultados concretos y reales, para su posterior análisis y se realizó mediante los siguientes 4 pasos en el software ATLAS.ti:

1. Transcripción: La base de datos utilizada para la investigación, fue alimentada mediante los audios obtenidos en la fase de campo durante las entrevistas, las cuales fueron transcritas textualmente en un procesador de texto con el fin de garantizar la protección de la identidad de los productores. Posteriormente, se creó un proyecto en ATLAS.ti, donde se asignó el nombre y se importó el documento en formato de texto.
2. Caracterización: Se realizó la primera exploración de los datos, ejecutando la herramienta nube de palabras (Word cloud) del programa, para identificar visualmente los términos más frecuentes o recurrentes de cada entrevista. Además, se aplicó un filtro de exclusión de palabras (stop words o stop list), con el fin eliminar los conectores, artículos y preposiciones propios del lenguaje dentro de una conversación recíproca, para obtener de manera más precisa las palabras de importancia, y así evitar sesgos de codificación (Anexo 4).
3. Codificación-Asignar indicadores del MESMIS: La codificación se realizó con una estrategia mixta, con información a partir de entrevistas, marco de problemas, noción de términos y gráficos históricos de la zona, que se integraron para la respectiva elaboración

de la nube para establecer microcódigos, correspondientes al marco MESMIS, siendo estos la base de las dimensiones social, ambiental y económica, dichos microcódigos corresponden a los indicadores cualitativos de evaluación que se implementaron para su respectivo análisis.

4. Creación de redes y agrupación: Se empleó la herramienta de redes para el diseño de mapas conceptuales individuales por cada dimensión de estudio (ambiental, social y económica). Para cada mapa se utilizaron las citas textuales y los indicadores correspondientes, donde se establecieron vínculos lógicos o de interdependencia entre los elementos, con el fin de comprender los puntos de sostenibilidad de cada dimensión en las unidades productivas. Por último, se realizó una fusión entre las redes dimensionales dentro del programa, para generar la red de servicios ecosistémicos. El punto donde se cruzan las tres dimensiones, señala que hay una correlación directa o indirecta, lo que permitió generar la propuesta de los indicadores empleados en el MESMIS con los cuales se evaluaron las zonas de estudio (Anexo 5).

La fiabilidad y validez del análisis cualitativo se garantizó mediante un proceso de codificación colaborativo y de revisión intersubjetiva, en el cual se evaluaron las relaciones de interdependencia entre las categorías. Ante diferencias de interpretación en el significado o aplicación de los códigos, se discutieron hasta alcanzar un consenso unánime. Asimismo, se mantuvo la trazabilidad sistemática entre las citas, los códigos, las categorías y los resultados, complementada con la triangulación de las fuentes de información.

c. Descripción de la metodología empleada para la evaluación de sostenibilidad

La metodología central de análisis se fundamentó en el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad

(MESMIS), adaptado para integrar elementos de percepción comunitaria, análisis territorial y evaluación socioecológica en ecosistemas de páramo.

Para la aplicación de esta metodología, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, n.d.), plantea un ciclo de evaluación conformado por los siguientes pasos:

- Determinación del objeto de la evaluación, caracterización de la UFPC.
- Determinación de las debilidades y fortalezas que puedan influir en la sostenibilidad de las unidades objeto de evaluación.
- Selección de indicadores, determinación de criterios diagnósticos.
- Medición y monitoreo de indicadores, elaboración de herramientas de análisis y obtención de información requerida.
- Consolidación y análisis de resultados, comparación de la sostenibilidad de las unidades productivas y análisis de oportunidades y limitaciones.
- Conclusiones y recomendaciones, propuesta de sugerencias para fortalecer la sostenibilidad en las unidades.

De esta manera, el marco MESMIS permitió evaluar la sostenibilidad de las UFPC a partir de indicadores agrupados en tres dimensiones: ambiental, social y económica. La dimensión ambiental tuvo un énfasis particular en la relación entre las prácticas productivas campesinas y los servicios ecosistémicos que ofrece el páramo, especialmente aquellos asociados a la regulación hídrica, conservación de la cobertura vegetal, biodiversidad y manejo del suelo.

Para la construcción de indicadores se consideraron atributos de sostenibilidad propuestos por el MESMIS, tales como productividad, estabilidad/resiliencia, adaptabilidad y equidad, así como el atributo complementario de conservación de recursos naturales, propuesto por los investigadores de acuerdo con las peculiaridades ecológicas del territorio estudiado. Los

indicadores fueron definidos a partir de la información obtenida en campo analizada en el punto anterior y ajustados al contexto territorial y sociocultural de las UFPC evaluadas.

La selección y estructuración de los 29 indicadores de sostenibilidad se realizó a partir del diagnóstico participativo y la caracterización de las UFPC, identificando los aspectos socioecológicos más relevantes manifestados por los participantes. Asimismo, la transcripción y el análisis de frecuencia sintáctica mediante nube de palabras en ATLAS.ti, permitió sintetizar las principales preocupaciones, dinámicas productivas y modos de vida de la comunidad.

A partir de esta información, se definieron los indicadores para las dimensiones social, económica y ambiental, adaptando una escala de evaluación cuantitativa tipo Likert de 1 a 5. En esta escala, el valor de 5 representa la condición óptima o deseable de sostenibilidad, mientras que el valor de 1 corresponde a la condición más desfavorable o crítica. A continuación, en la Tabla 2, se presentan las dimensiones, atributos e indicadores seleccionados:

Tabla 2. *Matriz de dimensiones, atributos e indicadores de sostenibilidad.*

Dimensiones	Atributos	Indicadores
Social	Adaptabilidad	Acceso a educación
	Productividad	Oportunidades de formación
	Adaptabilidad	Saberes tradicionales
	Productividad	Uso del tiempo en labores de finca
	Estabilidad/Resiliencia	Trabajo y unión comunitaria
	Adaptabilidad	Movilidad del agricultor
	Adaptabilidad	Planificación predial
	Conservación de recursos naturales	Difusión y transferencia de saberes
	Productividad	Migración de la población local
	Estabilidad/Resiliencia	Valoración del paisaje
Económica	Equidad	Participación equitativa de mujeres y hombres
	Productividad	Fuentes externas de recursos
	Productividad	Venta y trueque de productos
	Adaptabilidad	Diversificación de cultivos
	Productividad	Alimentación suficiente y variada (Seguridad alimentaria)
	Equidad	Administración del dinero en la familia

Ambiental	Productividad	Control de plagas
	Estabilidad/Resiliencia	Disponibilidad de recursos forestales
	Estabilidad/Resiliencia	Acceso a créditos agropecuarios
	Conservación de recursos naturales	Cobertura vegetal del ecosistema
	Estabilidad/Resiliencia	Acceso a recursos naturales
	Conservación de recursos naturales	Manejo de residuos
	Conservación de recursos naturales	Gestión del recurso hídrico
	Conservación de recursos naturales	Conservación y manejo del suelo
	Estabilidad/Resiliencia	Convivencia con actores del ecosistema
	Adaptabilidad	Identificación de especies de interés medicinal
	Estabilidad/Resiliencia	Procesos de conservación
	Conservación de recursos naturales	Conservación de fuentes hídricas
	Conservación de recursos naturales	Salud del suelo

Análisis y procesamiento de datos.

La información obtenida mediante entrevistas, observación directa y herramientas participativas se sistematizó y organizó en matrices para realizar la valoración y comparación de los indicadores entre las UFPC (Anexo 6). Posteriormente estos datos fueron procesados en Microsoft Excel. Los resultados obtenidos fueron estandarizados mediante la ecuación propuesta por Alfonzo et al. (2008), la cual se presenta a continuación:

$$ND = \left(\frac{V - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \right) \times 100$$

Donde:

ND = Nivel de desempeño del indicador

V = Valor medido del indicador

V máx = Valor máximo del indicador

V mín = Valor mínimo del indicador

Estos valores se estandarizaron y fueron transformados a una escala de cinco puntos de la siguiente manera:

Valores de 81 a 100% equivalen a 5

Valores de 61 a 80% equivalen a 4

Valores de 41 a 60% equivalen a 3

Valores de 21 a 40% equivalen a 2

Valores de 0 a 20% equivalen a 1

Donde al incrementar el valor de 1 a 5, representa un aumento en el nivel de sostenibilidad, siendo el cinco el más alto.

Se establecieron 11 indicadores para la dimensión social, 8 para la dimensión económica y 10 para la dimensión ambiental. De acuerdo con lo propuesto por Pérez (2019), mediante el promedio de los indicadores de cada dimensión, se calculó el Índice General de Sostenibilidad para cada UFPC, entendido como un valor numérico que muestra el nivel de sostenibilidad de cada unidad, siendo este:

$$\text{IGS.UFPC} = \frac{\text{IS.DS} + \text{IS.DE} + \text{IS.DA}}{3}$$

Donde:

IGS.UFPC = Índice General de Sostenibilidad Unidad Familiar Productiva Campesina.

IS.DS = Índice de Sostenibilidad Dimensión Social

IS.DE = Índice de Sostenibilidad Dimensión Económica

IS.DA = Índice de Sostenibilidad Dimensión Ambiental

Los grados de sostenibilidad se determinaron de acuerdo con la clasificación presentada en la Tabla 3:

Tabla 3. *Índice de sostenibilidad.*

Valor	Grado de sostenibilidad
0.1 – 1.0	Muy bajo
1.1 – 2.0	Bajo
2.1 – 3.0	Medio
3.1 – 4.0	Alto
4.1 – 5.0	Ideal

Fuente: Tomada de Rojas et al., 2023

Posteriormente, los resultados fueron integrados en tablas comparativas para generar los diagramas multicriterio tipo ameba, lo que permitió visualizar el desempeño de los indicadores y comparar el nivel de sostenibilidad de las UFPC evaluadas (Anexo 5). Estos gráficos facilitaron la identificación de fortalezas, limitaciones y puntos críticos asociados a las dinámicas productivas, sociales y ambientales presentes en las unidades productivas del páramo Rabanal.

Percepción de los servicios ecosistémicos

La identificación de los servicios ecosistémicos se realizó mediante la percepción de los habitantes de las UFPC, obtenidas a partir de las entrevistas y los ejercicios de cartografía social. Los servicios ecosistémicos identificados fueron clasificados de acuerdo a las categorías propuestas por Millennium Ecosystem Assessment (2005), agrupándolos en servicios de soporte, abastecimiento, regulación, y culturales (Figura 3).

Figura 3. Clasificación de los servicios ecosistémicos por Millennium Ecosystem Assessment.



Fuente: Camacho & Ruíz (2012).

Posteriormente se analizaron las relaciones entre las prácticas productivas desarrolladas en las UFPC y los servicios ecosistémicos reconocidos por la comunidad, donde se identificaron las contribuciones y las presiones generadas sobre el páramo Rabanal.

d. Análisis espacial y cartografía participativa

Como insumo para el análisis espacial, los propietarios de las UFPC suministraron la información catastral de sus predios (Anexo 2), en los cuales se incluía el número predial. Mediante esta información se realizó la consulta y descarga de los polígonos en formato GeoJSON (.json) a través del portal web del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), estos archivos constituyeron la base cartográfica de cada unidad productiva y permitieron su incorporación al Sistema de Información Geográfica para el posterior análisis espacial.

La georreferenciación en las UFPC se efectuó mediante dispositivos GPS Garmin y la aplicación Avenza Maps durante la visita a las unidades. Posteriormente la información espacial obtenida en campo se integró en el software QGIS (versión 3.44.6-Solothurn) con los polígonos

de los predios descargados del portal del IGAC y con las capas de información espacial relacionadas con áreas protegidas, uso de suelo, drenajes, frontera agrícola, delimitación del páramo y el DRMI páramo Rabanal, entre otros.

Como parte del diagnóstico participativo, se desarrolló un ejercicio de cartografía social en el que las familias representaron sobre un mapa base de su unidad productiva la organización espacial de la finca, incluyendo áreas de cultivo, zonas de pastoreo, fuentes hídricas, relictos de coberturas nativas, infraestructura y demás elementos asociados al manejo del predio (Anexo 8).

La información generada de este ejercicio se digitalizó e integró en QGIS con las demás capas de información territorial, y se realizó un análisis espacial orientado a la identificación de conflictos y potencialidades de uso del territorio.

A partir de este análisis espacial, la información obtenida en los ejercicios de cartografía participativa, el uso de libros sobre suelos como Soil taxonomy y los análisis de suelos de las unidades productivas agrícolas (Anexo 2), se elaboraron propuestas de reorganización predial mediante la delimitación de polígonos orientados al fortalecimiento de la sostenibilidad de las UFPC. Esto con el fin de optimizar la distribución de las labores productivas y los espacios de conservación, considerando criterios ecológicos, productivos y socioambientales asociados a la conservación de los ecosistemas del páramo.

Los mapas resultantes constituyen instrumentos de planificación territorial participativa, dirigidos a fortalecer la toma de decisiones de las familias campesinas frente al manejo sostenible de sus unidades productivas.

Resultados y discusión

Objetivo Número 1. Caracterización de las Unidades Familiares Productivas Campesinas

UFPC 1. Parcela 29

La finca denominada Parcela 29, se caracteriza por presentar un sistema rotacional entre el cultivo de papa y pasturas para la ganadería a pequeña escala (Figura 4). El predio cuenta con un área de protección ambiental previamente delimitada por la autoridad competente, la cual constituye un elemento fundamental en la conservación del predio (Figura 5).

La familia perteneciente a la UFPC 1, está conformada por Jorge Antonio Lancheros, su esposa y su hijo, quien actualmente se encuentra estudiando. Adicionalmente, el predio cuenta con un espacio destinado a aromáticas en las que destaca el cidrón y la caléndula, estas destinadas a usos medicinales dentro del núcleo familiar.

Los ingresos de esta familia dependen principalmente de la producción de papa y venta de leche. La superficie habitual de cultivos corresponde a 1 ha.

Figura 4. *Fotografías de la UFPC 1.*





Durante las entrevistas realizadas los representantes de esta familia indicaron reconocer especies como Arrayán (*Myrcianthes leucoxyla*), Encenillo (*Weinmannia tomentosa*), Gaque (*Clusia multiflora*) y especies con nombres comunes como maíz blanco. Este conocimiento

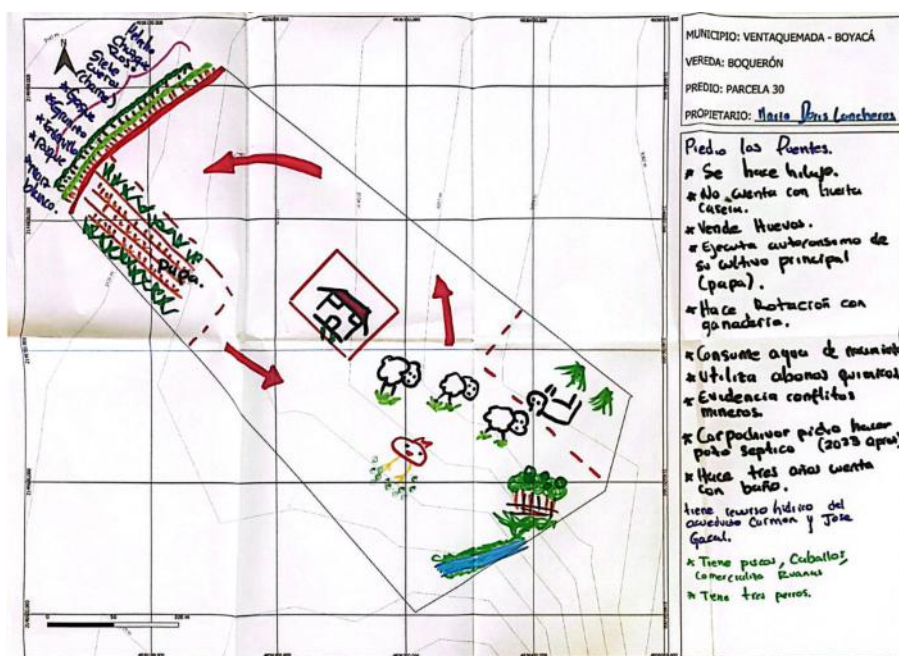
Figura 6. *Fotografías de la UFPC 2.*





Desde la perspectiva ambiental, el predio presenta un área de protección definida por la autoridad debidamente cercada en la cual se encuentra un pequeño nacimiento del cual se consume el recurso hídrico para el hogar (Figura 7), sin depender del abastecimiento del servicio de acueducto. Respecto a la composición florística de la zona, la propietaria identifica especies como el Ruque (*Viburnum triphyllum*), granizo (*Hedyosmum* sp.), Charly o Gaque (*Clusia multiflora*) y maíz blanco.

Figura 7. Cartografía social de la UFPC 2 - Parcela 30.



UFPC 3. Parcela 41b

La caracterización realizada del predio denominado “Parcela 41b”, permitió identificar aspectos relevantes relacionados a su composición familiar, actividades productivas y condiciones ambientales presentes en la unidad predial (Figura 8). El propietario manifestó convivir con su esposa y ser padre de cinco hijos, de los cuales dos continúan realizando labores agrícolas y tres migraron hacia ciudades.

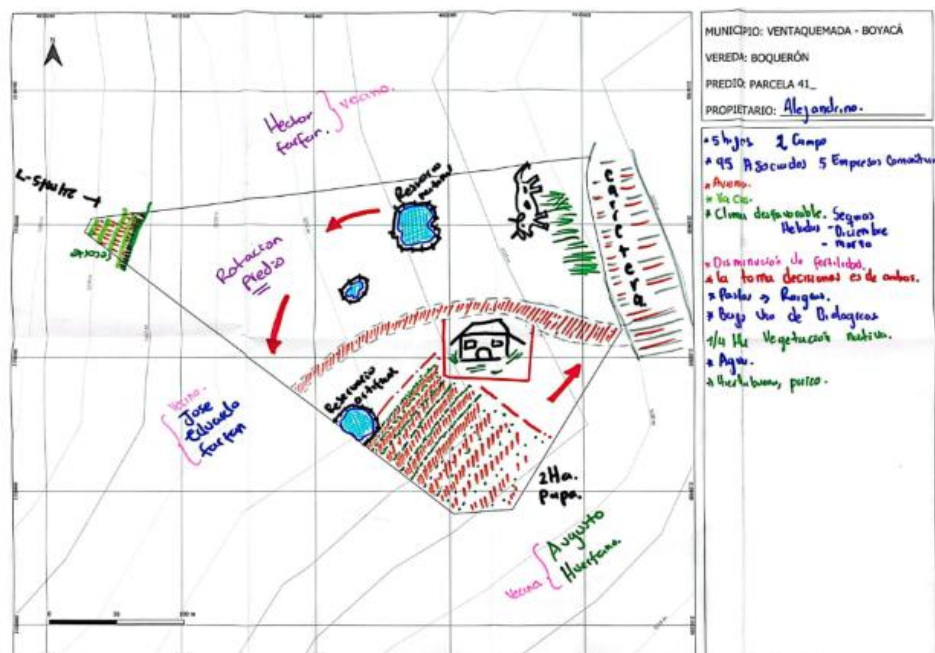
El predio dispone tres reservorios, de los cuales dos son naturales y uno artificial, estos son utilizados para garantizar las necesidades hídricas de los cultivos de papa, pasturas y avena.

Figura 8. Fotografías de la UFPC 3.



En relación al componente ambiental se identifica un área de protección debidamente aislada (Figura 9). El propietario manifiesta su preocupación por la minería ilegal del sector y el uso indiscriminado de productos agrícolas para la producción que inciden en la conservación del territorio.

Figura 9. Cartografía social de la UFPC 3 - Parcela 41b.



UFPC 4. Parcela 38

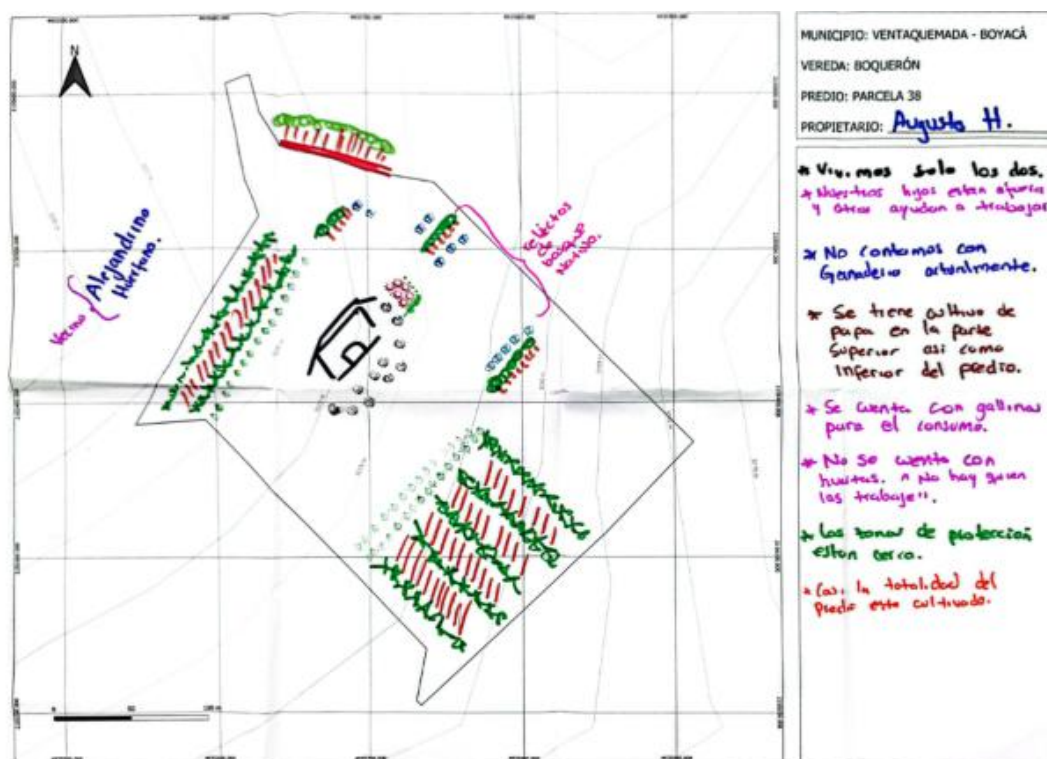
Esta unidad cuenta con un extenso cultivo de papa que ocupa un 80% de su área (Figura 10). Las labores de los cultivos son desarrolladas por algunos de los hijos del propietario y en ocasiones cuentan con apoyo externo de mano de obra. En la vivienda del predio el propietario convive con su esposa. El señor Augusto mencionó los cambios que se han desarrollado a través del tiempo en la fauna y flora del lugar, así como también en su propio predio en el que se evidencian conflictos con el bosque, contando con relictos de vegetación nativa en el lindero nororiental del predio (Figura 11).

Figura 10. *Fotografías de la UFPC4.*



Los estados fenológicos del cultivo son variables lo que permite reflejar que realiza la producción de su cultivo bajo un sistema escalonado, además el propietario manifiesta sembrar la misma variedad generando implicaciones adicionales en los controles fitosanitarios del cultivo.

Figura 11. Cartografía social de la UFPC 4 - Parcela 38.

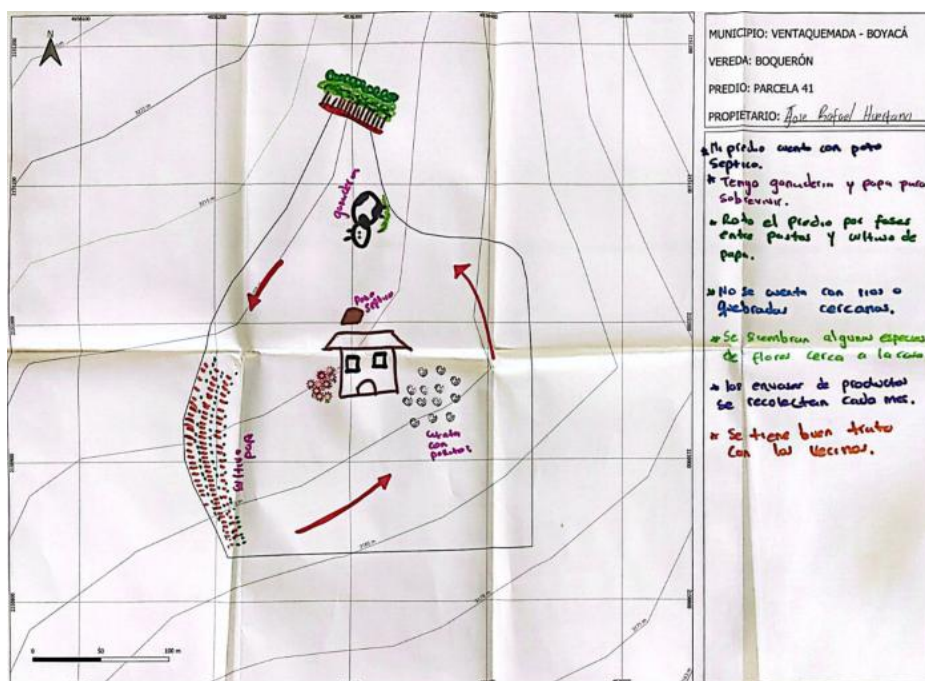


UFPC 5. Parcela 41a

Esta unidad se caracteriza por contar con un sistema rotacional de siembras de papa y presencia de actividades ganaderas, con el propósito de evitar procesos de mayor incidencia de enfermedades, el propietario manifiesta que es su medio de subsistencia. El predio cuenta con una zona de protección ambiental colindante en los costados norte y oriental.

El propietario nos permite conocer que él habita el predio solo, pero que cuenta con la colaboración y buen trato por sus vecinos lo cual le permite llevar una vida tranquila alejado del caos de la ciudad.

Figura 12. Cartografía social de la UFPC 5 - Parcela 41a.



En general los predios se caracterizan por presentar como medio de subsistencia familiar la implementación de cultivos de papa, de forma de monocultivo, no existe una diversificación de cultivos, debido a la vocación del suelo, precios del mercado y el clima del sector. El promedio del área de los predios es de 6.3 ha, producto de la parcelación que se ejecutó por parte de los antiguos INCORA e INCODER en los años 80 y 90, lo cual caracteriza los predios boyacenses minifundistas.

Por otro lado, existe una generalidad en los predios en cuanto a las franjas de protección las cuales fueron definidas en su momento por la autoridad ambiental en las que se pueden desarrollar prácticas agrícolas y pecuarias de bajo impacto.

Se evidencia adicionalmente la preocupación de los entrevistados en cuanto a temas como la migración, la explotación minera y la baja reflexión por parte de miembros de la población sobre temas como el cuidado y conservación del páramo, esto producto de la baja o nula participación de actores ambientales en el territorio. La cartografía general permite identificar en los predios

objeto de evaluación su similitud y la tendencia en cuanto a sus formas de vida, de pensamiento y de explotación de recursos para garantizar los medios de subsistencia de la comunidad.

Evaluación de la caracterización a partir del uso del software ATLAS.ti

La evaluación de la caracterización de las unidades como principio para establecer los indicadores del MESMIS se realizó mediante el uso del software ATLAS.ti, que dio como resultado la nube de palabras (Figura 13), donde se identificaron las categorías conceptuales predominantes dentro del estudio, siendo la más destacada en su frecuencia el término “Gente”, lo cual nos permite comprender la importancia del actor social como eje fundamental en las percepciones de desarrollo productivo agrícola. En segundo lugar, se evidencia la preocupación de los agricultores ante el recurso hídrico disponible y las repercusiones ambientales de la explotación minera en su territorio. Finalmente surgen términos asociados a saberes ancestrales y dietas propias del territorio que permiten establecer vínculos de coexistencia en sistemas socio ecológicos dinámicos.

Figura 13. Nube de palabras generada mediante el análisis realizado en ATLAS.ti.



Evaluación de redes de las unidades productivas campesinas

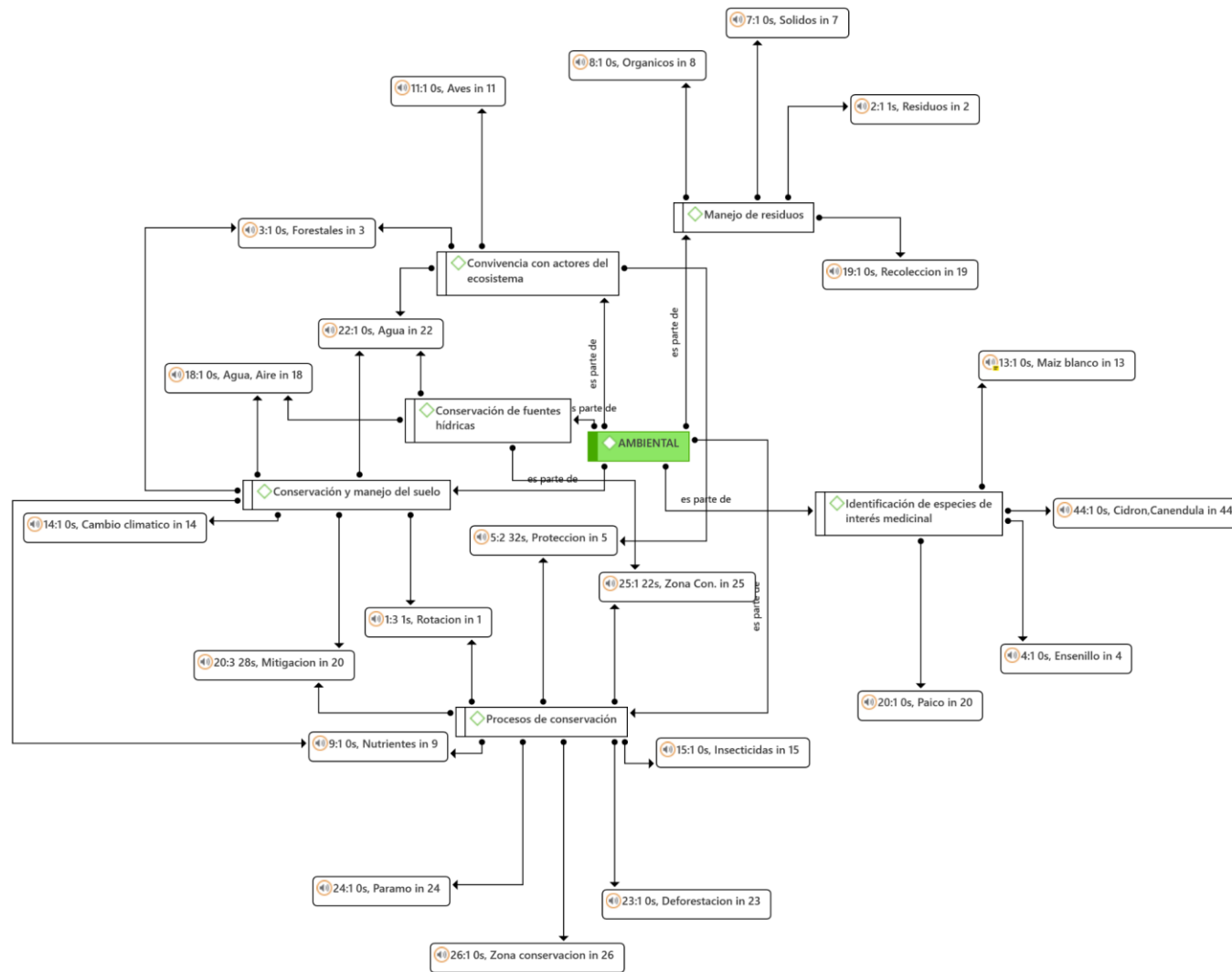
Para el presente análisis se tuvieron en cuenta los indicadores propuestos para la elaboración del MESMIS, con el fin de establecer las relaciones más frecuentes que en conjunto conforman un análisis con enfoque integrador, que a su vez representa los servicios ecosistémicos y su interacción con la población que convive en el área de estudio.

Para la elaboración de la dimensión ambiental (Figura 14) se dio uso de los 10 indicadores establecidos para la evaluación del MESMIS, buscando garantizar los resultados de las entrevistas ejecutadas en campo. A partir de dichos códigos se evaluaron 52 audios extraídos de las entrevistas semiestructuradas y delimitados en las dimensiones ambiental económica y social que permitieron establecer las frecuencias más relevantes en el área ambiental, en los que se destacan los procesos de conservación que se ejecutan directa e indirectamente en el territorio por parte de los productores con un total de 9 citas, interrelacionado a su vez con el segundo código más mencionado “Conservación y manejo de suelos” con un total de 8 citas, lo que permite corroborar la importancia dentro del análisis del productor, sobre los recursos disponibles en cada una de las unidades productivas, estos mismos a su vez influenciados en temas como páramos, deforestación y cambio climático, lo que permite inferir que los discursos analizados están enfocados en la protección de los recursos naturales bajo la explotación agrícola responsable, así como las problemáticas identificadas en el territorio y la afectación que en este generan.

Por otro lado, se observó que la “Gestión del recurso hídrico”, no obtuvo la relevancia suficiente dentro de los temas conversados, esto debido a que la zona cuenta con un volumen hídrico disponible considerado suficiente para las actividades que se desarrollan en las unidades,

que permite garantizar dicho recurso durante los 12 meses del año, y que no ha generado un impacto negativo en la producción agrícola.

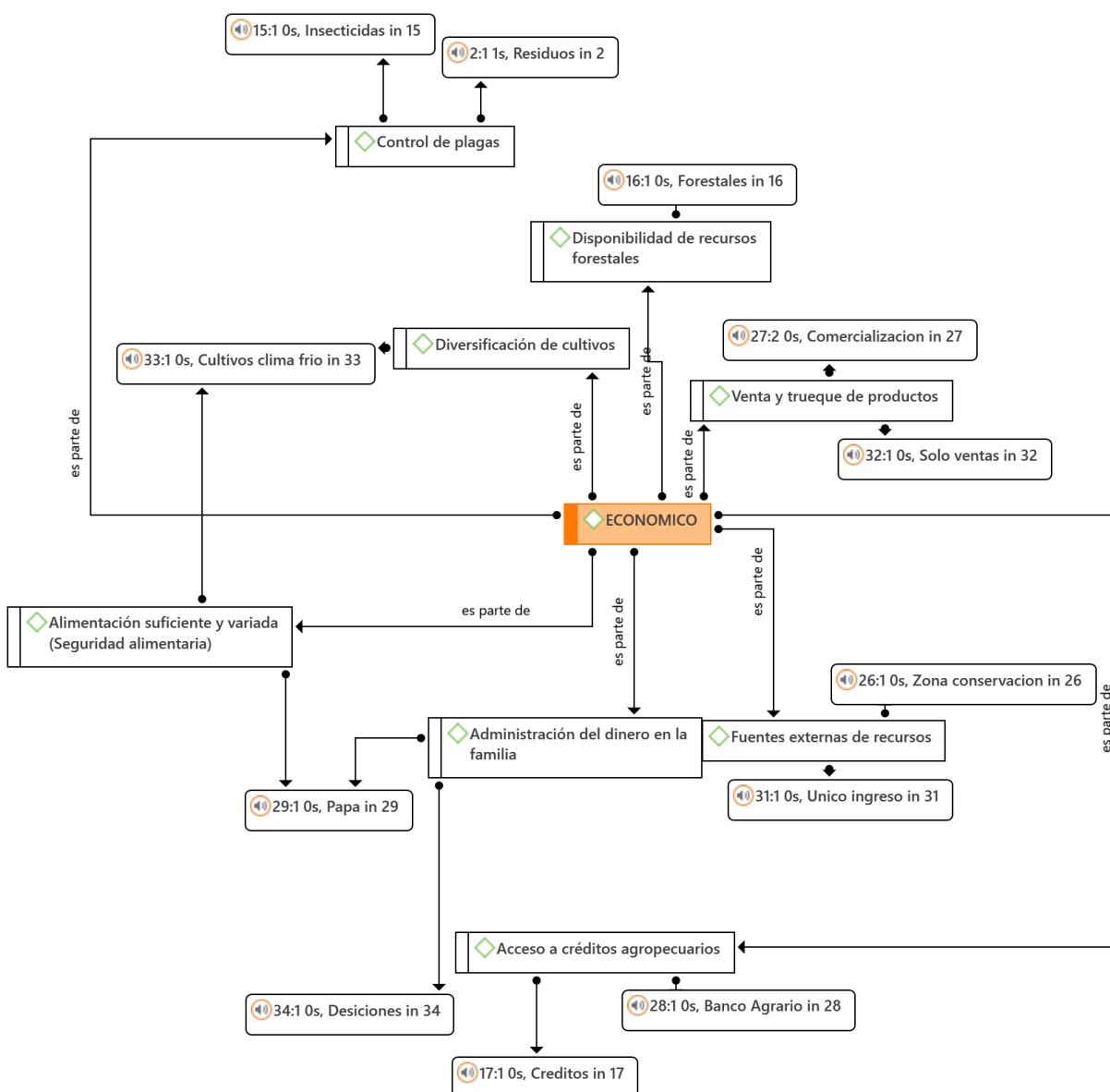
Figura 14. Red dimensión ambiental.



Para el caso de la dimensión económica como eje articulador de los servicios ecosistémicos (Figura 15), se establecieron 8 indicadores en la búsqueda de variables que permitieran establecer el impacto en la gestión económica de las familias. Como resultado se evidenció que indicadores como “Acceso a créditos agropecuarios”, “Administración del dinero en la familia”, “Alimentación suficiente y variada”, “Control de plagas” y “Fuentes externas de recursos” obtuvieron la misma relevancia en las capacidades de gestión interna de las familias, que a su vez incide en la toma de decisiones entre los núcleos familiares. Otro hallazgo se refleja en “Disponibilidad de recursos forestales” y “Diversificación de cultivos”, que no contó con relevancia suficiente por parte de los agricultores, esto debido a que a pesar de que la disponibilidad de recursos forestales es alta, para los productores es nula teniendo en cuenta que ya están establecidas áreas de protección en cada una de las unidades productivas y además, manifestaron que no utilizan estos recursos para sus actividades.

Por otra parte, la diversificación de cultivos es muy baja, teniendo en cuenta que el cultivo principal se centra en “papa” como sustento de las familias, con sistemas rotacionales de ganadería que afirman el establecimiento de monocultivos en las áreas de los productores.

Figura 15. Red dimensión Económica.

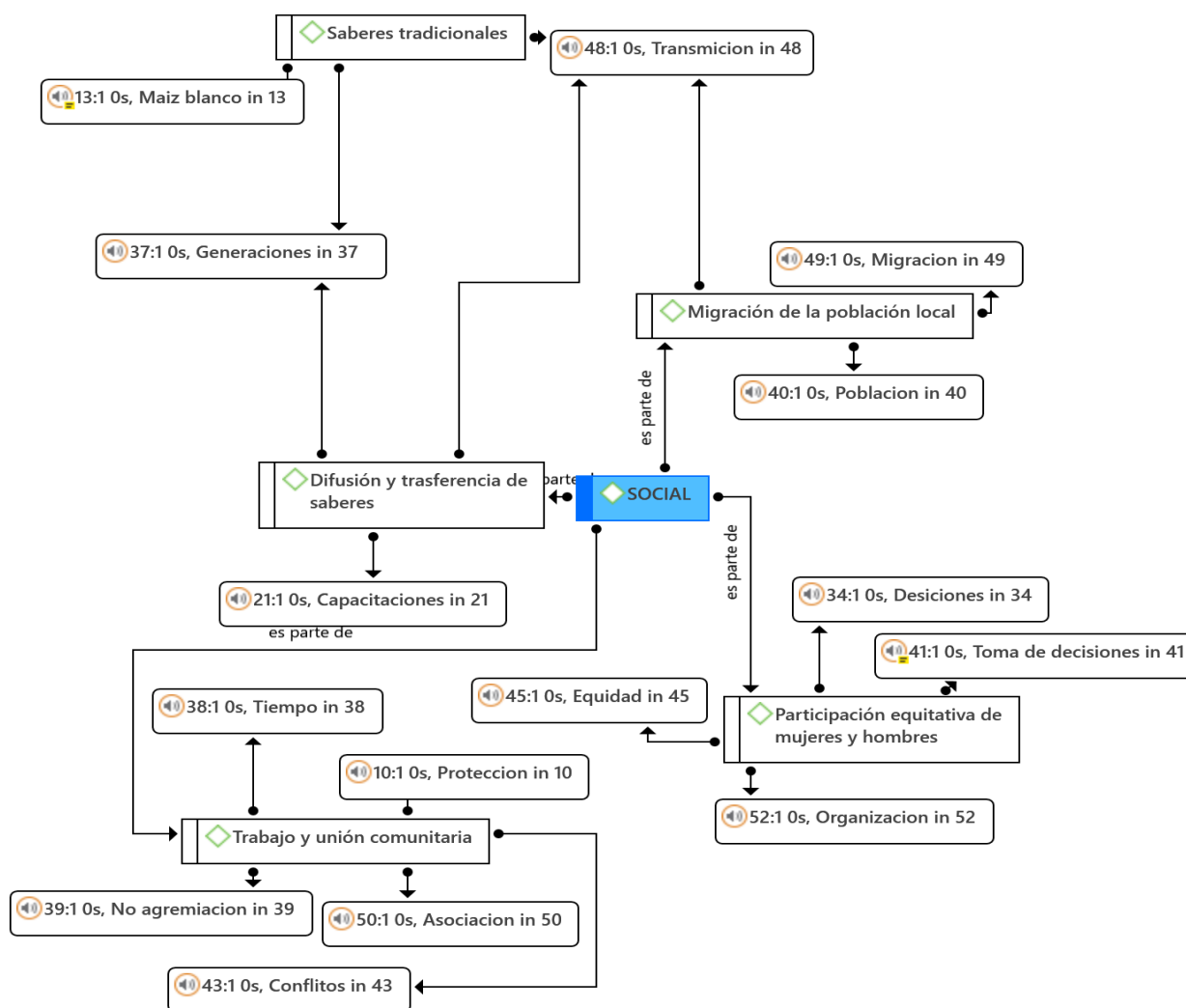


En el parte social como componente de evaluación se definieron 11 indicadores que permitieron establecer la variable con mayor impacto en la categoría, así como las interacciones entre las mismas (Figura 16). La categoría con mayor relevancia relacionada en las entrevistas fue la de “Trabajo y unión comunitaria”, con un total de 5 citas en la que se tocaron temas como organización comunitaria, equidad de género, toma de decisiones, donde los entrevistados manifestaron su preocupación enfocada en la falta de liderazgo, el cual es nulo o existen pocos

sistemas asociativos de trabajo, siendo esto reflejado como una debilidad en cuanto a la creación de estructuras organizativas que reducen la acción colectiva de la comunidad.

Por otro lado, se observa la relación entre la categoría de “Saberes tradicionales y difusión de transferencia de saberes”, las cuales presentan una fuerte cohesión e interrelación que permite afirmar que son dependientes la una de la otra en la evaluación.

Figura 16. Red dimensión social.



En cuanto a la migración se identifican dos corrientes, la primera enfocada en la migración local de las comunidades a centros poblados y pérdida de saberes tradicionales generacionales, y la segunda enfocada en la llegada de actores de migración externa que ejecutan

labores de minería ilegal en el territorio, que son considerados como focos de aumento de violencia y problemas sociales a nivel comunitario.

Se evidenció una baja percepción por parte de los productores respecto a temáticas relacionadas con la gestión del recurso hídrico y la salud del suelo. Esta situación puede explicarse por el hecho de que los agricultores suelen construir sus propias valoraciones ambientales a partir de juicios centrados en cambios perceptibles y de impactos sobre la productividad, así como lo exponen Thiemann et al. (2022), quienes encontraron que los factores asociados a los servicios de provisión presentaron mayor relevancia frente a servicios de regulación.

En cuanto al recurso hídrico, manifestaron que el territorio posee una buena disponibilidad por lo que no es una preocupación actual, esto puede deberse a que la percepción de abundancia del recurso puede disminuir la percepción de vulnerabilidad, reduciendo la motivación para la adopción de estrategias de conservación y gestión del agua (Soler Vargas, De Luque y Gómez Rendón, 2026).

Por otra parte, se evidenció que no es relevante la diversificación de cultivos, esto debido a la percepción de los agricultores sobre la vocación de sus predios, en los que enfatizan que los mismos son especiales para el establecimiento del cultivo de papa y ganadería de bajo impacto, por lo cual los agricultores suelen privilegiar sistemas productivos históricamente consolidados y adaptados a las condiciones locales, de manera similar Vilakazi et al (2025) encontraron que las decisiones de diversificación están influenciadas por factores como la experiencia agrícola y la percepción de beneficios.

Se identificó que los habitantes de las unidades productivas centraron sus preocupaciones en problemáticas sociales, particularmente aquellas relacionadas con la minería y procesos

migratorios. En el ámbito de la minería, Reis et al. (2026) indicaron que dichas actividades suelen convertirse en focos centrales de atención comunitaria debido a que pueden generar conflictos y transformaciones en los sistemas productivos, que a su vez influyen en la trayectoria y modos de vida de las poblaciones campesinas circundantes (Bebbington et al, 2008). Por otra parte, el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, señala que la migración es un factor que modifica las estructuras sociales rurales, y que, como producto de estas modificaciones, se presentan cambios representativos en la mano de obra agrícola influyendo en procesos contemporáneos de desarrollo rural y reconfigurando las dinámicas familiares campesinas (IFAD, 2018). Contrario a lo observado en temas como la producción, diversificación de cultivos y sistemas de autosuficiencia alimentaria, los cuales no fueron identificados como asuntos prioritarios, esto producto de condiciones de percepción más favorables que observan en su entorno inmediato.

Finalmente, para los agricultores, la planificación predial no es un tema central e importante, ya que la entienden como la explotación de los recursos para la ejecución de labores productivas y toma de decisiones operativas. En este sentido Martin Clouraire (2017), plantea que la gestión agrícola de planificación predial de los agricultores está vinculada a la programación y coordinación del desarrollo de actividades productivas y el manejo de los recursos disponibles.

La caracterización de las 5 UFPC propuesta en el objetivo número uno, se logró mediante entrevistas semiestructuradas, el uso de herramientas de participación rural (Geilfus,2002) y dinámicas de campesino a campesino. Identificando una serie de similitudes en cuanto a los medios de subsistencia basados en el monocultivo de papa y la ganadería, las nociones de los habitantes asociados a la coexistencia con el páramo, la explotación de los recursos y la

convivencia entre actores, permitiendo el reconocimiento del territorio y sus dinámicas en aspectos ambientales, económicos y sociales.

Objetivo Número 2. Evaluación de la Sostenibilidad de las UFPC y la percepción de los servicios ecosistémicos

Evaluación de la sostenibilidad en las UFPC mediante el MESMIS

Dimensión social

La evaluación de la sostenibilidad social en las UFPC evidencia contrastes entre factores que la favorecen como la dedicación al trabajo, y otros que la limitan, particularmente en aspectos relacionados con la formación, la organización comunitaria y la permanencia de las nuevas generaciones en la región (Figura 17), resultados que son consistentes con estudios previos en Boyacá que la sitúan en niveles medios a bajos debido a factores estructurales y al limitado apoyo institucional (Pérez-Alarcón et al., 2024; Rojas-Cano et al., 2023).

Los bajos valores obtenidos en Acceso a educación, a excepción de la UFPC 3 y en Oportunidades de formación reflejan una problemática recurrente en el sector rural colombiano con la falta de provisión estatal de bienes públicos y servicios básicos (Vinasco-Guzmán, 2021; Rodríguez-Espinosa, U., & Correa-Perdomo, A. V. 2022). El bajo nivel de escolaridad, frecuentemente limitado a la primaria básica en estas zonas, restringe las capacidades técnicas y la adopción de nuevas prácticas productivas o agroecológicas (Fonseca & Palacios, 2024; Gil, 2021). Esta falta de formación técnica y organizativa se ve obstaculizada por una asistencia técnica convencional que a menudo es intermitente o está sesgada hacia los intereses de las casas comerciales de agroquímicos, desplazando el conocimiento integral hacia soluciones de corto plazo (Rojas-Cano et al., 2023; Sanabria-Hurtado et al., 2022).

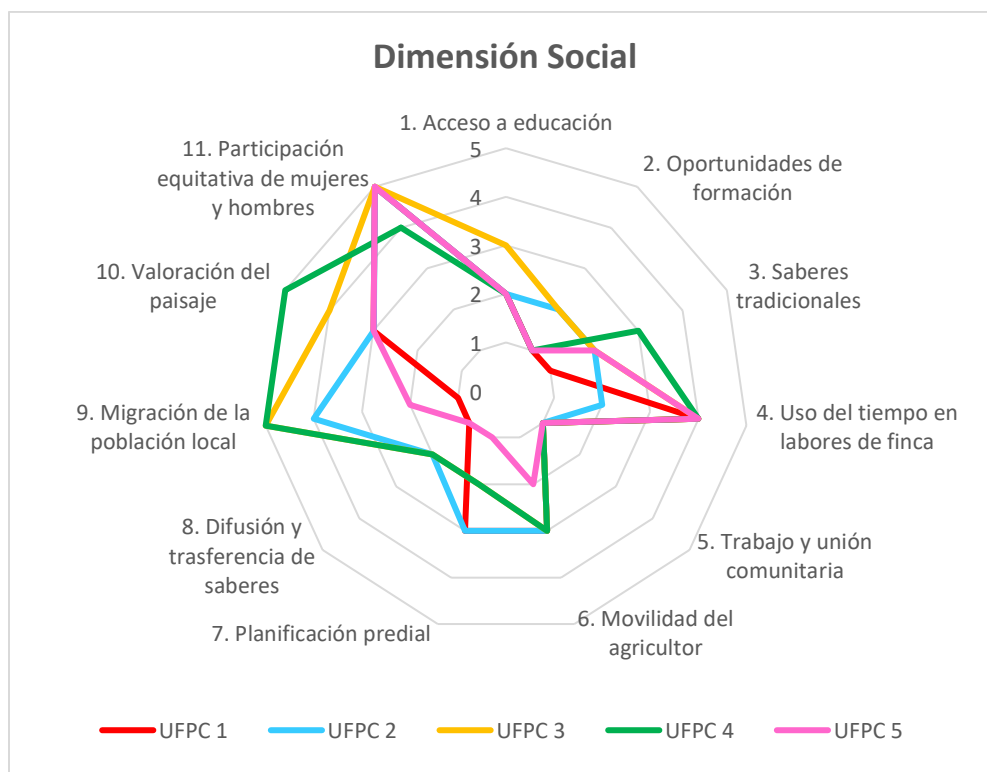
Aunque las UFPC muestran valores similares en los indicadores Saberes tradicionales y Difusión y transferencia de saberes, el reporte de una baja continuidad de estos conocimientos es preocupante. En Boyacá, la transición hacia tecnologías modernas ha debilitado la transmisión intergeneracional del saber campesino (Cuervo et al., 2026), este aspecto se vincula directamente con el indicador de Migración de la población local, en el que los jóvenes abandonan el territorio en exploración de mejores oportunidades educativas y económicas en las urbes (Pastrana-Aguirre et al., 2026; Vinasco-Guzmán, 2021; Gil, 2021). La migración no solo produce mano de obra disponible, sino que provoca una disminución en las habilidades de estos jóvenes que migran, ya que pierden la capacidad de diferenciar las variedades locales, los tipos de suelo, rompiendo esa memoria biocultural esencial para la resiliencia del ecosistema (Díaz-Ballesteros & Avellaneda-Torres, 2025; J. Pérez & Fletes, 2025).

Los resultados del indicador Trabajo y unión comunitaria confirman una tendencia histórica en Rabanal hacia el individualismo y el trabajo aislado en fincas. La desconfianza hacia las organizaciones alimentada por pasadas experiencias de corrupción o falta de resultados tangibles limita la capacidad de las familias para consolidar redes fuertes de comercialización o intercambio de saberes (Avella, 2021; Gil, 2021). No obstante, los altos valores obtenidos en Uso del tiempo en labores de finca demuestran que la familia continúa siendo el núcleo principal fundamental que sostiene el sistema productivo ante la falta de redes externas, asumiendo cargas de trabajo pesadas para garantizar la subsistencia (Cuervo et al., 2026; Álvarez & Barreto, 2016).

Altos valores se presentaron en todas las UFPC en Participación equitativa de mujeres y hombres, reflejando un avance en la unión familiar. Las mujeres de páramo no sólo desempeñan tareas de cuidado y huerta, sino que se consolidan como guardianas de la diversidad ecológica y líderes en promoción de procesos ambiental (Cuervo et al., 2026), este liderazgo femenino es un

pilar fundamental para cualquier proceso de reconversión agroecológica, dado su interés superior en la salud familiar y la conservación de recursos como el agua (Avella, 2021; Amorocho et al., 2024).

Figura 17. Sostenibilidad de la dimensión social de las UFPC de la vereda Boquerón, Ventaquemada.



Los bajos resultados en Planificación predial, indican que el manejo de las UFPC es en mayor proporción empírico y carece de instrumentos técnicos de ordenación (Rojas-Cano et al., 2023; Avella, 2021). Lo que sugiere la necesidad de implementar herramientas participativas como mapas futuros y diagnósticos rurales que facilite a los agricultores la adopción de decisiones informadas sobre el uso del suelo y la planificación del predio (Pérez-Alarcón et al., 2025; Hernández, 2021). Por otro lado, la Valoración del paisaje que se presenta con valores medios a altos muestra que el campesino es consciente de la transformación ecológica de su

entorno, reconociendo al páramo como una fuente hídrica vital, aunque a menudo se siente excluido de los procesos de delimitación y planificación territorial (Riaño & Márquez, 2025; Estupiñán, 2021; Gil, 2021).

En cuanto al indicador Movilidad del agricultor, presenta un desempeño medio en cuatro de las cinco unidades, lo que sugiere una capacidad funcional para la extracción de productos hacia los mercados, a pesar de las restricciones geográficas del páramo, desempeño que coincide con estudios realizados en otras zonas de Boyacá, donde se reporta que las comunidades rurales suelen depender de carreteras de grava, que aunque presentan condiciones regulares, permiten el tránsito de diversos tipos de vehículos para la actividad productiva (Rojas-Cano et al., 2023), no obstante, esto tiene una connotación ambivalente, ya que a pesar que es un factor de estabilidad social y económica, la apertura de vías de acceso para la extracción de papa es uno de los principales componentes que genera intervención y alteración del ecosistema, facilitando la incremento de la frontera agrícola (IAvH et al., 2008).

En términos generales, la sostenibilidad social de las UFPC depende de la capacidad de transformar los retos en oportunidades mediante el diálogo de saberes (Pinheiro et al., 2025). La fortaleza en equidad y dedicación al trabajo debe ser la base para reconstruir el tejido social y la asociatividad (Pérez-Alarcón et al., 2024). La transición agroecológica en Rabanal no solo requiere cambios técnicos, sino una reconversión sociológica que revalorice la identidad campesina, frente a la migración juvenil mediante la dignificación de la labor rural y articule los saberes locales con la gestión ambiental del territorio (Rojas, 2023; Avella, 2021, Zorro Melo, 2021).

Dimensión económica

La sostenibilidad económica evidencia que, aunque en las UFPC evaluadas cuentan con un sistema dinámico en términos comerciales, presentan vulnerabilidades críticas debido a su especialización productiva (Figura 18). Los resultados muestran un nivel de sostenibilidad media, coincidiendo con otros estudios en Boyacá, en los que se señala cómo la rentabilidad se ve comprometida por la variabilidad de precios y los altos costos de producción (Pérez-Alarcón et al., 2024; Rojas-Cano et al., 2023; Rojas, 2023).

La baja puntuación en Fuentes externas de recursos y la homogeneidad en la Diversificación de cultivos, a excepción de la UFPC 3, confirman que el sistema económico en esta zona está anclado al monocultivo de papa. Este modelo genera una alta dependencia de insumos externos como semillas certificadas y fertilizantes de síntesis química (Gil, 2021; IAvH et al., 2008; Arce et al., 2019). Aunque la especialización busca mayores rendimientos para el mercado, expone a las familias a un alto riesgo económico debido a la fluctuación de los precios y a factores bióticos que amenazan la producción (Porras Rodríguez et al., 2020).

En cuanto a la Alimentación suficiente y variada (seguridad alimentaria), la UFPC 3 al diversificar para el autoconsumo, demuestra una estrategia de vida que no solo garantiza la seguridad alimentaria, sino que actúa como un seguro frente a variaciones climáticas o de mercado (Román-Montes de Oca et al., 2020; Sarandón & Flores, 2014). La seguridad alimentaria de las UFPC puede ser funcional, pero a la vez precaria, por lo que es necesario que se recuperen espacios de huertas caseras y diversificar la base productiva más allá de la papa, pudiendo garantizar una dieta más saludable y variada, así como también podría contribuir al fortalecimiento de la independencia económica de las familias frente a las crisis del mercado y

los desafíos del cambio climático en el ecosistema de páramo (Osorio et al., 2024; Gil, 2021) Hernández, 2021).

El indicador Venta y trueque de productos con valores medios a altos evidencia una economía campesina plenamente integrada al mercado, aunque no se mencionaron trueques entre familias. Sin embargo, la comercialización suele estar asociada a intermediarios, reduciendo la posibilidad de negociación del agricultor y limita los valores agregados para la finca (Fonseca & Palacios, 2024).

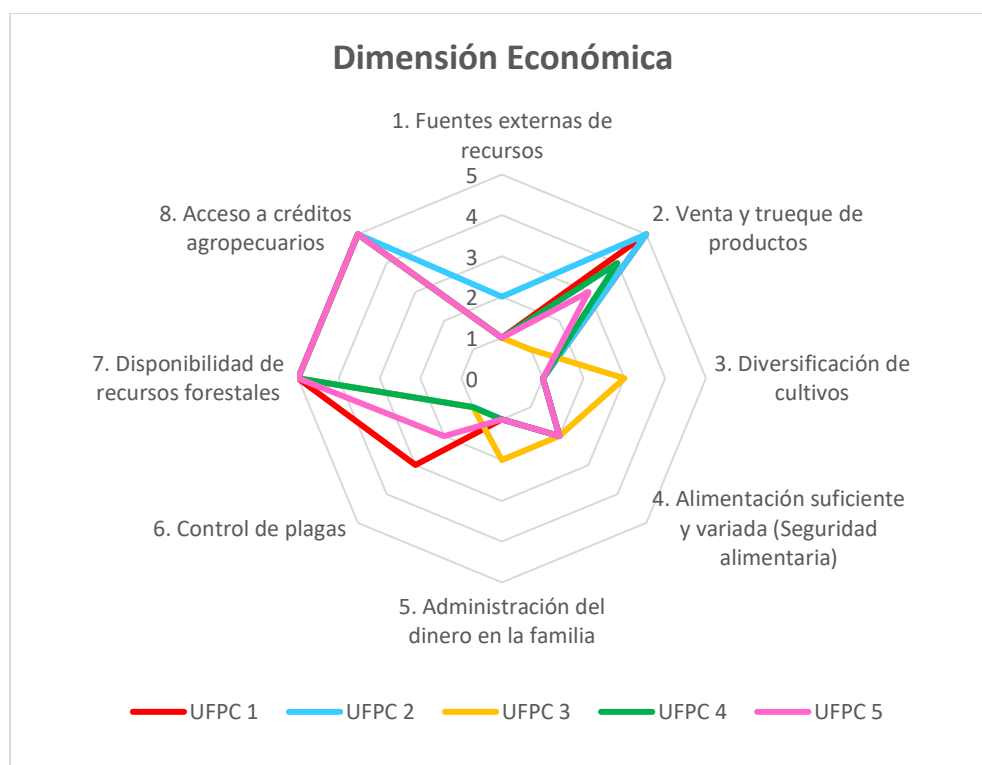
Un punto crítico es la Administración del dinero en la familia, que se centra en una sola persona, generando desigualdades, lo que refleja la persistencia de patrones patriarcales en la toma de decisiones económicas dentro del hogar rural (IAvH et al., 2008). La falta de independencia económica de algunos miembros del núcleo familiar, especialmente jóvenes y mujeres que aportan en labores diarias de los precios, puede limitar la capacidad de inversión en el sistema productivo.

El desempeño intermedio en el Control de plagas y el exclusivo uso de agroquímicos en tres de las unidades (2, 3 y 4), indican una tensión entre el ambiente y la economía. El uso indiscriminado de químicos, no solo incrementa los costos operativos, sino que degrada servicios ecosistémicos vitales como la calidad del suelo y del agua (Vargas-Ríos & Insuasty-Torres, 2021; Borrás et al., 2010; IAvH et al., 2008). La falta de prácticas de manejo integrado o biológico sugiere que parte de la asistencia técnica recibida continúa siendo sesgada ante soluciones comerciales de corto plazo, postergando la reconversión agroecológica que contribuiría a reducir la dependencia financiera de las casas comerciales (Rojas, 2023).

Es de resaltar que, a pesar de la Disponibilidad de recursos forestales en la zona, estos no son utilizados para uso doméstico, indicando una valoración del bosque nativo como proveedor

de servicios de regulación más que como fuente de energía (Vargas-Ríos & Insuasty-Torres, 2021). Por otro lado, el favorable Acceso a créditos agropecuarios es una fortaleza institucional que podría apalancar la modernización; sin embargo, si este crédito se destina exclusivamente a sostener el monocultivo, existe un riesgo de sobreendeudamiento, lo que puede comprometer la permanencia de la familia en el territorio (Rojas, 2023; Fonseca-Carreño et al., 2016).

Figura 18. Sostenibilidad de la dimensión económica de las UFPC de la vereda Boquerón, Ventaquemada.



Lo anterior se puede interpretar de manera que las UFPC requieren evaluar su forma actual de producción y pensarse alternativas que les permitan una mayor resiliencia financiera. La fortaleza en el acceso a créditos y la capacidad comercial pueden ser la base de la diversificación productiva y el valor agregado. Mejorar la equidad en la gestión del dinero familiar y reducir la independencia de insumos químicos son pasos fundamentales para asegurar

que el ingreso derivado de la tierra, sea sostenible y que la familia rural pueda persistir como guardiana del páramo (Fonseca, 2021; Calderón-Etter, 2014).

Dimensión ambiental

En la evaluación de esta dimensión se identificaron fortalezas en el manejo técnico interno de las unidades (suelo, agua y residuos), pero persiste una debilidad en cuanto a la protección de la base ecosistémica (cobertura vegetal y procesos de conservación) (Figura 19). Lo cual es característico de páramos intervenidos, donde la agricultura a pequeña escala intenta equilibrar la productividad con la fragilidad de un entorno que actúa como esponja hídrica, vital para la región (Hofstede et al., 2014).

Los bajos valores en los indicadores Cobertura vegetal del ecosistema y en procesos de conservación son consistentes con la realidad biofísica de Rabanal, los cuales coinciden con la dinámica de transformación del paisaje, mientras que en las UFPC evaluadas se identificó un potencial de restauración, las fuentes indican una pérdida crítica de vegetación natural, ya que los arbustales, esenciales para la sucesión ecológica, disminuyeron del 27,9% al 20.5% en dos décadas (2000 - 2020). Esta pérdida de cobertura vegetal nativa altera directamente las propiedades hidrofísicas del terreno, incrementando la macroporosidad y reduciendo la capacidad de infiltración del agua (Vergara & De Pellegrin, 2025; Anzoátegui et al., 2023).

De igual forma, Vergara & De Pellegrin (2025), indicaron los incrementos en mosaicos de pastos y cultivos del 2.5% al 8.1%, lo que podría explicar por qué las UFPC presentan coberturas vegetales naturales mínimas, y que de acuerdo a Navarro (2018) dicha transformación ha sido impulsada por los cultivos de papa, que reemplazan la vegetación original por sistemas de alta demanda hídrica y uso intensivo de insumos. De igual manera, la reducción del 9% en la cobertura boscosa afecta la conectividad ecológica (Vergara & De Pellegrin, 2025), lo que en el

páramo Rabanal puede traducirse en la creación de islas biológicas sin flujo genético, poniendo en riesgo la resiliencia del ecosistema ante la variabilidad climática (Navarro, 2018).

La limitada incorporación de estrategias para proteger la biodiversidad en las UFPC pone en riesgo servicios de soporte fundamentales ya que la remoción de la vegetación endémica, como los frailejones, altera las propiedades fisicoquímicas del suelo y reduce drásticamente la regulación hídrica. La baja puntuación en conservación indica que, aunque existe un reconocimiento de especies del páramo, no hay una gestión activa para su preservación, lo que fractura la integridad biológica del corredor Rabanal-Río Bogotá.

En cuanto a la Identificación de especies de interés medicinal, se presentaron valores medios a bajos, y de acuerdo a las entrevistas estas son reconocidas, pero no son de uso frecuente, a pesar de la amplia riqueza floral medicinal en Rabanal, incluyendo especies como el frailejón *Espeletia grandiflora*, para problemas respiratorios, el chilco *Baccharis latifolia*, utilizado como antiséptico, y el sauco *Sambucus sp.* como antiinflamatorio, entre otras. El hecho de que las familias identifiquen las plantas, pero no las usen con frecuencia, sugiere una pérdida del saber tradicional. Aunque la tradición de los huertos medicinales persiste, está siendo desplazada por el modelo de medicina convencional, lo que reduce el incentivo para la conservación activa de estas especies dentro de la unidad (IAvH et al., 2008).

Resulta contradictorio que mientras La gestión del recurso hídrico es una fortaleza de las UFPC, La conservación de fuentes hídricas presenta debilidades importantes, lo que sugiere que el agricultor ha optimizado el uso del agua para la producción (mediante reservorios o riego), pero ha descuidado la protección de nacimientos y rondas de quebradas. Estudios en la cuenca del Río Gachaneca (Rabanal) demuestran que la presión agrícola puede disminuir la oferta hídrica media en un 8.8% e incrementar la irregularidad de la escurrimiento (Ivanova & Marín-

Arévalo, 2020). Por lo tanto, la sostenibilidad ambiental de estas unidades depende de que los pobladores sean guardianes y protectores de los ecosistemas que producen agua, y donde la protección de la franja de 30 metros de los cuerpos de agua sea una práctica obligatoria y no opcional (Corpochivor, 2023b; IAvH et al., 2008).

La integración de los indicadores Conservación y manejo del suelo y Salud del suelo, permiten analizar la dimensión ambiental desde una perspectiva de causa efecto: mientras que en el primero se evalúan las acciones y prácticas implementadas por las familias, en el segundo se muestra el estado biofísico resultante de dichas intervenciones. En las unidades evaluadas, existe una correlación directa entre el nivel de tecnificación agroecológica y la integridad del recurso suelo. Las UFPC 1 y 2 representan las unidades más exitosas, donde el alto desempeño en manejo se traduce en una salud edáfica superior, rompiendo con el ciclo de degradación común en el páramo.

Por otra parte, el alto desempeño en el indicador Conservación y manejo del suelo, sugiere la adopción de prácticas de labranza mínima o tracción animal, especialmente en la unidad 1 (Fonseca Carreño et al., 2023). De acuerdo Luna (2014), el modelo convencional de cultivo de papa en Rabanal utiliza implementos agresivos como el rotovator, que golpea los terrones hasta destruir estructuras que tardaron miles de años en formarse, dejando el suelo conformado por partículas muy finas. Por el contrario, un manejo conservacionista preserva los macroporos, esenciales para la acumulación e infiltración del agua, lo que podría explicar por qué estas unidades reportan una mejor salud del suelo en términos de estructura y porosidad (Vargas-Ríos & Insuasty-Torres, 2021; Sarandón & Flores, 2014).

El manejo orientado a incrementar la fertilidad natural, se vincula estrechamente con la incorporación de materia orgánica mediante abonos verdes y compost o rastrojos (López-

Rodríguez et al., 2023; Fonseca, 2021; Navarro, 2018). En Rabanal, los suelos de páramo prístino poseen niveles promedio de materia orgánica del 33.69% pero la agricultura intensiva puede reducirlos drásticamente (Manosalva et al., 2023). Las unidades con los valores altos en el indicador 10 (salud del suelo), probablemente mantienen ciclos cerrados de nutrientes, lo que favorece la actividad biológica y la capacidad de retención de humedad, actuando como una ventaja ante la variabilidad climática y evitando la erosión hídrica (Fonseca Carreño & Vega Baquero, 2019; Altieri, 1999). Mientras que las unidades con desempeño medio, puede decirse que son más vulnerables a la dependencia de insumos externos, el uso de fertilizantes sintéticos y pesticidas no solo degradan la fauna edáfica, sino que introduce metales pesados como plomo y mercurio (Roa Peña et al., 2023; Manosalva et al., 2023), sustancias que contaminan la cadena alimentaria y saturan el suelo, comprometiendo su función como regulador hídrico regional (IAvH et al., 2008; Casabuenas & Estupiñán, 2007).

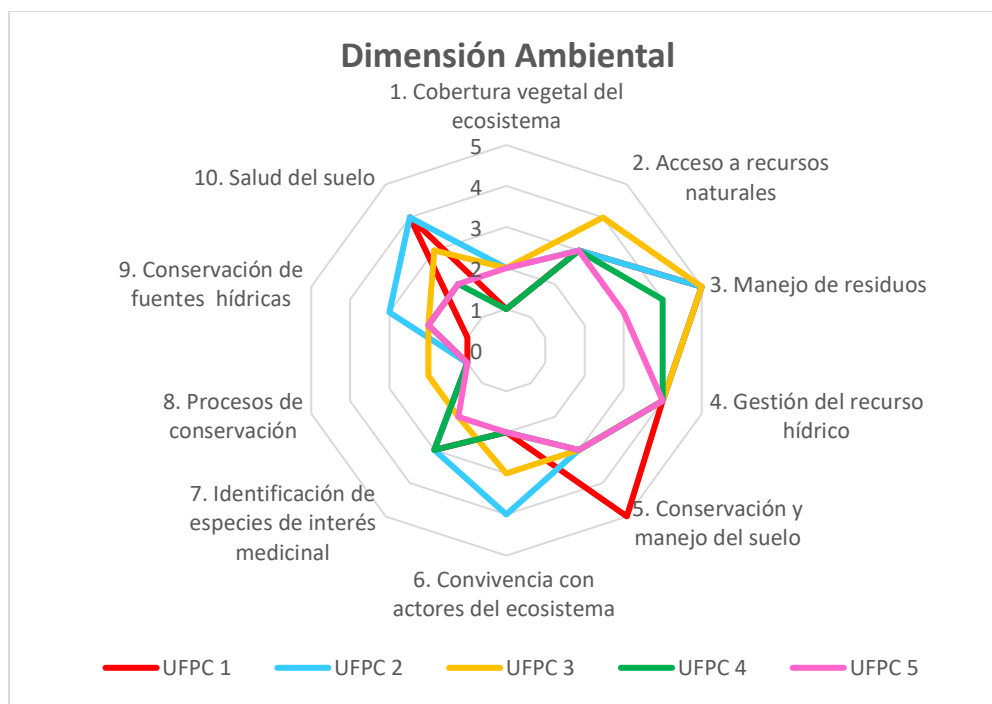
Un manejo adecuado, no solo busca la protección ambiental, sino también la rentabilidad sistémica. El reemplazo de insumos químicos por biopreparados o rotaciones, permite mantener rendimientos satisfactorios con costos de inversión significativamente menores (Navarro, 2018; Sarandón & Flores, 2014). De esta manera, la salud del suelo en las UFPC 1 y 2 es la base de su resiliencia agroecológica, al depender menos de los precios cambiantes de los agroquímicos (Sanabria-Hurtado et al., 2022; Gil, 2021).

El mayor desempeño de este criterio en las UFPC se obtuvo en el Manejo de residuos, reflejando un cambio positivo en la cultura ambiental local. Históricamente, en Rabanal los empaques de agroquímicos con sus residuos no tenían una buena disposición generando contaminación sobre todo en el agua (IAvH et al., 2008); sin embargo, los resultados actuales sugieren que los procesos de capacitación han logrado que los campesinos tomen conciencia,

recolectando envoltorios y gestionando residuos orgánicos para la elaboración de abonos (Vergara-Buitrago et al., 2018; Amorocho et al., 2024), siendo esta, una práctica de producción más limpia y que reduce la toxicidad residual del ecosistema (Gil, 2021).

La valoración media en la Convivencia con actores del ecosistema sugiere una relación funcional pero aún marcada por el conflicto de uso del suelo. El páramo Rabanal es un territorio en disputa entre la conservación estricta (DRMI) y la continuación de los medios de vida de los agricultores (Gil, 2021). Para elevar la sostenibilidad, es necesario que la convivencia trascienda la sola coexistencia y se convierta en una gobernanza ambiental participativa, donde los acuerdos socioambientales permitan la reconversión productiva sin expulsar al campesino del territorio (Corpochivor, 2023b; Roa Peña et al., 2023).

Figura 19. Sostenibilidad de la dimensión ambiental de las UFPC de la vereda Boquerón, Ventaquemada.



En cuanto al indicador Acceso a recursos naturales, el cual evalúa la disponibilidad de elementos estratégicos para la producción, la UFPC 3 presentó los valores más altos, mientras que las demás unidades presentaron un acceso regular con restricciones. Es probable que el acceso de la unidad 3 pueda estar asociado a su ubicación geográfica dentro del páramo o a una mayor autonomía en la tenencia de la tierra (Osorio et al., 2024). En Rabanal, el acceso a menudo se ve limitado por la superposición de títulos mineros y las regulaciones del DRMI, que impone restricciones al uso extractivo de recursos en áreas protegidas (Corpochivor, 2023d; IAvH et al., 2008). La sostenibilidad de las unidades con acceso regular puede ser transitoria, ya que es posible que dependan de factores externos como el clima, para asegurar recursos vitales como el agua de riego (Hernández, 2021; Avella, 2021).

La sostenibilidad ambiental de las UFPC es alta en la gestión de recursos para la producción (suelo y agua), pero baja en la protección de capital natural (biodiversidad y fuentes hídricas). Para consolidar sistemas resilientes, es importante fortalecer los procesos de restauración ecológica (activa y pasiva) y la siembra de especies nativas que actúen como barreras vivas (Corpochivor, 2023b; Pérez-Alarcón et al., 2024). La transición agroecológica en estas cinco unidades debe priorizar la reconversión de las áreas que invaden zonas de recarga hídrica, asegurando que la actividad agrícola no comprometa la función del páramo como proveedor de servicios ecosistémicos para los 300.000 habitantes que dependen de él (Gil, 2021; Corpochivor, 2018).

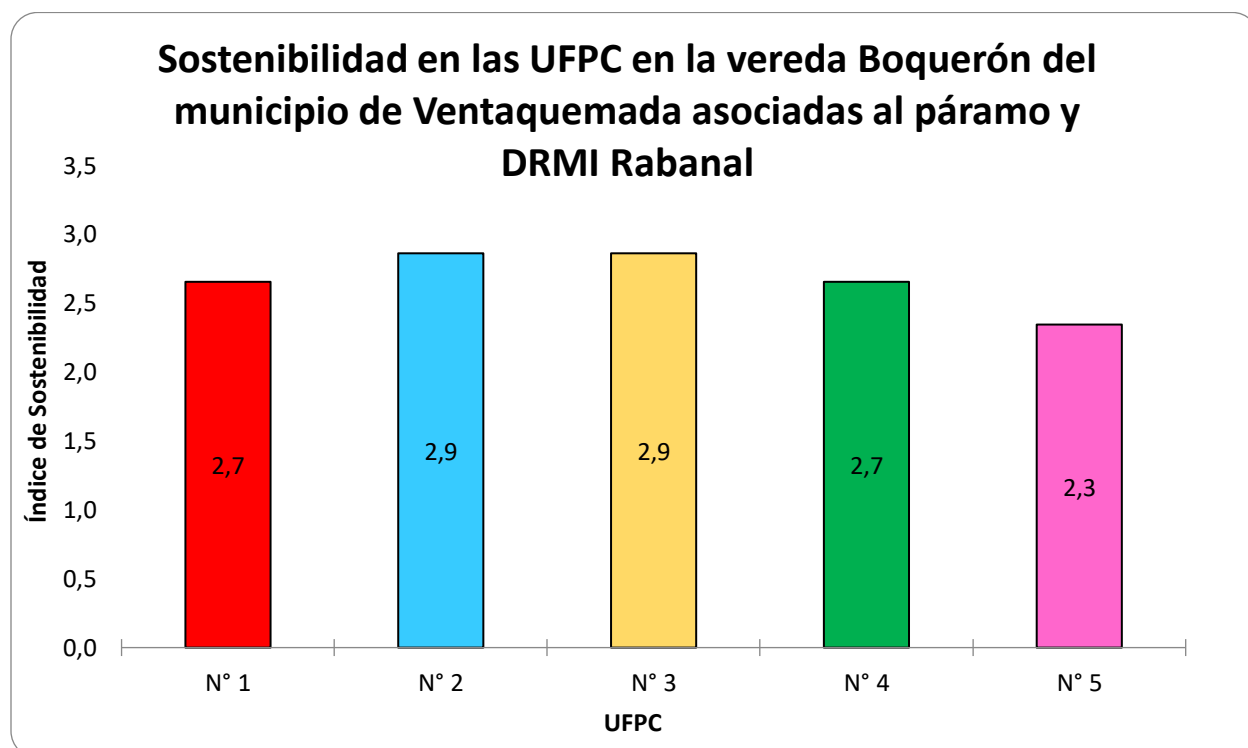
Sostenibilidad en las UFPC

El índice general de sostenibilidad derivado de la aplicación del MESMIS presentado en la Figura 20, revela que las cinco UFPC evaluadas se encuentran en un nivel medio, con índices que oscilan entre 2.3 y 2.9 en una escala de 0 a 5 puntos. Este rango coincide con estudios

realizados en otras zonas de Boyacá (Tuta, Sotaquirá y Toca), donde la agricultura familiar campesina suele presentar valores intermedios (2.6 en promedio), reflejando una fragilidad de las unidades ante perturbaciones externas (Pérez-Alarcón et al., 2024; Rojas-Cano et al., 2023).

El mayor desempeño se presentó en las unidades 2 y 3 con 2.9, acercándose a una sostenibilidad alta (3.1). La UFPC 3 se destaca por su diversificación para el autoconsumo, lo que le permite reducir su dependencia de mercados externos y así fortalecer la seguridad alimentaria, brindando mayor seguridad socioecológica. Mientras que las unidades 1 y 4 presentaron un desempeño intermedio con un índice de 2.7, reflejando una contradicción, ya que son técnicamente eficientes en el manejo del suelo, pero dependen excesivamente del monocultivo de papa, haciéndolas vulnerables a la variación en los precios y a plagas.

Figura 20. Comparación del índice de sostenibilidad de las UFPC evaluadas.



El punto crítico lo presenta la unidad 5, en la que se presentó el menor desempeño con un índice de 2.3, valor que puede asociarse a una mayor vulnerabilidad económica, una baja

capacidad de autogestión, y falta de planificación predial, posiblemente reforzada por el acceso limitado a formación técnica y mayor dependencia de insumos químicos.

Los resultados reflejan una sostenibilidad débil, donde el capital económico basado en el crédito y la venta de papa, intenta compensar la pérdida del capital natural. La especialización productiva en papa, financiada frecuentemente por el acceso favorable a créditos, genera una rentabilidad de corto plazo a costa de la integridad ecológica del páramo (Pinilla, 2023). De igual forma, tal como ocurre en las UFPC, el modelo de revolución verde ha incrementado la dependencia externa, desplazando los saberes tradicionales (Astier et al., 2008).

Aunque los entrevistados indicaron tener una buena gestión del agua para riego, los bajos niveles de conservación de las fuentes ponen en riesgo un ecosistema que abastece a 300.000 personas, y tal como se mencionó anteriormente esa presión agrícola puede reducir la oferta hídrica (Ivanova & Marín-Arévalo, 2020; Estupiñán, 2021).

La ubicación de estas UFPC dentro de un Distrito Regional de Manejo Integrado añade complejidad, los bajos resultados en planificación predial y unión comunitaria indican un rompimiento entre los objetivos de planificación del DRMI (preservar el 46% del área) y la realidad del campesino (Vergara & De Pellegrin, 2025; Corpochivor, n.d.). Por otra parte, el agricultor a menudo percibe las normas ambientales como una restricción a su forma de vida, en lugar de verse como un poblador que puede al mismo tiempo ser guardián de los servicios ecosistémicos que provee el ecosistema (IAvH et al., 2008; Navarro, 2018).

La sostenibilidad de las UFPC evaluadas es de carácter transicional, los sistemas son resilientes en su labor técnica familiar, pero frágiles en su integración comunitaria y en la protección del capital natural del páramo. Los resultados encontrados de 2.3 a 2.9 indican que el

ingreso derivado de la tierra no siempre compensa el daño causado a los servicios ecosistémicos de regulación hídrica (Calderón-Etter, 2014).

Para continuar el camino hacia una sostenibilidad alta, no solo es necesario mejorar la eficiencia de la finca, sino que es importante fortalecer la asociatividad y la gobernanza ambiental en el marco del DRMI, reconociendo al campesino no solo como productor, sino como un gestor de restauración del páramo Rabanal (Corpochivor, 2023; Sarmiento et al., 2017; IAvH et al., 2008).

Percepción de los servicios ecosistémicos por parte de los habitantes de las UFPC del páramo Rabanal

Al integrar la clasificación de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio con los datos obtenidos mediante ATLAS.ti y la aplicación de la metodología MESMIS, se identificó que los habitantes de las unidades evaluadas poseen una percepción del territorio marcada por una alta dependencia de los beneficios que ofrece el páramo para su sustento y bienestar, y una conciencia clara sobre la transformación del ecosistema. Las percepciones identificadas en las cinco unidades evaluadas se categorizaron de la siguiente manera:

Servicios de provisión

El recurso hídrico es el servicio más importante en la percepción de la comunidad, posicionándose como el más crítico y reconocido. En el imaginario colectivo, obtenido a través de la nube de palabras, el término “agua” destaca como el concepto predominante, estrechamente vinculado a elementos de infraestructura y acceso como “acueducto”, “bocatoma”, “hídrico” y “quebrada”. Asimismo, el páramo es percibido fundamentalmente como la principal fuente de agua para el consumo humano y el desarrollo de las actividades agropecuarias. Los habitantes identifican su territorio con la producción de cultivos tradicionales, resaltando términos como

“cultivo” “papa”, “maíz”, “nabos”, “trigo” y “habas”, además de la cría de “ganadito”, evidenciando una estrecha relación entre los medios de vida campesinos y los servicios que ofrece el ecosistema. Por otra parte, los entrevistados reconocen la existencia de plantas y recursos con uso medicinal, pero se percibe una pérdida de este servicio ya que su uso ha dejado de ser tan frecuente al ser desplazado por la medicina convencional, situación que evidencia una pérdida del conocimiento tradicional asociado al uso de la biodiversidad.

Servicios de regulación

La comunidad reconoce el bosque nativo principalmente por su función en la protección y regulación del recurso hídrico. Sin embargo, al analizar los indicadores de la dimensión ambiental del MESMIS, se evidencia un contraste significativo, mientras que la gestión del recurso hídrico (indicador 4) muestra una valoración alta, reflejando esfuerzos en captación y uso, la conservación de fuentes hídricas (indicador 9) presenta una valoración baja en las unidades evaluadas. Por otra parte, a pesar de contar en el territorio con recursos forestales, los habitantes no los reconocen como una fuente de energía, ya que no los suelen utilizar para uso doméstico, siendo esta una percepción que refleja una valoración orientada hacia la conservación de los procesos ecológicos asociados al ciclo del agua.

En relación con el suelo, se identificaron percepciones diferenciadas entre los productores, aunque existe un reconocimiento general de su importancia como base de la producción agropecuaria, también se evidenció una dependencia significativa del uso de fertilizantes y otros insumos químicos. Esta situación refleja una contradicción entre el reconocimiento del suelo como recurso estratégico y las prácticas de manejo que pueden deteriorar sus funciones ecológicas, especialmente aquellas relacionadas con la regulación hídrica. De igual forma, la percepción de los entrevistados relacionada con la biodiversidad del

páramo y de los sistemas agrícolas, indica que esta constituye un mecanismo para reducir riesgos asociados a las fluctuaciones climáticas y a las condiciones económicas. En consecuencia, la diversificación de los cultivos y el manejo de la agrobiodiversidad son reconocidos como estrategias que fortalecen la estabilidad y la sostenibilidad de las unidades productivas.

Servicios culturales

Los habitantes mostraron una valoración media a alta de su territorio, reflejada en el indicador valoración del paisaje de la dimensión social, reconociendo tanto la importancia ecológica del páramo, como las transformaciones que este ha experimentado a lo largo del tiempo, sin embargo, esta percepción está marcada por una tensión entre las necesidades de producción y los objetivos de conservación. En la nube de palabras se encuentran conceptos como “corporación”, “minería” y “desconocido”, que sugieren un sentimiento de exclusión en la toma de decisiones y en los procesos de planificación para la gestión del territorio, y una percepción de la normativa ambiental como una imposición externa. Así mismo, se evidenció una preocupación por la migración de la población local y la incorporación de tecnologías modernas, que según los indicadores sociales del MESMIS, está afectando la transmisión de saberes tradicionales, debilitando el tejido social y la identidad campesina.

Servicios de soporte

La identificación de la ampliación de la frontera agrícola en la vereda permitió evidenciar que los habitantes de las unidades productivas reconocen los efectos que estas transformaciones generan sobre el ecosistema de páramo, señalando que la pérdida de vegetación nativa altera la estructura del suelo y compromete la integridad biológica del ecosistema. En consecuencia, reconocen que estas transformaciones afectan los procesos ecológicos que sustentan la provisión

de los demás servicios ecosistémicos, evidenciando una comprensión de la estrecha relación entre la cobertura natural y el funcionamiento integral del páramo.

De acuerdo a las percepciones identificadas de los habitantes de las UFPC de estudio se puede precisar que, en cuanto a los servicios de provisión, la centralidad del agua en la percepción local coincide con los hallazgos de Fonseca (2022b) en Sumapaz, donde el recurso hídrico para consumo y producción es identificado como el servicio más visible y valorado. De igual forma, el reconocimiento del páramo como fuente de alimentos y seguridad alimentaria se alinea con lo reportado por Laverde (2008) en la vereda Verjón Alto, Bogotá D. C., reafirmando la estrecha relación entre los medios de vida campesinos y la oferta ambiental. Sin embargo, el desplazamiento del uso de plantas medicinales por la medicina convencional señala una pérdida del conocimiento tradicional. Autores como Vergara & De Pellegrin (2025a) y Rojas (2023), subrayan que esta pérdida de memoria biocultural es un aspecto crítico que debe ser atendido para fortalecer la resiliencia del sistema socioecológico.

Respecto a los servicios de regulación, la valoración del bosque como protector hídrico por encima de su uso como combustible, muestra una orientación hacia la conservación de procesos ecológicos, similar a lo hallado por Pinos-Morocho et al. (2021) en páramos de Ecuador, donde la vegetación en buen estado de conservación es percibida como un factor determinante para la salud y la calidad de vida de las comunidades. No obstante, la contradicción encontrada en el manejo del suelo, donde se reconoce su valor, pero se depende de agroquímicos, es una señal de alerta. Según el Millennium Ecosystem Assessment (2005), el uso excesivo de estos insumos compromete servicios esenciales de soporte y regulación hídrica que, aunque son poco percibidos por la comunidad, resultan vitales para la sostenibilidad regional a largo plazo (Manosalva et al., 2023; Laverde, 2008).

En la dimensión de los servicios culturales, la tensión identificada entre producción y conservación revela fallas en la gobernanza. A diferencia de lo expuesto por Betancourt (2019), donde la comunidad presenta una alta valoración espiritual y disposición activa para participar en procesos de restauración, en Boquerón, la percepción de términos como “desconocido” o “corporación” sugieren una ruptura entre la comunidad y entre los entes reguladores y los agricultores. La pérdida gradual de saberes por la migración juvenil, situación que debilita el tejido social y la identidad campesina, advertida por Cáceres (2019) y Rojas (2011), es un factor que favorece la degradación ambiental al perderse referentes simbólicos que motivan el cuidado del territorio.

En los servicios de soporte, los resultados indican la comprensión empírica de la integridad biológica. Aunque autores como Pinos-Morocho et al. (2021) y Laverde (2008), señalan que estos servicios son más difíciles de identificar, debido a que sus beneficios no se perciben de manera directa, los habitantes de Rabanal conectan la pérdida de vegetación nativa con el deterioro estructural del ecosistema, visión que es un punto de partida fundamental para implementar estrategias de conservación.

Finalmente, los resultados evidencian que la percepción de las familias campesinas sobre los servicios ecosistémicos que presta el páramo Rabanal está estrechamente relacionada a los beneficios que estos generan para su subsistencia y sus sistemas productivos, siendo los servicios de provisión y regulación los más reconocidos. En contraste, los servicios culturales y de soporte presentan un menor nivel de apropiación, aunque identifican las consecuencias que la transformación del territorio tiene sobre su funcionamiento ecológico. Esta percepción refleja una relación de alta dependencia con el ecosistema, acompañada de una preocupación por la pérdida de cobertura vegetal, el deterioro del suelo, la disminución del recurso hídrico y el

debilitamiento del conocimiento tradicional. En este sentido, los resultados sugieren que fortalecer la sostenibilidad de las UFPC requiere no solo la ejecución de prácticas agroecológicas y estrategias de conservación, sino también el fortalecimiento de la gobernanza local, la recuperación de los saberes campesinos y la participación activa de las comunidades en los procesos de planificación y manejo del territorio.

El objetivo número dos de la investigación se cumplió satisfactoriamente mediante el análisis que articula la valoración técnica de la sostenibilidad con la visión subjetiva de los habitantes de las unidades, donde se logró determinar cuantitativamente mediante el marco MESMIS que las UFPC poseen un nivel de sostenibilidad media, con índices que oscilan entre 2.3 y 2.9, caracterizada por la dependencia económica del monocultivo y la degradación del capital natural; simultáneamente, mediante el uso de ATLAS.ti, se logró identificar la percepción comunitaria, evidenciando que el recurso hídrico es el servicio ecosistémico más valorado, aunque existe una contradicción entre su gestión para el consumo y la baja conservación de sus fuentes y rondas hídricas.

Objetivo 3. Distribución actual y redistribución predial sostenible para las UFPC de la zona del páramo Rabanal

La propuesta de redistribución de las UFPC se enfocó en una transición desde un modelo de monocultivo y baja cobertura forestal, hacia un cambio estructural a un modelo agroecológico que fortalezca tanto la resiliencia económica de las familias como la integridad del ecosistema de páramo. Ambientalmente se presenta una transición de parches de bosque aislados a una expansión significativa de bosques con coberturas vegetales nativas y cercas vivas que bordean y atraviesan las unidades, lo cual permitiría crear corredores biológicos que mitiguen la fragmentación biótica del paisaje, y así favorecer el flujo de especies en el DRMI Rabanal.

Por otra parte, al tener en cuenta los drenajes que transcurren por las unidades para su protección, se busca un manejo más eficiente de la escorrentía protegiendo los suelos de la erosión y evitando que los agroquímicos lleguen directamente a las fuentes hídricas o reservorios, tal como se evidencia en la UFPC 3 donde se integraron los reservorios con zonas de bosque, lo cual podría reforzar la función de retención de agua en el páramo. Mientras que la rotación de cultivos y ganado puede ayudar a mantener la salud del suelo favoreciendo la fertilidad y evitando su compactación. Esta reorganización se plantea como un aporte para favorecer servicios ecosistémicos de soporte y regulación.

Así mismo, la propuesta puede contribuir a mejorar servicios ecosistémicos de provisión, mediante el fortalecimiento de la seguridad alimentaria y la reducción de la dependencia del monocultivo de papa a partir de la integración de huertas, otros cultivos como el maíz, gallinas, ovejas y conejos, garantizando alimentos para la familia y productos adicionales para el trueque o venta. Otro aspecto que aporta la redistribución es la delimitación de las diferentes zonas lo cual podría optimizar el tiempo dedicado a las labores de la finca, al permitir una movilidad más eficiente del agricultor y su familia y una mejor organización de su producción.

Para las unidades que se encuentran inmersas en el páramo Rabanal (UFPC 3, 4 y 5), esta redistribución facilitaría el cumplimiento de la Ley 1930 de 2018, al enfocarse en una transición hacia actividades agropecuarias permitidas de bajo impacto y reconversión agroecológica, lo que reduciría el riesgo de sanciones y conflictos con las autoridades ambientales.

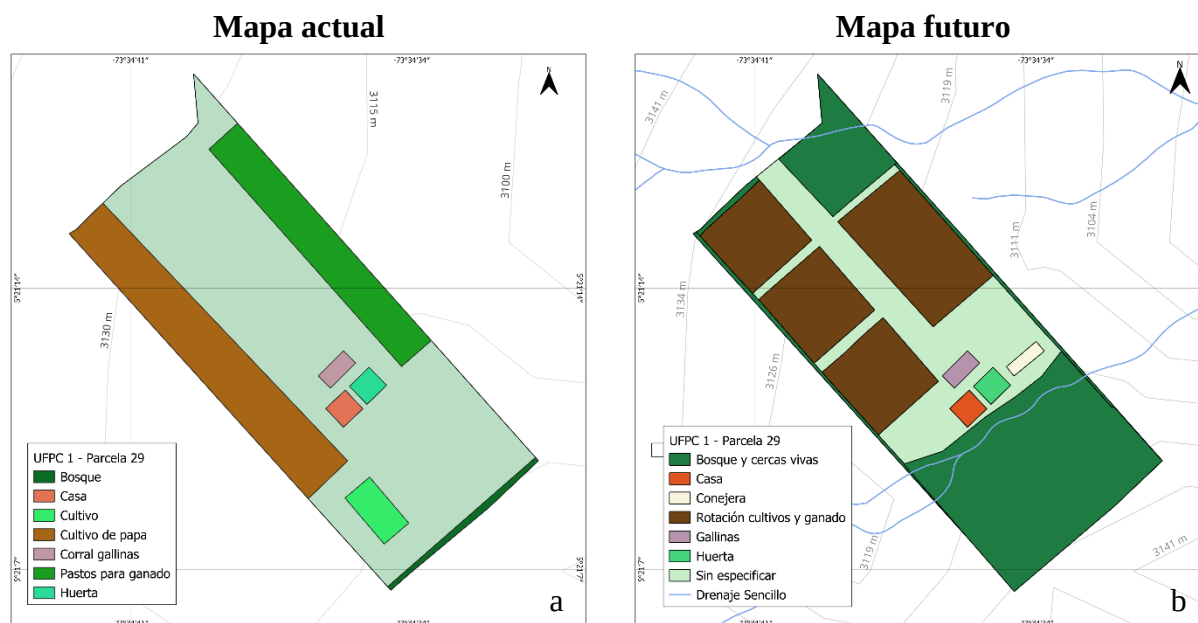
UFPC 1. Parcela 29 – Propuesta de rotación y conservación de drenajes

Para la UFPC 1, en el mapa actual se muestran las áreas de intervención en el momento de la visita, se evidencia que cuenta con intervención rotativa entre el área de cultivos y pastos para ganado (Figura 21a). En términos de sostenibilidad y teniendo en cuenta los estudios

edafológicos, se encuentran pendientes considerables, con susceptibilidad a erosión, altos contenidos de aluminio y con riesgos de compactación en perfiles superficiales (Soil Survey Staff, 1999). Los análisis de suelos del predio revelan que el pH es fuertemente ácido (5.10) con texturas franco limosas, con densidades aparentemente buenas, lo que define que es un suelo suelto poco denso con buena capacidad de aireación y baja compactación actual, permitiendo una retención de agua bastante buena para el establecimiento de cultivos. Por otra parte, los niveles de acidez son altos debido al material parental de la zona, lo cual incide en que los valores actuales de aluminio intercambiable causen toxicidades en los establecimientos de cultivos, así como deficiencia en términos de las bases catiónicas del suelo. A partir de la información se recomienda que el manejo del mismo se ejecute bajo labranza mínima por el riesgo de erosión y erodabilidad, así como una baja incidencia de ganadería en el predio (AGRILAB Laboratorios S.A.S., 2024).

De acuerdo a lo anterior, se realiza la propuesta de reorganización del predio (Figura 21b) con áreas de disposición rotacional de cultivos, con un sistema integrado de maíz, papa y ganadería, con el propósito de diversificar la economía rural campesina, buscando evitar problemas de compactación y suelo desnudo por largos periodos de tiempo, además de un ingreso adicional, producto del establecimiento de especies menores (conejos) que contribuyan a garantizar la seguridad alimentaria de la familia, así como la generación de materia orgánica que permita disminuir el uso de fuentes químicas para la fertilización de la huerta casera.

Figura 21. Mapa actual y mapa propuesto para la redistribución de la UFPC 1.



En cuanto a la disposición del predio en el área ambiental, con base en el reconocimiento de capas de drenajes, áreas de protección y páramos, se procedió a definir las áreas estratégicas del predio (color verde oscuro), en las cuales se propone un aislamiento perimetral mediante cercas vivas para la integración con el entorno, así como la protección mediante reforestación de rondas hídricas en de los drenajes que transcurren por el predio, con el fin de contribuir con la preservación de zonas estratégicas sin alterar la economía de los productores, ratificando lo que señalan Ranjan & Pandey (2021), quienes mencionan que la protección de nacimientos es primordial para garantizar la seguridad hídrica de zonas rurales.

UFPC 2. Parcela 30 – Rediseño para la conectividad hídrica y diversificación económica

En cuanto a la UFPC 2, se aprecia que el área de intervención cuenta con mayor diversificación de labores, tanto agrícolas como pecuarias, con la presencia de especies menores como gallinas y ovejas (Figura 22a), acompañadas de labores de hilado que permiten a sus

dueños contar con fuentes externas de ingresos que permiten fortalecer las capacidades económicas y reducir la dependencia de actividades agrícolas (Bigdeli et al. 2025).

El cultivo de papa y ganadería a pequeña escala continúan siendo la principal fuente de ingresos como en la unidad productiva UFPC 1, que permite inferir cuales son los usos y costumbres de la economía campesina del sector. El análisis de suelos del predio revela una clase textural franco limosa con buena aireación y capacidad de retención de agua, y una susceptibilidad a la compactación en capas superficiales del suelo, el área presenta un pH de 5,23 lo que indica deficiencia de bases para el establecimiento de cultivos, por ende, en labores agrícolas se recomienda hacer procesos de encalado que permitan obtener mejores resultados en los cultivos (AGRILAB Laboratorios S.A.S., 2024).

Para la reorganización del predio se tuvo en cuenta el mapa de drenajes, páramos y uso potencial del suelo que permite sugerir la integración y ampliación de zonas de protección con el establecimiento de cercas vivas en los linderos del predio y una reubicación de zonas de parcelación y explotación agrícola pecuaria, bajo un sistema rotacional delimitado por líneas productivas como lo son maíz, papa y ganadería, sustentado bajo mapas de aptitud de cultivos y zonas legales para su establecimiento, concordando con Al-Musawi et al. (2025), quienes manifiestan que la rotación de cultivos permite la reducción de plagas y enfermedades favoreciendo la sostenibilidad de los sistemas productivos así como la degradación de los suelos. Asimismo, se proponen áreas de protección próximas a los drenajes identificados, buscando garantizar la preservación de zonas estratégicas del predio fundamentales para la seguridad hídrica (Figura 22b).

Figura 22. Mapa actual y mapa propuesto para la redistribución de la UFPC 2.



En la unidad productiva, tal como se evidencia en la Figura 22b, se reorganizaron las áreas destinadas a las gallinas y conejos teniendo en cuenta su proximidad y convergencia en zonas de importancia ambiental del predio, dichas especies a su vez permiten generar fuentes de subsistencia alimentaria y ventas adicionales de productos agropecuarios. Por otra parte, el predio cuenta con áreas de cría y sostenimiento de ovejas que permite a su propietaria elaborar artesanías y subproductos comerciales como tejidos que desligan al predio de fuentes de ingresos exclusivas de la producción primaria.

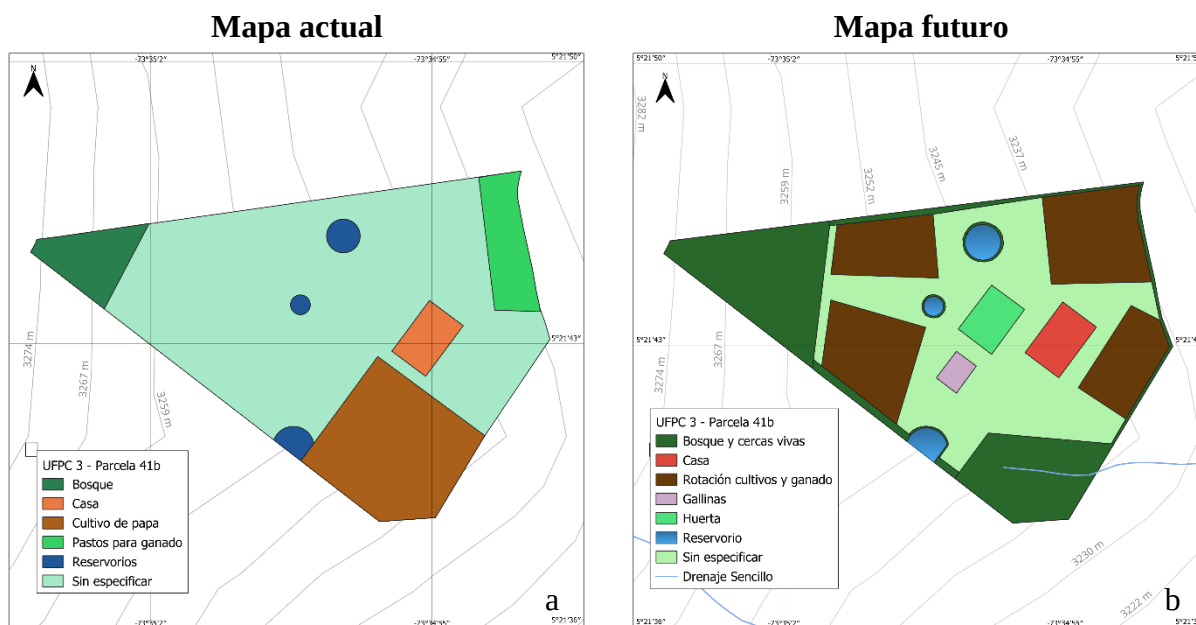
UFPC 3. Parcela 41b – Planificación para la conservación de reservorios y seguridad alimentaria

Por otra parte, la unidad UFPC 3 presenta la cualidad de contar con áreas destinadas a la preservación del recurso hídrico. Cuenta con un sistema rotacional de avena, pastos y ganadería (Figura 23a), pero no con especies menores que permitan generar diversificación de la economía o garantizar la seguridad alimentaria del núcleo familiar. En cuanto a las características del

terreno y análisis de suelo se observó que son similares a las de las unidades productivas anteriores, con una clase textural franca limosa dada por el material parental de la zona. Sus suelos presentan un pH de 4.73, que indica acidez, por lo que se deben ejecutar labores de encalado para el establecimiento de los cultivos tradicionales (AGRILAB Laboratorios S.A.S., 2024).

Para la reorganización de la UFPC 3, al encontrarse en zona de páramo, se procedió a efectuar la propuesta de preservar los reservorios existentes y cercas vivas conectadas con zonas de bosque, así como la definición de lotes de explotación y el fortalecimiento de la seguridad alimentaria con el establecimiento de áreas de explotación avícola y huertas de baja escala. Se definieron áreas para la ampliación del bosque y la protección del nacimiento que se encuentra en el predio (Figura 23b).

Figura 23. Mapa actual y mapa propuesto para la redistribución de la UFPC 3.



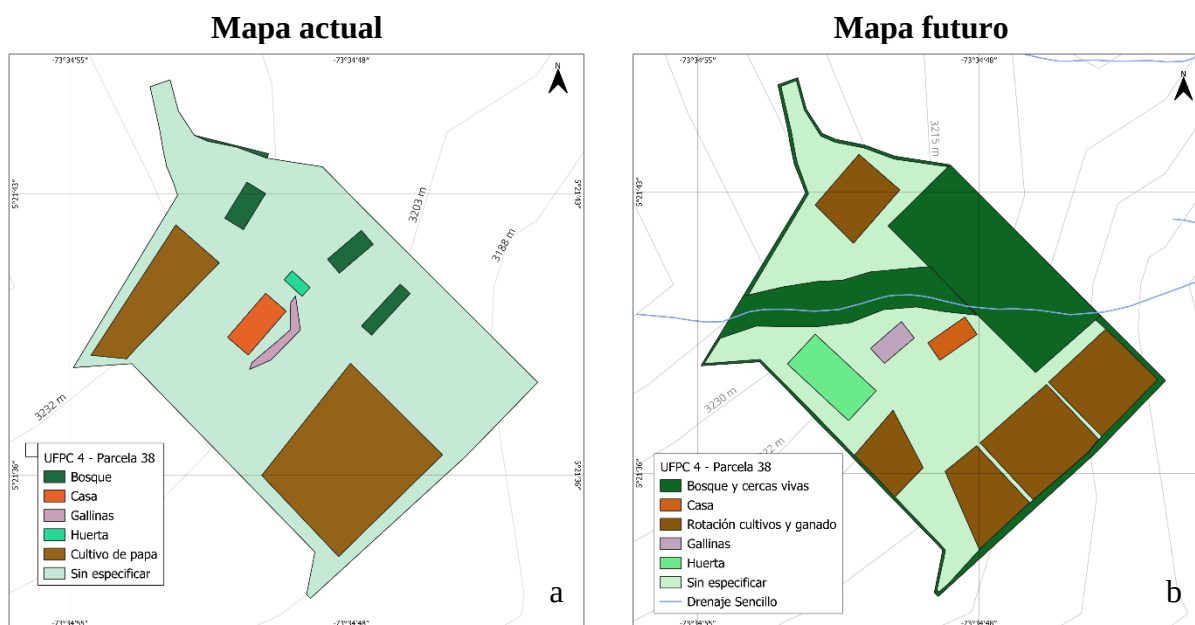
La propuesta se deriva en el establecimiento de un sistema rotacional de cultivos de avena, maíz, papa y pasturas dependiendo de los ciclos productivos, la disponibilidad hídrica y

los precios del mercado, lo que podría favorecer la sostenibilidad financiera de la familia y aportar en el diseño de sistemas productivos más ecológicos en ecosistemas altoandinos.

UFPC 4. Parcela 38 – Reconversión de monocultivo y restauración de relictos boscosos

La unidad UFPC 4, contiene relictos de bosque y áreas para protección bien definidas (Figura 24a). El predio actualmente se caracteriza por presentar un sistema agrícola de monocultivo generando mayor incidencia de plagas y enfermedades asociadas al cultivo, reduciendo la biodiversidad funcional y alteración microbiana del suelo tal como lo indican Belete & Yadete (2023). El suelo del lugar se caracteriza por presentar un pH de 4.60 indicando una fuerte acidez del terreno, producto de las prácticas convencionales de administración de cultivos y material parental de la zona, en cuanto a la clase textural, así como las anteriores unidades productivas presentan buena porosidad, por lo tanto, una retención de humedad buena (Soil Survey Staff, 1999; AGRILAB Laboratorios S.A.S., 2024).

Figura 24. Mapa actual y mapa propuesto para la redistribución de la UFPC 4.



Para la reorganización predial de la UFPC 4 se propone una reintegración de los relictos de bosque y un cercado del predio con especies nativas y protección de drenajes que transitan por el predio. De igual forma, se definieron lotes para el establecimiento de un sistema rotacional adaptado a la zona, de acuerdo a los usos y costumbres de los pobladores en la cadena productiva del maíz, papa y pecuario en el área de ganadería a baja escala. En cuanto a la huerta se ampliaron las zonas entendiendo el número de habitantes que viven y desarrollan actividades en el predio en función de poder garantizar la seguridad alimentaria (Figura 24b).

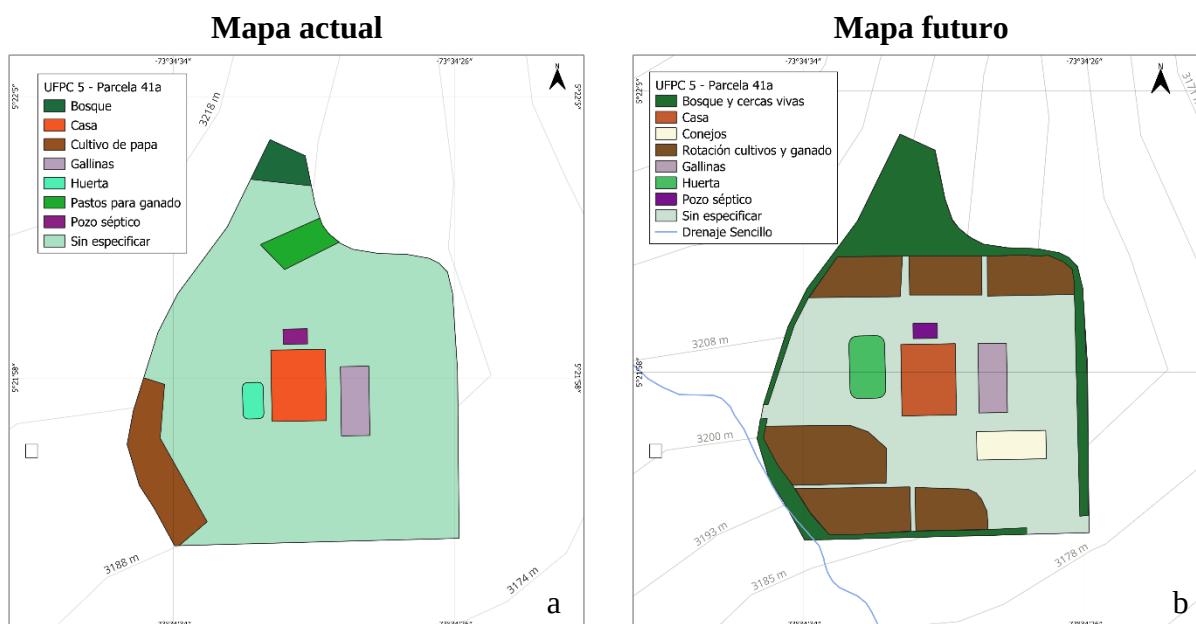
UFPC 5. Parcela 41a – Estrategia de fertilización orgánica y conservación de áreas estratégicas

Finalmente, la unidad UFPC 5, cuenta con dos áreas de siembra de papa, pasturas, corrales de gallinas y sistemas de saneamiento básico tipo pozo séptico (Figura 25a), mediante información secundaria se pudieron definir áreas estratégicas de tránsito hídrico. En cuanto a las características del suelo este tiene un pH de 5.08 lo que ratifica el tipo de material parental de lugar con altos niveles de acidez, baja capacidad catiónica y altos contenidos de materia orgánica de baja degradación por las condiciones climáticas de la zona. Como en los predios anteriores presentan una porosidad buena, con suelos poco profundos y con riesgos de erosión y erodabilidad (Soil Survey Staff, 1999; AGRILAB Laboratorios S.A.S., 2024).

Para la UFPC 5 se propone una ampliación de las zonas de protección con el fin de incrementar las áreas de conservación, al encontrarse con zonas boscosas en su costado nororiental, así mismo, buscando conservar el afluente que transita por la zona suroccidental del predio. Se propone el establecimiento de barreras vivas y de fuentes adicionales de ingresos, como lo son: criaderos de conejos en disposición cercana a las huertas caseras buscando que se generen sistemas de fertilización orgánica evitando así el uso de fuentes químicas que

perjudiquen el área estratégica de páramo (Figura 25b). Como en las unidades pasadas se sugiere un sistema rotacional por lotes entre cultivos con vocación y adaptabilidad a las condiciones propias del lugar.

Figura 25. Mapa actual y mapa propuesto para la redistribución de la UFPC 5.



El cumplimiento del objetivo número tres se logró mediante la formulación de un instrumento de planificación sostenible en el que se presentaron los hallazgos técnicos y sociales en propuestas espaciales de redistribución predial para las cinco unidades evaluadas, donde se propuso una transición de un modelo de monocultivo hacia un modelo agroecológico, diseñado mediante el uso de herramientas geoespaciales en QGIS y cartografía participativa. La propuesta integró variables biofísicas como los análisis de suelos y la identificación de drenajes, para establecer las áreas estratégicas de conservación que incluyen corredores biológicos, cercas vivas y el aislamiento de rondas hídricas. De igual forma se propuso un método de rotación entre siembras de maíz, papa y pastos, así como la integración de especies menores para la seguridad alimentaria, buscando optimizar la resiliencia económica para las familias y el cumplimiento de

la Ley 1930 de 2018, demostrando que puede ser viable la armonización de la vida campesina con la protección de la integridad biológica del páramo.

Conclusiones

Las UFPC de la vereda Boquerón estudiadas funcionan como un modelo de minifundio, donde la familia es el núcleo de trabajo fundamental que sostiene los sistemas de producción, basados en el monocultivo de papa y la ganadería de doble propósito. La caracterización permitió identificar una tensión generacional, social y territorial marcada por la migración juvenil hacia las ciudades, la falta de organización de la comunidad, la amenaza de la minería ilegal y una baja participación institucional, factores que vulneran la permanencia de los saberes tradicionales y la estabilidad del socioecosistema de páramo.

La aplicación del marco MESMIS y el análisis de ATLAS.ti demuestran que las UFPC estudiadas se encuentran en un nivel de sostenibilidad medio (2.3 a 2.9), esta condición se debe a que la economía familiar depende del monocultivo de papa, el uso intensivo de agroquímicos y el agotamiento del capital natural; de igual forma existe una contradicción en la percepción social debido a que el recurso hídrico es el servicio más valorado por los campesinos, pero su gestión está enfocada casi exclusivamente en el uso productivo y captación, descuidando la conservación estructural de las fuentes y rondas hídricas. De igual forma ocurre con la conservación del ecosistema, existe un reconocimiento de su importancia en cuanto a los beneficios que ofrece para las actividades diarias de las unidades, pero no existe una apropiación sobre las acciones que el páramo requiere para continuar con su función.

La redistribución predial agroecológica se proyecta como una herramienta técnicamente viable para orientar la transición hacia la sostenibilidad, planteando cambios estructurales en la forma de producción que buscan mantener un equilibrio con la conservación del ecosistema, sin

comprometer los ingresos económicos, y con el potencial de fortalecer los servicios ecosistémicos. El instrumento propuesto que contempla sistemas rotacionales, la integración de especies menores y la reconversión de parches de bosque aislados en corredores biológicos y cercas vivas podría contribuir a la mitigación de la fragmentación del paisaje, así como favorecer la recuperación de la salud del suelo y la conectividad hídrica. De esta manera, esta propuesta podría facilitar el cumplimiento de la Ley 1930 de 2018, proyectándose como una alternativa para que las familias campesinas puedan permanecer en el territorio realizando actividades de bajo impacto de manera legal.

Se logró elaborar una propuesta estratégica de desarrollo sostenible que articula la planificación espacial participativa con los saberes locales, la cual sugiere que la conservación del páramo Rabanal no es posible bajo una exclusión normativa, sino a través de una gobernanza intercultural, ratificando que el campesino tiene el potencial de actuar como un gestor activo de restauración y protector de los servicios ecosistémicos, proponiendo la transición de su sistema productivo tradicional hacia un modelo agroecológico que busque equilibrar la seguridad alimentaria con la preservación de la integridad biológica de este ecosistema estratégico.

Recomendaciones

Se sugiere realizar una reconversión progresiva de los sistemas tradicionales hacia modelos agroecológicos que integren la diversificación de cultivos, el uso de fertilizantes orgánicos y la cría de especies menores, estas prácticas reducen la dependencia de insumos químicos, favorecen potencialmente la estructura del suelo y aportan al fortalecimiento de la seguridad alimentaria de las familias frente a las fluctuaciones del mercado.

Es importante promover la adopción del instrumento de redistribución predial propuesto, utilizando la cartografía social para establecer cercas vivas y corredores biológicos con especies

nativas, esta organización espacial contribuye a la protección de drenajes y nacimientos de agua, a mitigar la fragmentación ecológica y propiciar que las actividades agrícolas se realicen bajo criterios de bajo impacto, lo que facilitaría el cumplimiento de la Ley de páramos.

Se recomienda fortalecer la asociatividad y el liderazgo comunitario para mitigar la migración juvenil y la pérdida de la memoria biocultural. De igual forma, las autoridades ambientales deben integrar al campesino como un gestor activo y guardián del páramo, articulando los saberes tradicionales con la planificación territorial, lo que podría transformar la percepción de la norma desde una restricción hacia un acuerdo de coexistencia sostenible.

El aporte principal de este estudio consiste en la creación de un instrumento de planificación predial técnica y participativa que se asocia con la normativa ambiental a escala de las UFPC, presentando propuestas de distribución espacial predial que se orientan a mostrar la posibilidad de combinar la productividad campesina con la conservación de servicios vitales como la regulación hídrica y la captura de carbono.

Esta investigación aporta a la Maestría en Manejo y Sostenibilidad Ambiental, un modelo metodológico de enfoque mixto para la resolución de conflictos socioambientales en ecosistemas estratégicos, sugiriendo como el manejo ambiental puede trascender el cumplimiento de lo estrictamente normativo para integrarse de manera efectiva con la cartografía participativa y la evaluación multidimensional de la sostenibilidad. Alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible y los principios de gobernanza territorial, proporcionando una ruta técnica para una posible transformación del habitante rural en un gestor activo de restauración. Este enfoque resulta fundamental para la gestión de áreas protegidas, ya que ofrece alternativas para facilitar la articulación entre la preservación de los servicios ecosistémicos vitales y la resiliencia social y económica de las comunidades de alta montaña.

Limitaciones del estudio

El estudio se desarrolló bajo una orientación de caso múltiple centrado en cinco UFPC de la vereda Boquerón. Aunque esta aproximación intencional permitió profundizar en la caracterización socio ecológica, el procesamiento cualitativo de 52 audios en ATLAS.ti y el diseño cartográfico en QGIS, los resultados no pueden extrapolarse estadísticamente a la totalidad de las 166 unidades prediales en zona de páramo de la vereda o a otros sectores del páramo Rabanal.

Los datos recolectados para las dimensiones social, económica y ambiental, así como la evaluación de los servicios ecosistémicos, provienen de la percepción y de las declaraciones directas provistas por los agricultores durante las entrevistas, lo que puede generar sesgos de apreciación individual sobre el estado real de la UFPC.

La propuesta de redistribución predial constituye un instrumento de planificación territorial técnico y participativo. Sin embargo, su ejecución real trasciende el alcance de esta investigación.

Líneas de investigación futura

Diseñar y ejecutar proyectos piloto a escala de finca en UFPC voluntarias para aplicar de manera práctica las propuestas de reorganización predial elaboradas en QGIS, lo que permitirá evaluar en tiempo real la viabilidad operativa, los costos de implementación y el grado de adopción por parte de las familias de los lotes de rotación, las cercas vivas, la ampliación de zonas de protección y los módulos de especies menores.

Evaluar la factibilidad financiera de la transición agroecológica mediante análisis costo beneficio que incorporen la valoración de mercados locales para cultivos diversificados y especies menores. De igual forma, se sugiere diseñar modelos de Pago por Servicios

Ambientales (PSA) o alicientes a la conservación hídrica específicos para los predios que mantengan su aislamiento y protección.

Profundizar en la dimensión sociológica del socioecosistema enfocado en pedagogía rural, emprendimientos agroecológicos liderados por jóvenes y mecanismos de gobernanza participativa que permitan reducir la migración juvenil, preserven la memoria biocultural y fortalezcan el tejido comunitario en zonas de alta montaña

Referencias Bibliográficas

Acuña, M. (2023). Análisis bibliométrico de la importancia de los Páramos en el Ecuador en privación de Servicios Ecosistémicos 2018-2023. Universidad Técnica de Cotopaxi.

AGRILAB Laboratorios S.A.S. (2024). *Informe de resultados N.º 26879-V1-2024: Análisis convencional de suelo campo más aluminio intercambiable*, (Informe de laboratorio ASU-08771-2024). AGRILAB Laboratorios S.A.S

Albarracín-Zaidiza, J., Fonseca-Carreño, N. E., & López-Vargas, L. (2019). Las prácticas agroecológicas como contribución a la sustentabilidad de los agroecosistemas. Caso provincia del Sumapaz. *Ciencia y Agricultura*, 16, 39–55.

<https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n2.2019.9139>

Alfonzo, D., Torrez, M. D., Alban, R., & Griffon, D. (2008, May 28). Agroecología: Indicadores de sustentabilidad en Agroecología.

<https://agroecologiavenezuela.blogspot.com/2008/05/indicadores-de-sustentabilidad-en.html>.

Al-Musawi, Z. K., Vona, V., & Kulmány, I. M. (2025). Utilizing Different Crop Rotation Systems for Agricultural and Environmental Sustainability: A Review. *Agronomy*, 15(8), 1966.

<https://doi.org/10.3390/agronomy15081966>

Altieri, M. A. (1999). Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-Comunidad.

Altieri, M. A. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. In Agroecología el camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas.

Altieri, M., Parviz, K., & Holt, E. (2012). Agricultura verde: fundamentos agroecológicos para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos. Agroecología, 7, 7–18.

Álvarez, J., & Barreto, J. (2016). Disyuntivas Ambientales y Políticas de los Campesinos Paperos del Páramo de Cortadera en Boyacá-Colombia. Psicología Política, 16(37), 321–334.

Amorocho, A., Serrano, N., & Aceros, J. (2024). Cambios socioambientales en un ecosistema de páramo seco en el nororiente de Colombia. Trabajo Social, 26(2), 143–166.

Anzoategui, L. V., Gil-Leguizamón, P. A., & Sanabria-Marin, R. (2023). Agricultural frontier and multi-temporality of vegetation cover in moorland of the Cortadera Regional Natural Park (Boyacá, Colombia). Bosque, 44(1), 159–170. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002023000100159>

Arce, A., de Haan, S., Juarez, H., Burra, D. D., Plasencia, F., Ccanto, R., Polreich, S., & Scurrah, M. (2019). *The spatial-temporal dynamics of potato agrobiodiversity in the Highlands of Central Peru: A case study of smallholder management across farming landscapes*. Land, 8(11), 169. <https://doi.org/10.3390/land8110169>

Astier, M., Masera, O., & Galván-Miyoshi, Y. (2008). Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. SEAE / CIGA / ECOSUR / CIEco / UNAM / GIRA / Mundiprensa / Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable.

Avella, C. (2021). *Análisis de la relación entre medios de vida campesinos en el páramo y resiliencia socioecológica del agropaisaje: caso de estudio de ventaquemada en el complejo de páramo de Rabanal*. Pontificia Universidad Javeriana - Facultad de Estudios Ambientales y Rurales - Maestría en Desarrollo Rural.

Babativa, H., Rubiano, P. A., Velásquez, T., Gaona, N., González, J., & Vega, M. (2024). La entrevista semiestructurada: una herramienta pertinente en la percepción de valores sociales para la vida. *Revista Lasallista de Investigacion*, 21(1), 92–107.
<https://doi.org/10.22507/RLI.V21N1A5>

Bebbington, A., Humphreys Bebbington, D., Bury, J., Langan, J., Muñoz, J. P., & Scurrah, M. (2008). Mining and social movements: Struggles over livelihood and rural territorial development in the Andes. *World Development*, 36(12), 2888–2905.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2007.11.016>

Belete, T., & Yadete, E. (2023). Effect of mono cropping on soil health and fertility management for sustainable agriculture practices: A review. *Journal of Plant Sciences*, 11(6), 192-197. <https://doi.org/10.11648/j.jps.20231106.13>

Betancourt, M. (2019). Valoración e identificación de servicios ecosistémicos culturales en el páramo ubicado en zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Los Nevados, Colombia. Universidad de los Andes.

Bigdeli, A., Mohammadi, A., Mohammadzade, A., & Einali, J. (2025). *The role of rural handicrafts in diversifying the economy of rural areas: Case study: Dahmala Rural District–Shahrood County*. *Journal of Rural Development and Extension Studies*.
<https://doi.org/10.30470/jrdes.2025.2052017.1054>

Borrás, M., Galindo, G., & Triviño Gíl, W. (2010). Influencia de los patrones de uso actual de la tierra sobre la dinámica de la vegetación en el páramo de Rabanal, vereda San Antonio, municipio de Guachetá. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 1(2), 65–75.

Cáceres, J. (2019). Los páramos de la parte altoandina de la Reserva de la Biosfera Macizo del Cajas (Ecuador): Gestión para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos. Universidad Autónoma de Barcelona.

Calderón-Etter, L. (2014). Conflictos asociados al uso del suelo: una aproximación al área de conservación óptima en el Páramo de Santurbán [Universidad de Los Andes]. In *Research in Agricultural & Applied Economics*. www.cadena.com.co

Camacho, V., & Ruíz, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Biociencias*, 1, 15.
https://www.researchgate.net/publication/235985361_Marco_conceptual_y_clasificacion_de_los_servicios_ecosistemicos.

Casabuenas, L., & Estupiñán, L. (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.

Congreso de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>

Congreso de Colombia. (2018). *Ley 1930 de 2018*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87764>

Congreso de la República. (2015). *Ley 1753 de 2015*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=61933>

Constitución Política de Colombia (1991).
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125>

Corpochivor. (2023). *Actualización Plan de Manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado - DRMI Páramo Rabanal - Componente Diagnóstico*.

Corpochivor. (2023). *Actualización Plan de manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado DRMI Páramo Rabanal - Medio Socioeconómico y Cultural*.

Corpochivor. (2023d). Acuerdo No. 15 “Por el cual se actualiza el Plan de Manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Páramo Rabanal, en el municipio de Ventaquemada, en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor Corpochivor”.

Corpochivor. (2018). Plan de manejo ambiental del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Páramo Rabanal - Componente Diagnóstico.

Cuervo, L. A., Pérez-Alarcón, C. A., & Rodríguez Cely, N. T. (2026). Dialogues of Knowledge for Agroecology: Participatory Strategies for Peasant Strengthening in Boyacá. *Advances in Consumer Research*, 3(1), 1021–1036. <https://acr-journal.com/>

Cipollone, M. D. (2022, febrero). *ATLAS.ti como recurso metodológico en investigación educativa*. Universidad Católica de Córdoba.

<https://revistas.bibdigital.uccor.edu.ar/index.php/adiv/article/view/5280>

Díaz-Ballesteros, N., & Avellaneda-Torres, L. M. (2025). Analysis of the environmental conflict and community alternatives in the Pisba Páramo, Andes Mountain Range (Boyacá, Colombia). *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 65, 90–112.

<https://doi.org/10.5380/dma.v65i.91451>

Estupiñán, L. (2021). *Vulnerabilidad al cambio climático del sistema socioecológico altoandino, páramo Rabanal, región Cundiboyacense - Colombia*. Universidad Tecnológica de Pereira - Facultad de Ciencias Ambientales - Doctorado en Ciencias Ambientales.

Fedesarrollo. (2013). Valoración de los bienes y servicios ambientales provistos por el Páramo de Santurbán.

Fernández, Y. (2008). ¿Por qué estudiar las percepciones ambientales? Una revisión de la literatura mexicana con énfasis en Áreas Naturales Protegidas. *Espiral, Estudios Sobre Estado y Sociedad*, XV No. 43.

Fonseca Carreño, N. E., Palacios Yepes, E., & Leyva, J. L. (2023). Evaluación de sistemas agroecológicos orientados a la sustentabilidad de la agricultura familiar campesina en la provincia de Sumapaz. *Pensamiento Udecino*, 7(1), 18–34.

<https://doi.org/10.36436/23824905.546>

Fonseca Carreño, N. E., & Vega Baquero, Z. Y. (2019). Sostenibilidad como estrategia de competitividad empresarial en sistemas de producción agropecuaria. *Revista Estrategia Organizacional*, 8(1), 9–26. <https://doi.org/10.22490/25392786.3168>

Fonseca. (2022a). Valoración de los servicios ecosistémicos de provisión en agroecosistemas campesinos. Caso: Provincia de Sumapaz, Cundinamarca. *SUMMA. Revista Disciplinaria En Ciencias Económicas y Sociales*, 4(1). <https://doi.org/10.47666/summa.4.1.15>

Fonseca, N. (2021). La agroecología y la ecoagricultura, estrategias sustentables en los sistemas de producción campesina. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 18.

<https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr18.aees>

Fonseca, N. (2022b). *Percepción de los servicios ecosistémicos de provisión ofertados en Agroecosistemas Campesinos en la Provincia de Sumapaz* (Sello Editorial UCundinamarca, Ed.).

Fonseca, N., & Palacios, E. (2024). *Sistema agroalimentario de la provincia del Sumapaz en Cundinamarca* (1st ed.). Editorial Universidad de Cundinamarca.

<https://repositorioctei.ucundinamarca.edu.co/administrativas>

Fonseca-Carreño, J. A., Cleves-Leguízamo, A., & León-Sicard, T. (2016). Evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas familiares campesinos en la microcuenca del río Cormechoque (Boyacá). *Revista Ciencia y Agricultura (Rev Cien Agri)*, 13(1), 29–47.

Fonseca-Carreño, N. (2021). Propuesta metodológica para medir la sustentabilidad en agroecosistemas a través del marco MESMIS. *Revista Pensamiento Udecino*, 5(1), 144–161.

Fonseca-Carreño, N. E., & Narváez-Benavides, C. (2020). Aplicación de la metodología MESMIS para la evaluación de sustentabilidad en sistemas de producción campesina en Sumapaz, Cundinamarca. *Ciencias Agropecuarias*.

https://revistas.ucundinamarca.edu.co/index.php/Ciencias_agropecuarias/article/view/318/201

IFAD (2018). *The linkages between migration, agriculture, food security and rural development*. FAO. <https://www.ifad.org/en/w/publications/the-linkages-between-migration-agriculture-food-security-and-rural-development>

Franco, B. (2012). Proyecto Páramos y sistemas de vida. Informe final sobre la descripción de las condiciones de vida y la relación con el páramo en las zonas de estudio de Rabanal, Guerrero y Santurbán que incluya una propuesta preliminar de indicadores de sostenibilidad para sistemas de vida.

Galvis-Hernandez, M., & Ungar, P. (2021). *Páramos Colombia: biodiversidad y gestión*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Garzón, A. (2023). *Una mirada a la norma ambiental colombiana sobre los páramos*. Universidad Externado de Colombia - Departamento de Derecho del Medio Ambiente - Facultad de Derecho - Maestría en Derecho de Estado.

Garzón Camacho, J. C. (2015). Relaciones entre el ordenamiento territorial y el ordenamiento ambiental. Estudio de caso: Páramo de Rabanal [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/items/b589b166-a9f8-4ac4-bbda-d340b895e0e3>

Geilfus, F. (2002). 80 herramientas para el desarrollo participativo - Diagnóstico, Planificación - Monitoreo y Evaluación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <http://www.iica.int>.

Gil, M. (2021). Evaluación de sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola. Un caso de estudio en el páramo de Rabanal, del municipio de Samacá, Boyacá. Pontificia Universidad Javeriana.

Gil-Leguizamón, P. A., Morales-Puentes, M. E., & Jácome, J. (2020). *Estructura del bosque altoandino y páramo en el Macizo de Bijagual, Boyacá, Colombia*. *Revista de Biología Tropical*, 68(3), 765–776. <https://doi.org/10.15517/RBT.V68I3.34912>

Gómez Fernando. (2018). La agroecología como una nueva ciencia. *Medicina Veterinaria y Zootecnia Órgano Informativo de La Academia Colombiana de Ciencias Veterinarias*, 7, 38–49.

Gutiérrez Cedillo, J., Aguilera Gómez, L., & González Esquivel, C. (2008). Agroecología y sustentabilidad. *Convergencia Revista de Ciencias Sociales*, 46, 51–87. <https://convergencia.uaemex.mx/article/view/1341/1020>

Hernández, H. (2021). *Análisis de la adaptación a la variabilidad climática en agricultores de los municipios de Ventaquemada y Samacá en el departamento de Boyacá, Colombia*. Centro Universitario Internacional de Barcelona, Universidad de Barcelona.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). McGraw-Hill Education.

Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., & Vásquez, A. (2014). Los Páramos Andinos ¿Qué Sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo. UICN. www.uicn.org/sur

IAvH, CAR, Corpoboyacá, & Corpochivor. (2008). Estudio sobre el estado actual del macizo del páramo de Rabanal.

Ivanova, Y. (2022). Afectación de los servicios ecosistémicos hídricos en la cuenca del río Teatinos (páramo Rabanal) efecto del cambio de coberturas de la tierra – producto del cambio climático global. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 10(2), 196–215.
<https://doi.org/10.17081/invinno.10.2.5856>

Ivanova, Y., & Marín-Arévalo, L. C. (2020). Estudio de afectación del servicio ecosistémico de regulación hídrica por actividades de agricultura en la cuenca del río Gachaneca I, páramo Rabanal. *Gestión y Ambiente*, 23(2), 193–202.
<https://doi.org/10.15446/ga.v23n2.88051>

Koo, H., Kleemann, J., Cuenca, P., Kyoung, J., & Fürst, C. (2024). Implications of landscape changes for ecosystem services and biodiversity: A national assessment in Ecuador. *Ecosystem Services*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101652>

Laverde, C. (2008). Servicios ecosistémicos que provee el páramo de la cuenca alta del río Teusacá: Percepción de los actores campesinos y su relación con los planes ambientales en la vereda Verjón Alto, Bogotá D.C. Pontificia Universidad Javeriana.

Lazo, P. X., Mosquera, G. M., McDonnell, J. J., & Crespo, P. (2019). The role of vegetation, soils, and precipitation on water storage and hydrological services in Andean Páramo catchments. *Journal of Hydrology*, 572, 805–819. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.050>

Ley 1930 (2018).
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87764>

López-Ridaura, S., Masera, O., & Astier, M. (2001). Evaluando la sostenibilidad de los sistemas agrícolas integrados: El marco MESMIS. *Boletín de Ilea*, 25–27.
www.oikos.unam.mx/gira/english.htm

López-Ridaura, S., Masera, O., & Astier, M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. the MESMIS framework. *Ecological Indicators*, 2, 135–148. www.oikos.unam.mx/gira.

López-Rodríguez, C. E., Urrego Tunjuelo, C. P., & Urrego Tunjuelo, A. R. (2023). Methodological proposal for the adoption of good practices in sustainable agriculture aimed at colombian producers. *Produccion y Limpia*, 18(1), 99–117.
<https://doi.org/10.22507/pml.v18n1a7>

Luna, C. (2014). Conservación de páramos y campesinos: En busca de políticas participativas que involucren la conservación, el uso sostenible y los derechos humanos campesinos. Universidad de los Andes.

Martin-Clouaire, R. (2017). Modelling operational decision-making in agriculture. *Agricultural Sciences*, 8(7), 527–544. <https://doi.org/10.4236/as.2017.87040>

MADS. (n.d.). Páramos. Retrieved May 2, 2025, from <https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/paramos/>

MADS. (2021). “Tenemos el 50 % de los páramos del mundo”: Ministro de Ambiente en el Día de las Montañas. <https://www.minambiente.gov.co/tenemos-el-50-de-los-paramos-del-mundo-ministro-de-ambiente-en-el-dia-de-las-montanas/>

Manosalva, M., Huguet, C., & González, N. (2023). Evaluación del Impacto Antropogénico en las Funciones Ecosistémicas de los Suelos del Páramo Rabanal. Universidad de los Andes.

Masera, O., Astier, M., & López-Riadura, S. (1999). Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada A. C.

Melgarejo, Vladimir. (2019). Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica. Universidad Nacional de Colombia.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis.

Mosquera, G. M., Hofstede, R., Bremer, L. L., Asbjornsen, H., Carabajo-Hidalgo, A., Célleri, R., Crespo, P., Esquivel-Hernández, G., Feyen, J., Manosalvas, R., Marín, F., Mena-Vásquez, P., Montenegro-Díaz, P., Ochoa-Sánchez, A., Pesántez, J., Riveros-Iregui, D. A., & Suárez, E. (2023). Frontiers in páramo water resources research: A multidisciplinary assessment. *Em Science of the Total Environment* (Vol. 892). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164373>

Murillo, J., Murillo, R., & Robalino, D. (2019). Servicios ecosistémicos ligados al agua y diversidad florística en el páramo de la Ciénega en la regional San José de Chazo - Santa Fe de Galán. *Memorias II Congreso Internacional Bosques y Agroforestería Para El Siglo XXI*, 24–35.

Naranjo, L. (n.d.). Páramos de Colombia WWF Colombia. WWF.

Navarro, L. (2018). Propuesta de sistema productivo sostenible de papa para distrito de manejo integrado en el páramo de Guargua, estudio de caso finca El Chorrito Carmen de Carupa. Universidad del Bosque.

Osorio, M., Rosero, S., Sánchez, D., & Ruano, L. (2024). Sovereignty and food security in Colombian peasant families. *Revista de Ciencias Sociales*, XXX(9), 460–475.

Pantoja, A. (2016). Evaluación de los servicios ecosistémicos en el complejo de páramo Doña Juana Chimayoy. Universidad de Nariño.

Pastrana-Aguirre, G. E., Ortiz-Valdes, C., & Restrepo Rubio, J. S. (2026). Leaderships That Emerge: Profile and Performance of Promoters in Farmer-to-Farmer Processes in Casanare, Colombia. *Sustainability (Switzerland)*, 18(5034), 1–21. <https://doi.org/10.3390/su18105034>

Pérez, C. (2019). Sustentabilidad y Persistencia Campesina: Un análisis de las Unidades Productivas en el Municipio de Tinjacá [Universidad de Buenos Aires]. <https://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/especializacion/2019perezalarconcrisnialejandro.pdf>

Pérez, J., & Fletes, H. (2025). Capítulo IX. El papel de la pluriactividad en el desarrollo local. El caso de los pequeños productores agrícolas de Villaflores, Chiapas, México. In J. Márquez, J. Moreno, & J. Almanza (Eds.), *Territorios resilientes y comunidades en progreso* (pp. 135–150). Asociación Española de Geografía (AGE). <https://doi.org/https://doi.org/10.21138/dl.2025.lc>

Pérez-Alarcón, C. A., Fontalvo-Buelvas, J. C., & Restrepo Rubio, J. S. (2025). Experiencias de extensionismo lideradas por mujeres universitarias para tejer agroecologías en escuelas campesinas de Boyacá, Colombia. In Comunidades de aprendizaje para las agroecologías: Experiencias desde colectividades, escuelas campesinas, redes, asociaciones civiles e instituciones educativas (pp. 74–100). Ediciones Comunicación Científica.
<https://doi.org/https://doi.org/10.52501/cc.354.04>

Pérez-Alarcón, C., Rodríguez-Robles, U., Reyes-Ardila, W., González-Santos, W., Rosales-Adame, J., & Fontalvo-Buelvas, J. (2024). Evaluación participativa de la sustentabilidad en unidades productivas campesinas de Tinjacá, Colombia. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 22(43), 1–26. <https://doi.org/10.15359/prne.22-44.13>

Pinheiro, L., Rosset, P., Val, V., & Soto, O. (2025). Diálogo de Saberes y Pedagogía del Territorio en las luchas por autonomías y soberanías en el Sur Global. *Masquedós*, 10(13), 1–22.
<https://doi.org/10.58313/masquedodos.2025.v10.n13.428>

Pinilla, A. (2023). Modelo para estimar la sustentabilidad territorial frente a cultivos de papa. Caso de estudio jurisdicción Páramo de Guerrero de Tabio Cundinamarca. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Pinos-Morocho, D., Morales-Matute, O., Durán-López, M. E., Pinos-Morocho, D., Morales-Matute, O., & Durán-López, M. E. (2021). Suelos de páramo: Análisis de percepciones de los servicios ecosistémicos y valoración económica del contenido de carbono en la sierra sureste del Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(2), 151–173.
<https://doi.org/10.15359/RCA.55-2.8>

Porras Rodríguez, P. D., Espitia Malagón, E. M., Rodríguez Borray, G. A., Polo Murcia, S. M., & Vásquez Urriago, Á. R. (2020). Modelo productivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.)

de la variedad Parda Pastusa para el altiplano cundiboyacense. In Modelo productivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) de la variedad Parda Pastusa para el altiplano cundiboyacense.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).

<https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7403510>

Presidente de la República de Colombia. (1974). *Decreto 2811 de 1974*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>

Presidente de la República de Colombia. (2010). *Decreto 2372 de 2010*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=39961>

Quiñones-Hoyos, C., Cárdenas, C., Castellanos, L., Bernal, C., Acuña, R., Murcia-López, M., & Córdoba, A. (2021). Contribuciones de la biodiversidad a las comunidades locales caracterizadas desde los conocimientos locales y tradicionales.

Ranjan, P., & Pandey, A. (2021). *Spring protection: Step towards water security and sustainable rural water supply*. En A. Pandey, P. Kumar, & S. K. Sharma (Eds.), *Water Security and Sustainability* (pp. 253–270). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-79014-3_13

Reis, V. C., Cubi, G. M. O., Cubi, G. J. O., Souza, F. R., Rodovalho, E. C., & Lima, H. M. (2026). Mining impacts on communities: A systematic review of social, economic, environmental, territorial, and health dimensions. *Sustainability*, 18(9), 4208.

<https://doi.org/10.3390/su18094208>

Riaño, N., & Márquez, J. (2025). Capítulo XXXV. Páramos de Cundinamarca, Colombia. Cambio Climático, Servicios Ecosistémicos y Seguridad Hídrica. In Territorios resilientes y comunidades en progreso. Asociación Española de Geografía (AGE).

<https://doi.org/https://doi.org/10.21138/dl.2025.lc>

Rivera, D., & Rodríguez, C. (2011). Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos en Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Roa Peña, D. E., Parada Rodriguez, N., & Rodríguez Vasquez, 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). <https://doi.org/10.53010/nys6.07>

Rodríguez-Espinosa, U., & Correa-Perdomo, A. V. (2022). Análisis del escaso relevo generacional desde los modelos de desarrollo rural en Colombia. *Agricolae & Habitat*, 5(2), 23–40. <https://doi.org/10.22490/26653176.5901>

Rodríguez, N., Armenteras, D., & Retana, J. (2015). National ecosystem services priorities for planning carbon and water resource management in Colombia. *Land Use Policy*, 42, 609–618. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.09.013>

Rojas, J. (2011). El pago por servicios ambientales como alternativa para el uso sostenible de los servicios ecosistémicos de los páramos. *Ambiente y Sostenibilidad*, 1(1), 57–65. <https://doi.org/10.25100/ays.v1i1.4339>

Rojas, D. (2023). *Servicios ecosistémicos y sostenibilidad en agroecosistemas: El caso del páramo de Guerrero (Cundinamarca, Colombia)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica y Universidad Nacional de Costa Rica.

Rojas-Cano, E., Pérez-Alarcón, C., & Fontalvo-Buelvas, J. (2023). Evaluación de la sustentabilidad en unidades de agricultura familiar: diagnóstico y recomendaciones para tres municipios de Boyacá, Colombia. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 3(1), 71–91. <https://doi.org/10.5154/r.rchsagt.2023.03.06>

- Rojas-Ramírez, D. A., Varela-Benavides, I., & Guzmán-Hernández, T. (2024). Agriculturas de la alta montaña en Colombia: oportunidades para la reconversión hacia la sostenibilidad. *E-Cucba*, 21. <https://doi.org/https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi21.329>
- Román-Montes de Oca, E., Licea-Resendiz, J. E., & Romero-Torres, F. (2020). Diversificación de ingresos de los productores como estrategias de desarrollo rural. *Entramado*, 16(2), 126–141. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.6752>
- Sanabria Hurtado, C. A., Sanabria Totaitive, I. A., & Sánchez Cuervo, R. E. (2022). Evaluación de la sostenibilidad de cultivos de papa (páramo de Gámeza, Boyacá, sector Daita, Colombia). *Revista Mutis*, 12(1). <https://doi.org/10.21789/22561498.1769>
- Sarandón, S. (2002). *Agroecología El camino hacia una agricultura sustentable* (1st ed.). Ediciones Científicas Americanas.
- Sarandón, S. Javier., & Flores, C. Cecilia. (2014). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables* (1, Ed.). D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Sarmiento, C., Cadena, C., Sarmiento, M., & Zapata, J. (2013). Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Sarmiento, C., Osejo, A., Ungar, P., & Zapata, J. (2017). Páramos habitados: desafíos para la gobernanza ambiental de la alta montaña en Colombia. *Biodiversidad en la práctica. documentos de Trabajo del Instituto Humboldt*, 2(1).

Soil Survey Staff. (1999). *Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys* (2nd ed., Agriculture Handbook No. 436). U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.

Soler-Vargas, C. A., De-Luque-Villa, M. A., & Gómez-Rendón, C. P. (2026). Resilience and risk perception in water scarcity: An analysis from Bourdieu's theory. *Frontiers in Water*, 8, 1707226. <https://doi.org/10.3389/frwa.2026.1707226>

Speelman, E. N., López-Ridaura, S., Colomer, N. A., Astier, M., & Masera, O. R. (2007). Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. www.gira.org.mx

Suarez, P., Silva, E. y Lizarazo, S. (2021). Bases Para Que Comprendamos La Ley de Páramos. Universidad de los Andes.

The Nature Conservancy. (n.d.). Los páramos, la alcancía del cielo. Retrieved September 28, 2026, from <https://www.nature.org/es-us/sobre-tnc/donde-trabajamos/tnc-en-latinoamerica/colombia/historias-en-colombia/los-paramos-alcancia-cielo/>

Thiemann, M., Riebl, R., Haensel, M., Schmitt, T. M., Steinbauer, M. J., Landwehr, T., Fricke, U., Redlich, S., & Koellner, T. (2022). Perceptions of ecosystem services: Comparing socio-cultural and environmental influences. *PLOS One*, 17(10), e0276432. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276432>

Triana, I., Díaz, D., & Vallejo, V. (2022). Evaluation of the impact of potato monoculture on soil quality in the Páramo de Guerrero (Cundinamarca, Colombia). *Acta Agronomica*, 71(3). <https://doi.org/10.15446/acag.v71n3.96989>

UNAM. (n.d.). MESMIS - Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad. Retrieved May 16, 2026, from

<https://www.mesmis.unam.mx/MESMIS/framework.xhtml;jsessionid=EC3590E359CBAC5101CE8B864A424088>

Valladares, C., Toapanta, V., Grandes, N., & Chalá, J. (2026). Manual básico de investigación no experimental transversal - Un enfoque académico. REDIEM, 47.

<https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/nL2/1265>

Vargas-Ríos, O., & Insuasty-Torres, J. (2021). Introducción a la ecología de los páramos. Em *Bases ecológicas y sociales para la restauración de los páramos* (p. 15–36).

<https://www.researchgate.net/publication/368390978>

Vega, J. (2021). *Evaluación de la Sustentabilidad en Sistemas Agropecuarios de Alta montaña Bajo Condiciones de Variabilidad Climática: Sumapaz Colombia* [Universidad Distrital Francisco José de Caldas].

<https://www.proquest.com/openview/f16df9a4432afadd003511b27d3ed14c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>

Verano Jiménez, A. E., & Villamizar González, A. V. (2017). Lineamientos agroecológicos para el desarrollo del agroecoturismo en páramos. *Turismo y Sociedad*, 21, 253–273. <https://doi.org/10.18601/01207555.N21.12>

Vergara, P. (2020). Estrategias implementadas por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia para conservar los páramos. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 167–176. <https://doi.org/10.15359/rca.54-1.9>

Vergara, P., & De Pellegrin, I. (2025a). A systematic review of ecosystem services in the Rabanal páramo (Colombia). *Integrated Environmental Assessment and Management*, 21(3), 485–495. <https://doi.org/10.1093/inteam/vjae029>

Vergara, P., & De Pellegrin, I. (2025b). Multitemporal Analysis of Land Cover Changes in the Rabanal Páramo Ecosystem (Colombia) From 2000 to 2020 and Its Planning Regulations. *Land Degradation and Development*. <https://doi.org/10.1002/ldr.5493>

Vergara-Buitrago, P., Morales-Puentes, M., Gil-Leguizamón, P., & Useche de Vega, D. (2018). Encuentros para el reconocimiento y aprendizaje ambiental con la comunidad campesina del páramo de Rabanal (Boyacá, Colombia). *Revista Geográfica Venezolana*, 59(2), 398–410.

Vinasco-Guzmán, M. C. (2021). Propuesta de Modelo de Competitividad Sistémica de los Espacios Rurales. *Libre Empresa*, 18(1), 135–159. <https://doi.org/10.18041/1657-2815/libreempresa.2021v18n1.8729>

Vilakazi, B., Odindo, A. O., Phophi, M. M., & Mafongoya, P. L. (2025). Socioeconomic factors influencing crop diversification among smallholder farmers in Bergville, South Africa. *Agriculture*, 15(9), 914. <https://doi.org/10.3390/agriculture15090914>

Zoderer, B. M., Tasser, E., Carver, S., & Tappeiner, U. (2019). Stakeholder perspectives on ecosystem service supply and ecosystem service demand bundles. *Ecosystem Services*, 37, 100938. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100938>

Zorro Melo, J. L. F. (2021). *Juventud rural y migración del campo a la ciudad en Colombia: Una aproximación desde el análisis narrativo de políticas públicas* [Trabajo de grado de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80089>

Anexos

Todos los anexos se pueden encontrar en el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1LAjCCgQrXlrCz-trLbbNMAwEgjsAwOrD?usp=sharing>

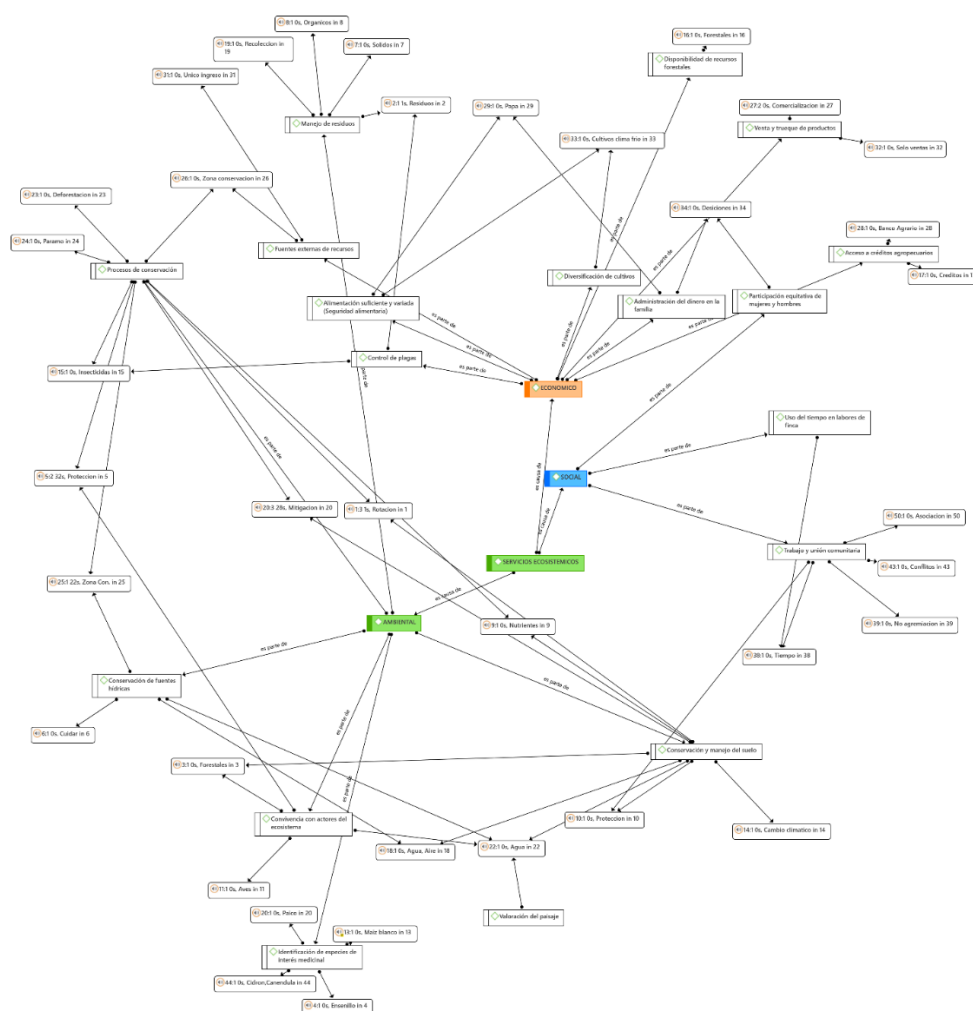
Anexo 1. Consentimientos informados.

Anexo 2. Información compartida por los propietarios.

Anexo 3. Entrevistas - Cuestionamientos.

Anexo 4. Caracterización y nube de palabras.

Anexo 5. Redes ATLAS.ti.



Anexo 6. Matriz de datos MESMIS.

EVALUACIÓN DIMENSIÓN SOCIAL						
INDICADOR	ESCALA DE EVALUACIÓN	VALOR UFPC				
		1	2	3	4	5
Acceso a educación	1. Sin acceso a educación formal					
	2. Educación básica incompleta					
	3. Educación básica completa	2	2	3	2	2
	4. Educación media o técnica					
	5. Educación superior o formación universitaria					
Oportunidades de formación	1. No existen capacitaciones en la zona					
	2. Capacitaciones esporádicas, sin relación con las necesidades locales					
	3. Capacitaciones ocasionales, pertinentes y con seguimiento parcial.	1	2	2	1	1
	4. Capacitaciones frecuentes, pertinentes y con acompañamiento limitado.					
	5. Capacitaciones continuas, pertinentes, con seguimiento y aplicación práctica de los saberes tradicionales					
Saberes tradicionales	1. No se reconocen ni aplican saberes ancestrales.					
	2. Algunos saberes ancestrales aún se practican en las unidades familiares.					
	3. Se conservan parcialmente los conocimientos tradicionales	1	2	2	3	2
	4. Los saberes se transmiten entre generaciones de forma constante					
	5. Los conocimientos ancestrales son valorados, transmitidos y aplicados en la producción y la vida comunitaria					
Uso del tiempo en labores de finca	1. No se dispone de tiempo suficiente para labores agrícolas.					
	2. Tiempo insuficiente para cumplir las labores del predio.					
	3. Tiempo justo para ejecutar las labores agrícolas					
	4. Se requiere apoyo externo ocasional para completar las labores.	4	2	4	4	4
	5. Se cumple la totalidad de labores y se dispone de tiempo para otras actividades familiares o comunitarias.					
Trabajo y unión comunitaria	1. No existe organización comunitaria.					
	2. Hay organización, pero sin participación activa.					
	3. Participación mínima en espacios organizativos.	1	1	1	1	1
	4. Participa activamente en procesos comunitarios.					
	5. Es líder o promotor de organización comunitaria.					
Movilidad del agricultor	1. Vías de acceso inexistentes o en muy mal estado.					
	2. Vías lejanas con acceso vehicular limitado.					
	3. Vías cercanas, pero deterioradas o inestables.	3	3	3	3	2
	4. Buenas vías de acceso, transitables la mayoría del tiempo.					
	5. Vías en excelente estado, transitables todo el año.					
Planificación predial	1. No hay planificación ni orden del espacio productivo.	3	3	2	2	1

	2. Planificación básica sin considerar aspectos ambientales.				
	3. Plan de manejo general estructurado.				
	4. Plan de manejo implementado y evaluado.				
	5. Plan agroecológico integral, con enfoque territorial y ecosistémico.				
Difusión y trasferencia de saberes	1. No hay transmisión de saberes				
	2. Se comparten de forma ocasional.				
	3. Se mantienen parcialmente.	1	2	2	1
	4. Se transmiten de generación en generación.				
	5. Los saberes se comparten, aplican y fortalecen colectivamente.				
Migración de la población local	1.No se presenta migración.				
	2.La tasa de migración es muy baja.				
	3.La tasa de migración es baja.	1	4	5	2
	4.La tasa de migración es media.				
	5.La tasa de migración es alta.				
Valoración del paisaje	1. Cambios mínimos en el paisaje.				
	2.Cambios menores en el paisaje habitual.				
	3.Cambios medios en el paisaje habitual.	3	3	4	3
	4.Cambios altos en el paisaje habitual.				
	5.Cambios sustanciales en el paisaje del lugar.				
Participación equitativa de mujeres y hombres	1. Solo los hombres toman decisiones.				
	2. Las mujeres participan de forma ocasional.				
	3. Las mujeres participan, pero sin poder decisorio.	5	5	5	5
	4. Mujeres y hombres toman decisiones compartidas.				
	5. Mujeres y hombres participan equitativamente y son corresponsables.				

EVALUACIÓN DIMENSIÓN ECONÓMICA

INDICADOR	ESCALA DE EVALUACIÓN	VALOR UFPC				
		1.	2	3	4	5
Fuentes externas de recursos	1. Solo depende de la producción agrícola					
	2. Cuenta con una o dos fuentes irregulares de ingreso.					
	3. Recibe apoyo ocasional de familiares o programas externos.	1	2	1	1	1
	4. Posee varias fuentes de ingreso, pero no constantes.					
	5. Diversifica ingresos de manera estable y sostenible.					
Venta y trueque de productos	1. No comercializa productos.					
	2. Comercializa pocos productos con intermediarios.	5	5	1	4	3
	3. Comercializa de manera esporádica y directa.					
	4. Comercializa regularmente de forma directa.					

	5. Comercializa todos sus productos de manera directa o asociativa.					
Diversificación de cultivos	1. Monocultivo					
	2. Dos cultivos					
	3. Entre 3 y 4 cultivos	1	1	3	1	1
	4. 5 cultivos					
	5. Mas de 5 cultivos, diversidad agroecológica					
Alimentación suficiente y variada (Seguridad alimentaria)	1. Compra todos los alimentos					
	2. Produce pocos alimentos para consumo propio					
	3. Produce parte significativa de los alimentos familiares.	2	2	2	2	2
	4. Produce la mayoría de alimentos para el hogar.					
	5. Es autosuficiente alimentariamente.					
Administración del dinero en la familia	1. Solo una persona maneja los ingresos.					
	2. Se distribuye parcialmente entre algunos miembros.					
	3. Se comparte entre la mayoría de miembros del hogar.					
	4. Todos los miembros participan en la gestión y uso del dinero.	1	1	2	1	1
	5. Los ingresos se distribuyen equitativamente, fomentando corresponsabilidad.					
Control de plagas	1. Uso exclusivo de agroquímicos.					
	2. Escaso control biológico					
	3. Uso moderado de bio controles.	3	1	1	1	2
	4. Diversidad biológica funcional para control natural					
	5. Uso abundante y estratégico de bio controles para manejo agroecológico.					
Disponibilidad de recursos forestales	1. Se cuenta con múltiples fuentes de recursos forestales disponibles.					
	2. Se cuenta con un número considerable de recursos forestales disponibles.					
	3. Se cuenta con un numero moderado de recursos forestales	5	5	5	5	5
	4. Se cuenta con número reducido de recursos forestales disponibles.					
	5. No se cuenta con recursos forestales disponibles de uso doméstico.					
Acceso a créditos agropecuarios	1. No tiene acceso a créditos.					
	2. Solo accede a crédito informal.					
	3. Accede de forma esporádica a créditos institucionales.	5	5	5	5	5
	4. Accede regularmente a créditos formales.					
	5. Cuenta con diversos mecanismos de financiamiento.					

EVALUACIÓN DIMENSIÓN AMBIENTAL						
INDICADOR	ESCALA DE EVALUACIÓN	VALOR UFPC				
		1.	2	3	4	5
Cobertura vegetal del ecosistema	1. Sin cobertura nativa.					
	2. Hasta 20% de cobertura nativa.					
	3. Entre 21% y 50% en restauración.	1	2	2	1	2
	4. Entre 51% y 80% conservada.					
	5. Más del 80% en conservación activa.					
Acceso a recursos naturales	1. Sin acceso o con recursos degradados.					
	2. Acceso limitado e inestable.					
	3. Acceso regular con algunas restricciones.	3	3	4	3	3
	4. Acceso controlado y organizado por la comunidad.					
	5. Acceso sostenible, equitativo y con manejo comunitario.					
Manejo de residuos	1. Sin manejo, residuos quemados o dispuestos al aire libre.					
	2. Separación mínima sin disposición adecuada.					
	3. Separación parcial y traslado ocasional.					
	4. Separación y disposición adecuada de la mayoría de residuos.	5	5	5	4	3
	5. Manejo integral y aprovechamiento de residuos orgánicos e inorgánicos.					
Gestión del recurso hídrico	1. Sin manejo, fuentes contaminadas.					
	2. Uso ineficiente del agua.					
	3. Extracción sin control o medidas básicas.	4	4	4	4	4
	4. Buen manejo y drenaje sostenible					
	5. Protección integral y uso sostenible del agua					
Conservación y manejo del suelo	1. Suelos erosionados o compactados.					
	2. Uso ineficiente, suelos degradados.					
	3. Medidas básicas de manejo.	5	3	3	3	3
	4. Buen manejo con cobertura vegetal					
	5. Suelos fértiles y conservados naturalmente.					
Convivencia con actores del ecosistema	1. Actores aislados sin cooperación.					
	2. Relaciones débiles y esporádicas.					
	3. Apoyos ocasionales entre actores.	2	4	3	2	2
	4. Relaciones frecuentes y colaborativas.					
	5. Articulación activa y solidaria entre actores.					
Identificación de especies de interés medicinal	1. No se reconocen especies medicinales.					
	2. Reconocen algunas especies locales.					
	3. Identifican y usan algunas plantas medicinales.	3	3	2	3	2
	4. Cultivan y conservan plantas medicinales.					
	5. Promueven, conservan y comparten el uso de especies medicinales con la comunidad.					
	1. No participa en procesos de conservación	1	1	2	1	1

Procesos de conservación	2. Participa mínimamente en procesos de conservación				
	3. Participa de manera ocasional en procesos de conservación				
	4. Participa activamente en procesos de conservación				
	5. Lidera acciones en procesos de conservación con la comunidad				
Conservación de fuentes hídricas	1. En la unidad se realizan actividades que disminuyen la infiltración y recarga hídrica				
	2. Mínima cobertura vegetal.				
	3. Cobertura media, con esfuerzos de conservación.	1	3	2	2
	4. Cobertura vegetal importante en zonas de importancia hídrica				
	5. Unidad productiva contribuye activamente a la recarga y conservación del agua.				
Salud del suelo	1. Suelo degradado y sin vida.				
	2. Suelo pobre en fertilidad.				
	3. Prácticas iniciales de recuperación.	4	4	3	2
	4. Suelo estable, fértil y con materia orgánica.				
	5. Suelo vivo, conservado y resiliente.				

INDICE GENERAL DE SOSTENIBILIDAD DE LAS UFPC				
UFPC 1	UFPC 2	UFPC 3	UFPC 4	UFPC 5
2	2	3	2	2
1	2	2	1	1
1	2	2	3	2
4	2	4	4	4
1	1	1	1	1
3	3	3	3	2
3	3	2	2	1
1	2	2	2	1
1	4	5	5	2
3	3	4	5	3
5	5	5	4	5
1	2	1	1	1
5	5	1	4	3
1	1	3	1	1
2	2	2	2	2
1	1	2	1	1
3	1	1	1	2
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
1	2	2	1	2
3	3	4	3	3

5	5	5	4	3
4	4	4	4	4
5	3	3	3	3
2	4	3	2	2
3	3	2	3	2
1	1	2	1	1
1	3	2	2	2
4	4	3	2	2
2,7	2,9	2,9	2,7	2,3

Anexo 7. Información cartográfica SIG.

Anexo 8. Cartografía comunitaria.