

**CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN SOCIAL Y ECOSISTÉMICA PARA LA ALTA
MONTAÑA ANDINA**



SAMIR CARLOS JOAQUI DAZA

Tesis Doctoral en Ciencias Ambientales

**Director
Apolinar Figueroa Casas PhD.**

**Universidad del Cauca
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación**

Popayán, 2017

SAMIR CARLOS JOAQUI DAZA

**CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN SOCIAL Y ECOSISTÉMICA PARA LA ALTA
MONTAÑA ANDINA**

**Tesis Presentada a la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la
Educación, Universidad del Cauca para la Obtención del Título de:**

**Doctor en:
Ciencias Ambientales**

**Director:
Apolinar Figueroa Casas PhD.**

Popayán, 2017

Nota de aceptación

Director
Apolinar Figueroa Casas PhD.

Jurado	
Jurado	
Jurado	

Agradecimientos

Son muchas las personas e instituciones a quien debo agradecer haber llegado a desarrollar esta investigación doctoral:

En primer lugar a Dios por permitirme terminar esta etapa de formación, a mis padres y toda mi familia por todo el apoyo constante durante este largo camino.

A mi esposa Paola por su amor, apoyo, compañía y comprensión en este proceso.

A mi director de tesis, Dr. Apolinar Figueroa Casas, su apoyo, paciencia, dirección y reconocimiento del proyecto merecen mi profundo agradecimiento.

A los miembros del Grupo de Estudios Ambientales GEA: Al profesor Fabio Cabezas, Edier Perez; investigadores Juan Diego, Diana, María Cristina, Fernando Andres, Fernando Felipe, Dayan, Julián, Miller por todo el apoyo.

Al Departamento de Biología de la Universidad del Cauca, Al Doctorado en Ciencias Ambientales.

Al cabildo indígena de Puracé por permitirme entrar en su territorio, acompañarme, conocer un poco y dialogar con ellos.

A Parques Nacionales Naturales de Colombia – Parque Nacional Natural de Puracé, por todo su apoyo logístico y técnico.

A mis amigos Juan Pablo Martínez y Mónica Patricia Valencia Rojas por todo lo aprendido, compartido y vivido en esta larga investigación.

A Miyer Iván Cerón, por el apoyo, trabajo constante y por querer aprender.

Al Dr. Jordi Morato de la Universidad Politécnica de Catalunya y la Cátedra de Sostenibilidad de la UNESCO por permitir compartir y retroalimentar la investigación en su campus durante mi pasantía internacional.

Resumen Estructurado

El reto que enfrenta el país para la gestión y el manejo de los ecosistemas de alta montaña requiere una renovación de los modelos conceptuales en que se basan los esquemas de gestión; una manera de enfrentar esta problemática es construyendo modelos para adelantar procesos de gestión regional en el contexto del territorio, ya que los ecosistemas altoandinos, en términos de su capacidad de adaptación socioambiental, se evalúan sectorialmente; lo cual demanda una aproximación interdisciplinar para abordarlos. Teniendo en cuenta que los sistemas naturales y los sistemas sociales son complejos y no lineales, sus problemas ambientales, así como las relaciones entre ambos sistemas, se deben abordar desde el enfoque del pensamiento complejo.

Las políticas resultantes de la mayoría de los modelos conceptuales basados en la ciencia occidental, se apoyan en la idea de separar a las personas de su entorno, abordando la resiliencia y la adaptación como un concepto que no ha sido tenido en cuenta en mayor parte de los documentos para la planificación y gestión del territorio, en razón a lo expuesto es necesario: i) Evaluar los factores que inciden en la capacidad adaptativa de las comunidades en ecosistemas altoandinos, ii) Determinar la relación de la capacidad adaptativa, lo socioambiental, y la resiliencia, con el concepto de sostenibilidad ambiental y iii) Caracterizar, desde el enfoque socioambiental y de la capacidad adaptativa, a los ecosistemas altoandinos.

Para abordar conceptualmente la capacidad adaptativa y de resiliencia de los Ecosistemas de Alta Montaña se requiere dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cómo pueden ser conceptualizados los ecosistemas de alta montaña para determinar su capacidad de adaptación social y ecosistémica?; los aportes que se obtendrán con el desarrollo de la investigación, estarán orientados en términos de lo conceptual bajo las siguientes parámetros i) Dilucidar, con un enfoque participativo, la capacidad de adaptación socioambiental de los ecosistemas altoandinos. ii) Confrontar el paradigma de la resiliencia y la capacidad de adaptación con el concepto de desarrollo sostenible; iii) Aplicación concreta de lo analizado en un ecosistema de interés Altoandinos, ubicado en la zona noroccidental del Parque Nacional de Puracé.

Las contribuciones de esta investigación están centradas en la generación de aportes para la gestión de los ecosistemas de alta montaña, ya que al incorporar conceptualmente nuevos paradigmas como la resiliencia, la adaptación en el

marco de los socioecosistemas, vincula nuevo conocimiento para la planificación y una gestión ambiental, pues los modelos de gestión utilizados hasta la fecha se basan fundamentalmente en un conocimiento de los sistemas naturales desde la visión biofísicas, dejando al margen la relación histórica existente con los sistemas sociales y el conocimiento ecológico (Berkes et al., 2000; Gómez-Baggethun, 2009; Reyes-García, 2009; Vilaridy, 2009). Posibilitando de esta manera hablar de planificación pertinente y gestión ambiental adaptativa.

Teniendo en cuenta que para acceder a los servicios de los ecosistemas, lo fundamental no es gestionar correctamente los servicios de aprovisionamiento o de regulación sino conservar o restaurar las funciones o procesos ecológicos esenciales que los soportan (Duarte et al., 2006).

Structured Abstract

The challenge facing the country for the management and management of high mountain ecosystems requires a renewal of the conceptual models on which management schemes are based; one way to deal with this problem is to build models to advance regional management processes in the context of the territory, since the high Andean ecosystems, in terms of their socio-environmental adaptability, are evaluated in the sector, which requires an interdisciplinary approach to address them. Taking into account that natural systems and social systems are complex and non-linear, their environmental problems, as well as the relations between both systems, should be approached from the approach of complex thinking.

The policies resulting from most conceptual models based on Western science are based on the idea of separating people from their environment, addressing resilience and adaptation as a concept that has not been taken into account for the most part of the documents for the planning and management of the territory, due to the above, it is necessary: i) To evaluate the factors that affect the adaptive capacity of communities in high Andean ecosystems, ii) To determine the relation of adaptive capacity, socio-environmental, and the resilience, with the concept of environmental sustainability and iii) To characterize from the social-environmental focus and the adaptive capacity to the high Andean ecosystems.

In order to conceptually address the adaptive and resilient capacity of High Mountain Ecosystems, it is necessary to answer the following question: How can high mountain ecosystems be conceptualized to determine their capacity for social and ecosystem adaptation? The contributions that are obtained with the development of the research, are oriented in terms of the conceptual under the following parameters: i) To dilute with a participatory approach the capacity of socio-environmental adaptation of the high Andean ecosystems. ii) To confront the paradigm of resilience and adaptability with the concept of sustainable development; iii) and specific application of what was analyzed in an ecosystem of interest Altoandino, located in the northwestern part of the National Park of Puracé.

The contributions of this research are focused on the generation of contributions for the management of high mountain ecosystems, since by incorporating conceptually new paradigms such as resilience and adaptation within the framework of socio-systems links new knowledge for planning and an Environmental management, since the management models used to date are based essentially on a knowledge of natural systems from the biophysical

viewpoint, leaving aside the existing historical relationship with social systems and ecological knowledge, (Berkes et al., 2000 , Gómez-Baggethun, 2009, Reyes-García, 2009, Vilaridy, 2009). In this way, we can talk about relevant planning and adaptive environmental management.

Taking into account that in order to access to the ecosystem services, the key is not to properly manage the provisioning or regulatory services but to preserve or restore the essential ecological functions or processes that support them (Duarte et al., 2006).

CONTENIDO

CAPÍTULO 1	19
INTRODUCCIÓN	19
1.2 JUSTIFICACIÓN	23
1.3 OBJETIVOS.....	27
Objetivo general	27
Objetivos específicos	27
CAPÍTULO 2	29
2.1 MARCO REFERENCIAL ESTADO DEL ARTE	29
2.1.1 Factores que determinan la resiliencia socio-ecológica para la alta montaña andina	29
2.1.2 Análisis en el contexto del enfoque socioecosistémico	31
2.1.3 Resiliencia como propiedad emergente	33
2.1.4 Transformación, adaptación y resiliencia	35
CAPÍTULO 3	41
3.1 METODOLOGÍA	41
3.1.1 Descripción del área de estudio	41
3.1.2 Justificación del enfoque epistemológico	42
3.1.3 Fases de desarrollo del proyecto	44
3.1.4 Fase I Caracterización de los factores claves que determinan la resiliencia socioecológica.....	45
3.1.5 FASE II Caracterización biofísica los factores claves que determinan la resiliencia socio-ecológica.....	50
3.1.6 Fase III Aplicación de los conceptos en la zona norte del PNN Puracé	57
CAPÍTULO 4	61
4.1 Fase I Caracterización de los factores claves que determinan la resiliencia socioecológica	61
4.1.1 Diagnóstico de las actividades antrópicas y relación con las herramientas de gestión o planificación ambiental.....	62
4.1.2 Estrategias y/o herramientas para gestión ambientales en el PNN Puracé.....	73

4.1.3 Servicios ecosistémicos provistos por los ecosistemas de alta montaña del Resguardo Indígena de Purace-Coconuco	83
4.1.4. Caracterización de los comportamientos relacionales de la naturaleza y la sociedad en el marco de los socio-ecosistema	90
4.2. FASE II Caracterización biofísica los factores claves que determinan la resiliencia socio-ecológica	106
4.2.1 Cambios espacio temporales en las coberturas vegetales	107
4.2.2 Aplicación de índices de paisaje para el norte del PNN Puracé	113
4.2.3 Análisis de vegetación en contexto de la riqueza y estructura	116
4.2.4 Aproximación a la diversidad funcional	127
4.1.5 Representación de los factores claves de la resiliencia mediante aplicación del índice integrado relativo de antropización (INRA)	134
4.3 Fase III Aplicación de los conceptos en la zona norte del PNN Puracé	138
4.3.1 Identificación y evaluación de la capacidad adaptativa	138
CONCLUSIONES.....	149
BIBLIOGRAFÍA	153
ANEXOS	172

Lista de Figuras

Figura 1. Marco de los SSE, enfoques teóricos	37
Figura 2. Mapa Área de estudio	42
Figura 3. Esquema metodológico para abordar la capacidad de adaptación social y ecosistémica en la alta montaña	44
Figura 4. Metodología representación espacial servicios ambientales.....	47
Figura 5. Diagrama metodológico para el muestreo de vegetación	53
Figura 6. Representación espacial Capacidad adaptativa	59
Figura 7. Línea de tiempo para ganadería	63
Figura 8. Diagrama de Intervención por Ganadería Paramo.....	65
Figura 9. Línea de tiempo para agricultura.....	66
Figura 10 Diagrama de intervención Agricultura Paramo	68
Figura 11. Línea de tiempo para minería	69
Figura 12. Diagrama de intervención Minería Paramo	70
Figura 13. Línea de tiempo para Turismo	71
Figura 14. Diagrama de intervención Turismo Paramo	72
Figura 15. Mapa de Traslape Institucional PNNP- Resguardo Puracé Reserva de la Biosfera	82
Figura 16. Proporción de percepción de servicios ecosistémicos por la comunidad de la vereda campamento norte del PNN Puracé	84
Figura 17. Percepción Servicios Ecosistémicos	89
Figura 18. Mapa de la distribución de los servicios ambientales.....	90
Figura 19. Diagrama de Venn para las instituciones (Fuente: Taller Cabildo Indígena de Puracé).....	91
Figura 20. Matriz de Influencias Directas Potenciales (MIDP)	95
Figura 21. Plano de Influencias dependencias directas - Sector Pilimbalá-San Francisco (Puracé)	97
Figura 22. Influencias directas potenciales	99
Figura 23. Interrelaciones de las variables del sistema.....	100

Figura 24. Modelo Conceptual sobre la Capacidad de Adaptación Socioambiental para ecosistemas altoandinos	101
Figura 25. Factores Claves que Determinan la Resiliencia Socioecosistémico del área de estudio.....	102
Figura 26. Coberturas vegetales del área de estudio obtenidas para los años 1988. 1999. y 2010.....	110
Figura 27. Curva acumulación de especies por cobertura. a) Bosque denso b) Bosque abierto c) Herbazal D.T.F.N.A. (menos antropizado) d) Herbazal D.T.F.N.A. (mas antropizado) e) Herbazal D.T.F.A.....	120
Figura 28. Índices de diversidad por tipo de cobertura evaluada	121
Figura 29. Altura total por tipo de cobertura evaluada.....	122
Figura 30. Área basal por tipo de cobertura evaluada.....	124
Figura 31. Área de copa por tipo de cobertura evaluada	126
Figura 32. Resultado Método INRA.....	135
Figura 33. Mapa Índice Integrado Relativo de Antropización INRA.....	137
Figura 34. Mapa de Capacidad Adaptativa	140
Figura 35. Ciclos de renovación adaptativa para el norte del PNN Puracé	144

Lista de Tablas

Tabla 1. Coberturas vegetales ajustadas y definidas en el presente estudio	51
Tabla 2. Rasgos funcionales a determinar para aproximarse a la diversidad funcional en el norte del PNN Puracé	56
Tabla 3. Figuras de conservación asociadas al sector	79
Tabla 4. Variables para la definición del sistema	93
Tabla 5. Coberturas vegetales obtenidas para las tres temporalidades en el norte del PNN Puracé, cambio medio anual, porcentaje de cambio y prueba de chi-cuadrado para los años 1988, 1999 y 2010	108
Tabla 6. Área de coberturas vegetales sin ningún cambio en el norte del PNN Puracé.....	111
Tabla 7. Proyecciones de áreas de coberturas vegetales y del porcentaje de cambio a 2030 utilizando las temporalidades evaluadas	112
Tabla 8. Índices de paisaje calculados para las tres temporalidades en el norte del PNN Puracé	114
Tabla 9. Coberturas, localidades seleccionadas para el análisis estructural y de diversidad funcional.....	116
Tabla 10. Riqueza de especies por localidad de muestreo para el norte del PNN Puracé.....	117
Tabla 11. Cobertura de copa para las especies dominantes en los herbazales. Donde Ab: área basal, AbR: área basal relativa, Copa: Cobertura de copa de la especie y CopaR: Cobertura de copa relativa	125
Tabla 12. Estadística descriptiva para los rasgos funcionales cuantitativos. Dónde: Cobertura copa: C. COPA, Densidad de tallo: DT, Altura Máxima: A.MAX, Área foliar específica: AFE, Área foliar: AF, Contenido foliar de materia seca: CFMS	129
Tabla 13. Correlaciones de Spearman para los rasgos cuantitativos (Coeficientes\ probabilidades).....	130
Tabla 14. Media ponderada de la Comunidad (CWM) para los rasgos cuantitativos medidos en el área de estudio	131
Tabla 15. Valores de antropización parciales y coberturas correspondientes.....	134

Lista de Anexos

Anexo 1. Ficha entrevista semiestructurada aplicada en el norte de PNN Puracé con el fin de aproximarse a la percepción de servicios ecosistémicos.....	172
Anexo 2. Sitios para muestreo de vegetación y rasgos funcionales. a) Bosque denso bajo b) Bosque abierto bajo c) Herbazal D.T.F.A. d) Herbazal D.T.F.N.A. (menos antropizado), e) y f) Herbazal D.T.F.N.A. (mas antropizado)	173
Anexo 3. Especies presentes en el área de estudio por parcela en cada cobertura vegetal evaluada	174
Anexo 4. Programas ambientales incluidos en el Plan de vida	176
Anexo 5. Programas ambientales incluidos en el EOT	176
Anexo 6. Programas ambientales incluidos en el Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015	178
Anexo 7. Programas ambientales incluidos en el Plan de Manejo del PNN Puracé	178

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de alta montaña (Rangel- Ch, 2000) hacen parte de la ecorregión Andes del Norte, considerada dentro de los 200 sitios prioritarios para la conservación global de la biodiversidad, estos lugares son importantes por su oferta en bienes y servicios ambientales que soportan el desarrollo de las actividades económicas de buena parte de la población colombiana, sin embargo, son los más impactados por los procesos del cambio global, y las actividades antrópicas.

La intervención antrópica históricamente ha influido en la configuración de los paisajes andinos, ocasionando cambios en los ecosistemas a nivel estructural y funcional; alterando los patrones espaciales de la vegetación, los ciclos hidrológicos, geometrizando el territorio, reduciendo la capacidad productiva de los suelos y modificando las relaciones locales y regionales del clima (Etter et al., 2006; Rodríguez *et al.*, 2010); una actividad que ha transformado estos ecosistemas es la agricultura, que utiliza las quemas como actividad de preparación de los suelos, donde la elevada radiación solar y la presencia de pastos en estos ecosistemas andinos, catalizan este proceso el cual es utilizado culturalmente como herramienta para colonizar intensivamente estos territorios e implementar actividades agropecuarias (Armenteras et al., 2011).

La disponibilidad y uso del agua en la zona andina es fundamental para la vida y sostenibilidad de los sistemas naturales y humanos, esta ecorregión ofrece la mayor escorrentía de agua dulce al océano por km² comparado con cualquier otro continente (Harden, 2006). La demanda de servicios ambientales a que están sometidos, son una gran presión para su transformación y uso, en Colombia, en ellos se asienta el 70 % de la población y se localizan las principales ciudades, algunas con más de tres millones de habitantes. Bajo esta condición, gran parte de los sistemas hídricos que abastecen a la población evidencian vulnerabilidad para mantener su disponibilidad de agua y hoy se puede afirmar que 224 cabeceras municipales presentan alta probabilidad de desabastecimiento, localizadas en las cuencas de Cauca y Magdalena, donde se presenta el 13,4% de la oferta total nacional, se concentra el 70,7% de las cuencas abastecedoras (IDEAM, 2015a).

Las transformaciones en las coberturas vegetales para el Departamento del Cauca en la zona andina, presentan importantes pérdidas en áreas de comunidades

vegetales naturales y un aumento en las áreas intervenidas por cultivos (Joaqui, 2005), donde los acelerados procesos de fragmentación son evidencias contundentes de las transformaciones que están sufriendo los territorios de alta montaña del departamento (Martínez, 2005; Tandioy, 2008; Mosquera, 2009). Estas condiciones, denotan un marcado aumento en la pérdida de suelo por actividades antrópicas (erosión) (Muñoz, 2007; Otero, 2009; Otero et al., 2011), generan alteraciones de las zonas ecotonales; presentan el retroceso significativo de sistemas lagunares (Muñoz et al., 2009) transformaciones que están sucediendo en estos ecosistemas estratégicos y que requiere una visión integradora, complementaria e interdisciplinaria para los procesos de planificación y gestión (Heck y Figueroa, 2009; Ospina, 2013; Imbachi, 2014; Mosquera et al., 2014; Valencia, 2014; Valencia et al., 2014; Vidal, 2014).

La comprensión de estas transformaciones de manera integral, demanda analizar los territorios de alta montaña, con un enfoque sistémico (Holling, 1973, 2001; Peterson et al., 1998; Folke, 2006; Vilarly, 2009), en términos de su estructura y dinámica, fundamentalmente, analizando las relaciones e interacciones que se presentan entre las comunidades y su entorno natural, lo cual determina los cambios y los procesos de transformación y adaptación que se están generando. En este sentido es importante comprender aspectos inherentes a la capacidad de adaptación, que puede definirse como la facultad que tienen los ecosistemas de recuperarse ante presiones externas y regresar a su situación antes de la perturbación, regenerándose sin alterar sustancialmente su estructura y funciones, en una condición o particularidad de “conservación creativa” (Reyes y Ballesteros, 2011). Dicho de otra forma, es la capacidad del sistema para absorber la perturbación y reorganizarse, al tiempo que experimenta el cambio, reteniendo esencialmente las mismas funciones, estructura, identidad y retroalimentaciones (Walker y Salt, 2012).

Lo expuesto deja en evidencia la necesidad de integrar en el análisis al hombre con el entorno biofísico, valorando las relaciones e interacciones que la sociedad y la naturaleza generan como punto fundamental de la comprensión de los fenómenos de transformación en estos sistemas naturales. Esta visión demanda un modelo conceptual integrador que se define como socio-ecosistema o un sistema socioecológico (SSE)¹, siendo una alternativa para la comprensión y planificación ambiental de estos ecosistemas; entendiendo que los sistemas sociales y naturales están fuertemente relacionados debido a la co-evolución histórica existente entre ellos (Berkes et al., 2003). El análisis bajo la perspectiva de (SSE) permite la relación con un territorio interactuante entre las dimensiones

¹ Resilience Alliance, 2010

social, cultural y ecológica, que tiene una visión auto organizada, no lineal y sometido a la incertidumbre (Holling, 2001; Folke et al., 2002). Estos territorios-ecosistemas deben entenderse como sistemas abiertos sólo comprensibles globalmente desde la metáfora de la panarquía (Holling, 2001), en una estructura anidada de sistema, con afecciones múltiples a distintas escalas y velocidades de cambio (Holling, 2001) y con un principio e holoarquía.

En este contexto, se asume esta investigación, donde el foco es entender la capacidad de adaptación social y ecosistémica de la Alta Montaña Andina frente a los procesos de cambio, evitando las aproximaciones reduccionistas, que, si bien han permitido comprender las partes de los sistemas, no han logrado gestionar y articular el todo. Por ello se requiere una posición sistémica, compleja, interdisciplinaria, de complementariedad que propicie las condiciones para superar las brechas epistemológicas, ontológicas y analíticas que impiden una visión compleja, que articule lo socio-cultural y lo biofísico para la gestión adaptativa de estos ecosistemas de alta montaña.

El propósito de este trabajo fue desarrollar un modelo conceptual sobre la capacidad de adaptación socioambiental para ecosistemas altoandinos, mediante la evaluación de los factores que inciden en la capacidad adaptativa de las comunidades; se establecerán los factores que determinan la relación de; la capacidad adaptativa, lo socioambiental y la resiliencia con el concepto de sostenibilidad ambiental; se hará una caracterización desde el enfoque socioambiental y de la capacidad adaptativa de los ecosistemas altoandinos realizando el trabajo en la zona norte del PNN Puracé.

Las contribuciones de esta investigación están centradas en la generación de aportes para la gestión de los ecosistemas de alta montaña, incorporando nuevos paradigmas como la resiliencia, la adaptación en el marco de los socioecosistemas, para la planificación y gestión ambiental, tomando en cuenta la relación histórica entre los sistemas sociales y el conocimiento ecológico², (Berkes et al., 2000; Gómez-Baggethun, 2009; Reyes-García, 2009; Vilaridy, 2009; Vilaridy et al., 2012; Acevedo-Osorio et al., 2017), posibilitando de esta manera hablar de planificación pertinente y gestión ambiental adaptativa.

² Conocimiento ecológico, hace referencia a los diferentes desarrollos y conocimientos, prácticas, que se han elaborado con enfoque biofísico y tradicional, las cuales han evolucionado a través de procesos adaptativos y han sido transmitido de una generación a otra acerca de las relaciones entre seres vivos, incluyendo los seres humanos, y de los seres vivos con su medio ambiente.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Los ecosistemas de alta montaña³ tropicales son considerados estratégicos⁴ por los bienes y servicios ambientales que le prestan a la sociedad, por su biodiversidad. Son lugares para el desarrollo de actividades culturales; reguladores para fenómenos de inundaciones, importantes para la fijación de carbono y productores de agua, su estructura de suelos y coberturas favorecen la filtración natural de agua de escorrentía (Brauman et al., 2007; Lebel y Daniel, 2009); por sus características son vulnerables al cambio climático, a las especies invasoras, al desarrollo de obras de infraestructura, a las actividades económicas y productivas intensas y en general a las actividades antrópicas.

La alta montaña colombiana es considerada uno de los sitios más significativos del planeta en términos de su oferta ambiental, los grados de amenazas y vulnerabilidad a los que está sometida son preocupantes (IDEAM, 2002), históricamente la mayor concentración de la población colombiana está ubicada en la región Andina y el Caribe con un 65% (Etter et al., 2006), estas razones llevan a que estos sitios en términos de los indicadores de relacionamiento “oferta-demanda”, se les denomine como ecosistemas “HotSpot” por la doble condición biodiversidad/amenaza, estos biomas están encabezando las 10 áreas mundiales más amenazadas (IDEAM, 2002).

Dentro de las características especiales que tienen este tipo de ecosistemas es su condición de generar-regular los más importantes recursos hídricos de superficie continental en el norte de los Andes; en otras palabras, genera, regula y recarga el agua – líquida, sólida y gaseosa, requeridas por las cumbres, glaciares, valles, vertientes, terrazas basales, litorales, plataformas continentales, entre otros (IDEAM, 2002). Esta condición es determinante para entender y gestionar los páramos ante el cambio climático y los efectos que este produce sobre su estructura y función ecosistémica.

³ Según el IDEAM, los ecosistemas alta montaña están determinados respecto al eje ecuatorial y a la franja tropical, condiciones compartidas con 12 países, de los cuales estas 4 suramericanas y tres que corresponden a los andes del norte, en estos últimos el gradiente altitudinal está por encima de los 3000 metros de altura, en términos geológicos es de formación reciente desde finales del Plioceno (entre 7 y 5 millones de años atrás), esta reciente formación hace que estén cambiando paulatinamente, la aparición del hombre con su carácter adaptativo ha configurado los paisajes del sistema de alta montaña. En estos orobiomas se reconocen las siguientes franjas (Rangel, 2000): Franja Altoandina (3000-3200m.), paramo bajo, subparamo (3200 – 3500/3600m), paramo propiamente dicho (3500/3600 – 4100m) y el superparamo 4100m hasta el límite inferior de la zona nival.

⁴ En atención a lo referido en la ley 99 del 1993.

En algunos casos, estas cumbres se convierten en refugio insular, es decir, en islas biológicas sin conectividad y corresponsabilidad genética-biológica con ecosistemas idénticos, y por ello están determinados por la correlación con otros ecotonos, particularmente con el bosque alto andino y/o bosque de niebla (Castaño, 2002).

Esta oferta ambiental descrita es un escenario óptimo para la ejecución de actividades antrópicas que están conllevando a este orobioma a un paulatino deterioro afectando la disponibilidad de bienes y servicios ambientales; prácticas como la minería, la extracción de leña, el turismo incontrolado, la deforestación, el ascenso del límite de la agricultura, el pastoreo y las quemadas; son los problemas más graves que enfrentan los ecosistemas de alta montaña en Colombia, esta situación afecta la regulación hídrica, la calidad del agua para diferentes usos (Ruiz, 2009), la biodiversidad favorece los procesos erosivos (Muñoz, 2007; Otero, 2009; Otero et al., 2011) y ante todo su capacidad productiva. Las mencionadas particularidades de intervención humana sumada a los procesos del conflicto armado han proporcionado sobre este ecosistema acciones y efectos contrapuestos en lo social y lo natural.

Esta característica de intervención humana sumada a los procesos del conflicto armado ha propiciado en estos ecosistemas el desplazamiento hacia zonas bajas de las actividades de ocupación de los páramos permitiendo la regeneración natural por periodos de tiempo itinerantes de 3 a 4 años las cuales han condicionado acciones agropecuarias en algunos sectores de esta zona de vida (Joaqui, 2005). Así expresado la antropización de los páramos hace difícil una delimitación exacta del mismo puesto que se presentan páramos azonales que no han sido más que el producto de las diferentes intervenciones que a lo largo del tiempo se han venido efectuando.

La base de las actividades económicas de las comunidades rurales se vinculan al manejo de los recursos naturales (Figueroa et al., 2005), para tener una cuantificación de los servicios ambientales orientadas a la planificación y manejo es necesaria la caracterización en términos de servicios ambientales, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones; i) asegurar la provisión de servicios ambientales específicos de interés local o regional, ii) búsqueda de mecanismos alternativos eficientes para conservar los ecosistemas naturales remanentes, iii) y mecanismos para fortalecer los medios de vida de las comunidades (Rosas et al., 2004; Salinas y Hernández, 2008).

Un interesante aporte para la gestión de los servicios ecosistémicos surge desde *La Adaptación basada en Ecosistemas* (EbA. Por sus siglas en inglés) que alude

al empleo de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, como una estrategia alternativa de adaptación al cambio climático (Lhumeau y Cordero, 2012). Este abordaje tiene cinco componentes interrelacionados (Brink et al., 2016): Las estructuras ecológicas, las funciones ecológicas, beneficios de la adaptación, la valoración y las prácticas de gestión de los ecosistemas. Hay que tener en cuenta que la vinculación de la adaptación al cambio climático y los servicios ecosistémicos, se desarrolla en tres puntos clave: i) cómo los servicios ecosistemas se ven afectados por el cambio climático; ii) cómo pueden ser utilizados para la adaptación al cambio climático; y iii) cómo se ven afectados por las medidas de adaptación. EbA se focaliza en el uso de los servicios de los ecosistemas para la adaptación al cambio climático, sin embargo, es innegable que este marco conceptual se convierte en referencia para formular alternativas de gestión ambiental que tengan en cuenta las características de los SSE, la estructura y función de los sistemas naturales, las normativas y finalmente la definición de política pública.

En este sentido es trascendental la gestión de los servicios de los ecosistemas en términos de la adaptación, pues es la vía más factible e inmediata sobre la cual las comunidades pueden hacerle frente a las perturbaciones naturales o antrópicas que inducen la degradación ambiental en los ecosistemas de alta montaña, de ahí la importancia de desarrollar herramientas conceptuales que aporten a una planificación de estos ecosistemas.

Al margen de las diferentes visiones del territorio⁵, el manejo de los ecosistemas en general, tiene implicaciones trascendentales en la planificación de los recursos naturales, caracterizar los servicios ambientales de los ecosistemas de alta montaña, se convierte en una herramienta que contribuye para una adaptación socioambiental, pues la oferta de los recursos naturales incide directamente sobre el bienestar de las comunidades.

Una de las dificultades que enfrenta el país para la gestión de los ecosistemas estratégicos son los referentes conceptuales en que se basen los lineamientos de política, por esta razón es necesario construir acercamientos cognitivos para adelantar procesos de gestión regional en el contexto territorial, puesto que los ecosistemas altoandinos, en términos de su capacidad de adaptación

⁵ El territorio es una construcción conceptual creada y manejada por diferentes disciplinas científicas, para interpretar las relaciones entre las sociedades humanas con los ambientes que ocupan. El denominador común de estas concepciones establece que todas son construcciones humanas para acotar y dar sentido al espacio en el cual viven y desarrollan su proceso histórico de vida. Osorio G. C. (2015).

socioambiental, se basa en la función y procesos ecológicos del sistema natural, en los beneficios propiciados por estos; considerando aspectos culturales, sociales y económicos e integrando las prácticas y saberes locales como fundamento de la conservación de la estructura ecosistémica. Esta condición demanda un análisis de las capacidades de adaptación social y ecosistémico para definir las acciones que desde la ciencia y la sociedad civil se deben abordar frente a los problemas ambientales.

Para abordar conceptualmente la capacidad adaptativa y de resiliencia de los ecosistemas de Alta Montaña se requiere dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los mecanismos y procesos que los socioecosistemas de alta montaña desarrollan para conservar su estructura y función frente a las presiones antrópicas?

Los retos ambientales que se evidencian en la presente investigación doctoral pueden tener muchos caminos para darles solución, abordarlos desde diferentes disciplinas, e incluso dar pie para un programa de investigación a largo plazo, lo que se pretende con este desafío para dar respuesta a la pregunta de investigación es seguir un camino cuya línea de orientación está determinada por el propósito general cual es: desarrollar un modelo conceptual sobre la capacidad de adaptación socioambiental para ecosistemas altoandinos.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar un modelo conceptual sobre la capacidad de adaptación socioambiental para ecosistemas altoandinos.

Objetivos específicos

Evaluar los factores que inciden en la capacidad adaptativa de las comunidades en ecosistemas altoandinos.

Establecer los factores que determinan la relación de; la capacidad adaptativa, lo socioambiental y la resiliencia con el concepto de sostenibilidad ambiental.

Caracterizar desde el enfoque socioambiental y de la capacidad adaptativa de los ecosistemas altoandinos la zona norte del PNN Puracé.

CAPÍTULO 2

2.1 MARCO REFERENCIAL ESTADO DEL ARTE

2.1.1 Factores que determinan la resiliencia socio-ecológica para la alta montaña andina

En los andes hay evidencia de actividades agrícolas intensivas y de tala desde el prehispánico (Armenteras et al., 2003), contrario a lo que ocurre en otras regiones del país donde han influido más las condiciones ambientales y climáticas (Armenteras et al., 2003; Etter et al., 2006; Rodríguez et al., 2010); al respecto se señala que el 45% del territorio colombiano se utiliza para fines distintos a su vocación; y un 50% de los suelos muestran grados de erosión, porcentaje que alcanza un 80% de afectación en la región andina, para el año 2015 a región de los Andes concentra el 24% de la superficie deforestada a nivel nacional, lo que corresponde a 29.263 Hectáreas (Rudas et al., 2007; IDEAM, 2015b).

En la dinámica natural suelo–vegetación se presentan procesos como; la pérdida de hábitats, alteraciones en la fertilidad del suelo, cobertura vegetal, de bosque, fenómenos de fragmentación, deforestación de zonas ecotonales (Armenteras et al., 2013); y disrupciones en el edafo-sistema, que están generado erosión, compactación y alterando su permeabilidad, lo cual afecta el ciclo normal de las aguas de escorrentía superficial y subterránea en estos ecosistemas (Duque y Rangel-Ch, 1986; Avellaneda, 2000; Alvear, 2006; Muñoz, 2007; Tandioy, 2008; Joaqui et al., 2009; Martínez et al., 2009; Otero, 2009; Ruiz, 2009; Sánchez-Cuervo et al., 2012; Armenteras et al., 2013; Mosquera et al., 2014); siendo estos algunos de los efectos de las actividades antrópicas que son determinantes en la transformación de los ecosistemas en estudio, para Colombia la deforestación está ligada a tres factores: población humana densidad, uso de la tierra y pendiente (Armenteras et al., 2013) lo cual conlleva menor densidad de usos rural, ganadería extensiva, ocupación de áreas bajas (Castaño, 2002; Guhl-Nannetti, 2002; López-Arevalo et al., 2002; Rangel, 2002).

Es fundamental en este análisis la relación con procesos de cambio y variabilidad climática puesto que también contribuyen al deterioro de estos ecosistemas; aquí el aumento promedio anual de temperatura se ha triplicado en los últimos 30 años (Herzog et al.; Vuille y Bradley, 2000; Gutiérrez, 2002); con lo cual se prevé la desaparición de algunos paramos (Buytaert et al., 2006; Rodríguez et al., 2010), y un progresivo retroceso glacial (Poveda y Pineda, 2009), y se evidencia un ascenso biomas de alta montaña bajo condiciones climáticas futuras (Tovar et al., 2013). Estas alteraciones, que sobrepasan los umbrales que escasamente se

encuentran documentados, agudizan más la preocupación por el cambio y variabilidad del clima y las consecuencias que esto trae sobre la “integridad⁶” de los socio – ecosistemas (Parrish et al., 2003).

Las afectaciones de esos cambios sobre los servicios ecosistémicos se traducen en efectos adversos sobre las comunidades humanas que están asentadas en estas regiones.

Para estos ecosistemas y en el contexto expuesto, los procesos de gestión y planificación ambiental para hacer frente a estas problemáticas, requieren que se determine o conozca cuales son las condiciones que permiten los procesos de adaptación de los ecosistemas de alta montaña frente a las intervenciones antrópicas o perturbaciones en condiciones naturales. En los últimos años se ha desarrollado el concepto de adaptación basada en ecosistemas (EbA) el cual se fundamenta en el análisis y complejidad que albergan los sistemas naturales y en el uso de diferentes disciplinas que ayudan a comprender la multifuncionalidad de los ecosistemas, aquí, la relación de eficiencia en actividades de adaptación que ayuden a las comunidades humanas a adaptarse, frente a efectos adversos o perturbaciones que los ecosistemas puedan enfrentar es fundamental.

Este concepto de (EbA) por su complejidad, hace uso de diferentes aproximaciones y campos académicos, que incluyen la ecología, la conservación, los servicios ecosistémicos, la biodiversidad, el desarrollo, la gestión del riesgo y donde debe jugar un rol fundamental la diversidad cultural, la cosmogonía de las comunidades y la cultura, contexto en el cual, hablar de adaptación tiene el sentido de completitud e integralidad conceptos fundamentales para los procesos de adaptación de los ecosistemas de Alta Montaña Andina.

Esta adaptación es el producto de diferentes interacciones tanto naturales como sociales, que permiten a un sistema natural enfrentar cambios que afectan su estructura y función ecológica, así como las respuestas sociales que pueden o no potenciar dicha condición o inhibirla. Es por esto que la EbA induce al manejo adaptativo ante la emergencia de situaciones de transformación (Andrade y Vides, 2011)

⁶Se dice que la integridad ecológica es la capacidad de un sistema para mantener su estructura y función dentro de un rango, y pueden resistir y recuperarse de la mayoría perturbaciones impuestas por la dinámica del medio natural o interrupciones del hombre (Parrish et al., 2003), para los propósitos del presente escrito es procedente y válido emplear el término pues se busca la misma finalidad.

Bajo este contexto la capacidad de adaptación de un sistema natural depende de las condiciones intrínsecas del sistema en lo ecológico, en otras palabras, de la estructura y función del ecosistema, siendo determinante el comportamiento cultural y las prácticas socioculturales y económicas definidas por la comunidad interactuante.

Por lo tanto, la adaptación de un ecosistema es una propiedad que solo es posible que se genere, cuando confluyen diferentes parámetros de lo ecológico, lo cultural, lo cosmogónico y lo político institucional, lo que implica una visión sistémica compleja, donde la incertidumbre es un componente consustancial y que necesariamente se puede calificar como una propiedad Emergente de un SSE. El enfoque de EbA cumple dos roles principales *i)* aportando una visión holística para lineamientos de política y visión de la adaptación *ii)* Integra diferentes niveles de escala de paisaje, que permiten a las poblaciones enfrentarse al cambio climático en términos de gestión integral del recurso hídrico, en la gestión del riesgo, y el manejo adaptativo de sistemas productivos entre otros (Andrade y Vides, 2011) condiciones esenciales en la región Andina.

2.1.2 Análisis en el contexto del enfoque socioecosistémico

El Holoceno, Era caracterizada por el inicio de la agricultura, la expansión y evolución de las distintas civilizaciones humanas durante los últimos 12.000 años, está llegando a su fin (Fernández, 2010), para dar paso a una nueva era con fuertes transformaciones ambientales denominada antropoceno, donde las alteraciones antrópicas pueden considerarse como una fuerza geológica con significativas implicaciones ambientales; se ha transformado el funcionamiento del clima de la tierra, la composición y características de los ríos, mares y océanos, así como la biodiversidad, y la configuración del paisaje (Davis, 2008).

Los retos ambientales que implican las transformaciones ambientales globales requieren abordarlas con perspectiva global y contexto local, buscando enfoques que integren la naturaleza y la sociedad. En este sentido, el hombre y la naturaleza se adaptan en un proceso de co-evolución, para convertirse en un sistema integrado denominado sistema socio-ecológico o socio-ecosistema SES (Berkes et al., 2003; Anderies et al., 2004; Gallopín, 2006; Martín-López et al., 2009). Es decir, los sistemas socio-ecológicos están formados por el acoplamiento de sistemas sociales con sistemas naturales a lo largo de la historia (Berkes et al., 2003).

El enfoque de sistemas socio-ecológicos, permite realizar un análisis desde la dimensión natural, social y sus interacciones (Gallopín, 1991). Los sistemas

naturales (sistema biofísico) están conformados por los ecosistemas (sistema ecológico) y los sistemas sociales están compuestos por organizaciones sociales, usuarios de los servicios de los ecosistemas y la infraestructura física y social (Berkes et al., 2003; Vilardy, 2009). Los sistemas sociales y los ecosistemas están estrechamente vinculados y, por tanto, la delimitación exclusiva de un ecosistema o de un sistema social resulta arbitraria y artificial (Martín-López et al., 2012).

El sistema ecológico, se relaciona con el sistema social por medio de los servicios que ofrecen los ecosistemas y la dimensión humana se relaciona con el sistema natural a través de los procesos de gestión, que se pueden visualizar de diferentes formas como: los aspectos relacionados con la gobernanza; los procesos de aprendizaje tanto local como científico, el estado de conocimiento científico actual y la manera en la que se expresa el conocimiento local y científico en las prácticas de manejo que son aplicadas; la socialización y difusión de este relacionamiento se realiza a partir de las redes sociales existentes y se fundamenta en la confianza para la gestión del sistema (Berkes et al., 2003; Vilardy, 2009), por parte de las instituciones y las comunidades. Dando origen así a la articulación sociedad-ecosistemas y que se denomina (socio-ecosistemas).

Los socio-ecosistemas se pueden considerar sistemas adaptativos complejos debido a que presentan atributos como la dependencia histórica, la no linealidad, la incertidumbre, múltiples escalas-jerarquías y la auto organización (Berkes et al., 2003). En ellos se integra la naturaleza, el aprovechamiento que se hace de ella, la sociedad y las instituciones como un todo, que interactúa de manera dinámica en tiempo y espacio en diferentes escalas (Gallopín, 2006; Vilardy, 2009), representando lo que se denomina como sistemas adaptativos y auto-organizativos (Martín-López et al., 2012). Las relaciones entre naturaleza y sociedad implican analizar esta interacción en cómo el ser humano afecta la integridad de los ecosistemas, y cómo éstos repercuten en su bienestar.

Esta condición exige procesos de acoplamiento transformación y adaptación mutuas, que muy posiblemente se realicen en diferentes escalas de tiempo y necesariamente en niveles jerárquicos complementarios, lo cual genera afectaciones para la sociedad y perturbaciones en los ecosistemas, que se reflejan en la utilidad que estos aportan para la subsistencia y bienestar del hombre y la degradación sobre los componentes del sistema natural (Ecosistemas) a consecuencia de las acciones generadas por la sociedad.

2.1.3 Resiliencia como propiedad emergente

Sistémicamente el análisis de la interacción sociedad-naturaleza (ecosistemas) no puede tener respuesta aisladas o independientes de las relaciones intrínsecas y extrínsecas que se generan, en este relacionamiento se propician los procesos de interacción, sinergia, complementariedad de todos los componentes del socio-ecosistema, lo cual da como respuesta una propiedad emergente de un nivel ecológico, como respuesta de la interacción funcional de los componentes y por lo tanto no puede ser predicha del estudio de los componentes aislados de la unidad (ecosistema).

El principio de las propiedades emergentes es una manera más formal de expresar que "el todo es algo más que la suma de sus partes", (Odum et al., 1971), o como lo manifiesta Morín (Paiva, 2004) la organización de un todo produce cualidades o propiedades nuevas en relación con las partes consideradas de forma aislada: En este contexto es importante mencionar que la dinámica de los sistemas relacionados sociedad y naturaleza surgen de tres atributos complementarios (Walker et al., 2004): Estabilidad-resiliencia (Schwarz, 1994), adaptabilidad y transformabilidad.

El termino estabilidad, asiduamente se expresa con relación a la respuesta del ecosistema a una perturbación, este concepto se entiende como la capacidad del sistema natural para permanecer próximo a su condición de equilibrio o de retornar a esta tras el cese de la perturbación lo cual en ecología se conoce como (homeorhesis⁷).

Sin embargo la idea de una "condición de equilibrio" definible e identificable, en la naturaleza no es realista, incluso en sistemas no perturbados (Connell, 1978; Botkin, 1980; Sousa, 1984), lo que reduciría la utilidad de este concepto de estabilidad (Holling, 1973).

En la ecosistemología se distinguen dos aspectos en este análisis de la estabilidad que permite tener un acercamiento conceptual a los cambios-adaptaciones que en un ecosistema se pueden dar frente a una perturbación:

- Primero: La capacidad del sistema a resistir el desplazamiento respecto a su estado inicial (resistencia)
- Segundo: La capacidad de recuperar ese estado inicial al terminar la perturbación generadora del cambio. (resiliencia)

⁷ Homeorhesis es (ecología) un sistema dinámico que vuelve a una trayectoria.

Aunque han sido muy diversos las acepciones aplicadas a estas dos categorías, existe en la actualidad un cierto consenso por el uso de los términos "resistencia" y "resiliencia" respectivamente. Cuanto más complejo es un sistema en la naturaleza (mayor número de relaciones intrínsecas y extrínsecas) mayores fuerzas de retroalimentación se generan ante fenómenos de perturbación, por lo cual el sistema busca mantener sus condiciones esenciales que lo definen y caracterizan.

May, (1973), Audouin et al., (2013) expresa que cuanto más complejo es el sistema más cambia, en respuesta a la variabilidad natural en los factores ambientales que interactúan, condición que le provee de mayor capacidad para absorber fluctuaciones extremas, lo que podría generar una mayor capacidad de adaptación del sistema (hombre-Naturaleza), en estas condiciones es necesario tener en cuenta la amplitud de estas fluctuaciones, lo cual ejemplifica o denota la fuerza o nivel de cambio que ejerce la perturbación sobre el sistema y la amplitud se define, como el umbral de perturbación por encima del cual no es posible el retorno al estado inicial (máxima amplitud).

Esta es una propiedad muy ligada a la persistencia de los ecosistemas, aunque la interpretación de las relaciones entre ambas no es siempre directa. Cabe mencionar en este punto el concepto de "dominios de estabilidad o atracción" definido por Holling, (1973), como aquella región dentro de la cual es posible volver al estado anterior a la perturbación. Dentro de estos dominios se tienen puntos de meta estabilidad ecosistémica, nodos o ciclos que sugieren diferentes comportamientos y mecanismos para la permanencia del ecosistema; que puede ser entendida como la propiedad de un sistema para responder de manera conjunta a una perturbación. Holling en su artículo *Resiliencia y Estabilidad de Sistemas Ecológicos* ilustra la existencia de múltiples "dominios de estabilidad o de atracción", que propician o buscan mantener las características y funciones que definen la meta estabilidad en los sistemas naturales y cómo se relacionan con los procesos ecológicos, los acontecimientos al azar (por ejemplo, una perturbación) y la heterogeneidad de las escalas temporales y espaciales donde se suceden.

Un concepto complementario a este, es el expuesto por Botkin, (1980) quien sugiere que la persistencia de un ecosistema puede depender de varios estados específicos que cambian y se repiten en el tiempo, lo que denomina "recurrencia". En esta conceptualización la persistencia, la máxima amplitud que define el umbral de perturbación para el cambio y la recurrencia, son características que se asocian a la resiliencia y que ayudan a su comprensión. Como se puede colegir todos estos conceptos se asocian a un funcionamiento sistémico, complejo, que responde ante los cambios de forma coordinada, donde las sinergias e

interacciones se generan en y entre diferentes niveles jerárquicos del sistema, lo cual hace que la Resiliencia sea una propiedad emergente de características socioecológicas y que genera respuestas coordinadas ante las perturbaciones que se inducen sobre los componentes del sistema.

Sobre la teoría de la resiliencia existen básicamente dos orientaciones, una hace referencia a la dinámica cerca del equilibrio, definida en función del tiempo necesario para que el sistema vuelva al punto de equilibrio ante una perturbación, la segunda se refiere a la dinámica lejos de cualquier estado constante de equilibrio y se define como la capacidad para absorber los choques y todavía mantener la "función" (Brand, 2009); Esta última se utiliza actualmente como un concepto descriptivo que se aplica principalmente a los sistemas ecológicos, es decir *resiliencia ecológica*, o como un término que facilita la comunicación a través de fronteras disciplinarias, es decir, resiliencia socio-ecológico (cf. Marca y Jax, 2007). En esta interpretación, el concepto es visto como una perspectiva innovadora para analizar los sistemas socio-ecológicos adaptativos (Walker y Salt, 2012). La diferencia entre estos dos aspectos está en que la visión de la resiliencia desde la ingeniería se enfoca en el mantenimiento de la eficiencia de la función y la resiliencia socio-ecológica se enfoca en el mantenimiento de la existencia de la función (Gunderson y Pritchard Jr, 2003; Rathe, 2017) En este sentido los sistemas adaptativos complejos dependen de cuatro propiedades clave: la resiliencia ecológica, complejidad⁸, auto organización y orden (Gunderson et al., 2012; Alfaro et al., 2016; Thonicke et al., 2017).

2.1.4 Transformación, adaptación y resiliencia

Tres de los procesos fundamentales que permiten estudiar, evaluar y proyectar las actividades de gestión y planificación de los sistemas socio ecológicos se caracterizan por tres atributos que determinan su evolución: a) la transformabilidad , entendida como el cambio que se da en las condiciones físicas, biológicas y socioeconómicas en un entorno; b) La adaptación que corresponde a la capacidad con la cual el ecosistema genera alternativas que permiten a los componentes del

⁸Como lo manifiesta Morin en su documento Introducción al pensamiento complejo. La complejidad va más allá de lo medible y de los desafíos de cuantificarlo; comprende también incertidumbres, indeterminaciones, fenómenos aleatorios, es más bien una combinación de orden y desorden; La complejidad está así ligada a una cierta mezcla de orden y de desorden. Así planteado, el reto no es la renovación de la concepción del objeto, sino que está en revertir las perspectivas epistemológicas del sujeto, es decir, el observador científico; lo propiamente científico era, hasta el presente, eliminar la imprecisión, la ambigüedad, la contradicción. Pero hace falta aceptar una cierta imprecisión y una imprecisión cierta, no solamente en los fenómenos, sino también en los conceptos, y uno de los grandes progresos de las matemáticas de hoy es el de considerar los fuzzy sets, los conjuntos imprecisos.

sistema armonizar o acoplar procesos al medio; y c) La resiliencia como la capacidad para soportar procesos de cambio, perturbación o impacto y permitir la posibilidad de recuperación de sus funciones intrínsecas vitales para la subsistencia del sistema, aprender del cambio y auto-organizarse (Figura) (Walker et al., 2004; Folke et al., 2010; Walker y Salt, 2012). Aquí la resiliencia y capacidad de adaptación se relacionan con la dinámica de un sistema, o sistemas estrechamente relacionados.

Mientras que la transformabilidad se refiere a la alteración fundamental de la naturaleza de un sistema (Walker et al., 2004). Este concepto aporta una visión global de la complejidad de los problemas que implican el cambio global que sirve para tender puentes entre diversas disciplinas (Duarte et al., 2006; Novoa y Molina, 2010).



Figura 1. Atributos de los Sistemas Socio-ecológicos

Fuente: Elaboración propia

Los Sistemas Socio Ecológicos (SES por sus siglas en inglés) se pueden abordar bajo tres perspectivas (Becker, 2012): *i*. Como objetos de frontera: intersecciones de campos individuales de la investigación y la configuración disciplinarias; *ii* Como objetos epistémicos, como "cosas" que los humanos pueden y quieren saber acerca del uso de métodos bien definidos de investigación y razonamiento teórico y *iii* Como objetos reales representados en los modelos de sistemas

construidos para hacer frente a los problemas y fenómenos en diversos campos de aplicación.

Teniendo en cuenta que, no existe un solo enfoque dentro del marco de los SSEs ni un planteamiento exclusivo ni un único marco común de referencia para el estudio de los socio-ecosistemas, a continuación se presenta un marco de los SSEs desde la perspectiva teórica (Figura 1) conceptos y definición general de los socio-ecosistemas; exponiendo los planteamientos de Folke et al., (1998). En este análisis se tiene en cuenta los sistemas complejos, la emergencia, la teoría de la resiliencia, la capacidad adaptativa, la transformabilidad, en el marco de los SSEs, integrando enfoques alternativos (Anderies et al., 2004; Young et al., 2006; Resilience Alliance, 2007).

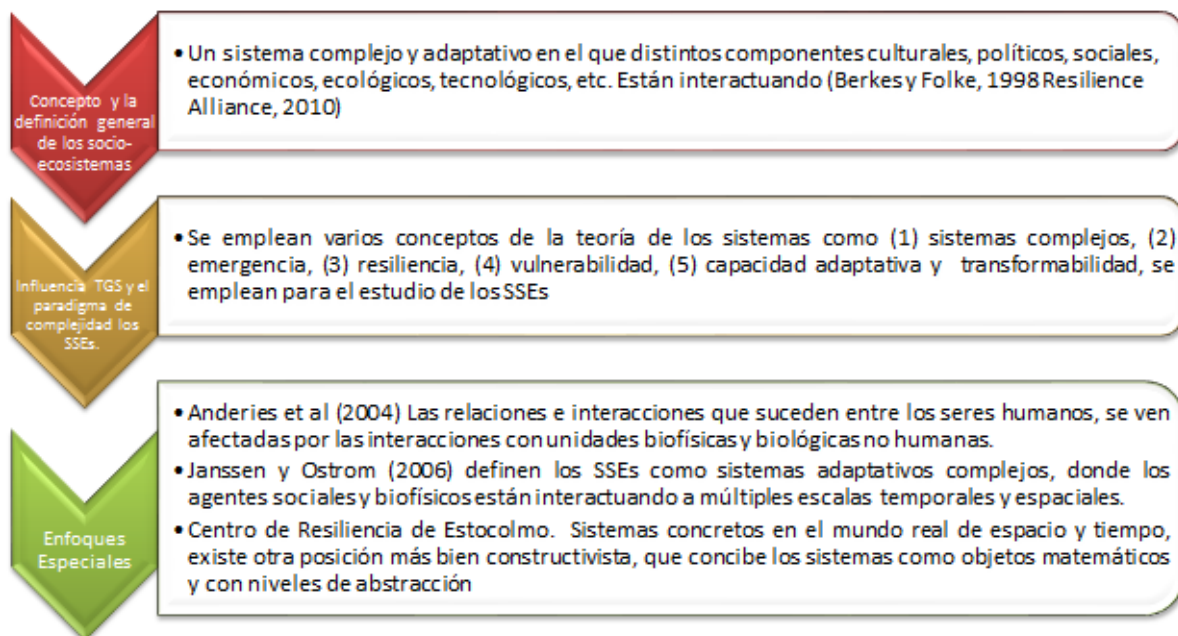


Figura 1. Marco de los SSE, enfoques teóricos

Fuente: Elaboración propia

La resiliencia, la adaptabilidad y la capacidad de transformación, más que atributos que determinan la trayectoria de los SES, son las dimensiones, pues los atributos son individuales. Los SES se vinculan e interaccionan de manera dinámica e interdependiente con uno o más sistemas sociales.

Abordar las problemáticas ambientales desde la perspectiva de los socio-ecosistemas (Holling, 1973, 2001; Peterson et al., 1998; Folke, 2006; Alier, 2008; Vilardy, 2009), requiere que:

Se consideren en términos de su estructura y dinámica. Dado que el abordaje tradicional sobre la comprensión científica, y sobre todo la comprensión ecológica se han enfocado sobre análisis biofísicos, reconociendo que este abordaje es importante para hacer frente a los problemas ambientales; también hay que aceptar que el conocimiento científico difícilmente será suficiente (Ludwig et al., 2001). Lo anterior conduce a que los procesos de influencia humana sobre los componentes del sistema (la flora, la fauna, el suelo y el agua), se solucionen con la comprensión de los procesos biofísicos sobre los que se toman decisiones, esto para hacer de las herramientas de planificación objetivas, sin embargo, esta visión tiene un alto grado de incertidumbre.

En términos de las ciencias ambientales la incertidumbre es constante, por esta razón el análisis de la naturaleza y el ser humano debe orientarse hacia el entendimiento de la relación de la naturaleza y la sociedad en términos de sus procesos, más que establecer relaciones disciplinares que tradicionalmente analizan por separado estas dos entidades, este abordaje es pertinente, ya que permitiría configurar herramientas de gestión que aporten realmente a la solución de las problemáticas ambientales.

Lo anterior demanda que en lugar de preguntar como la sociedad puede mejorar o como se puede hacer mejor gestión de los recursos ecológicos, debería orientarse a como se hace que los SES sean más robustos (Anderies et al., 2004), sin embargo, la robustez refiere al mantenimiento del rendimiento del sistema cuando es sometido a perturbaciones externas e impredecibles, esto aplica para sistemas controlables desde la ingeniería, pero en la naturaleza es difícil controlar o predecir el comportamiento, se puede reducir la incertidumbre pero no controlar los procesos.

Por otro lado el abordaje desde la resiliencia socio – ecosistémica con herramienta de gestión, y entendiéndola con la capacidad que tienen los sistemas de resistir una perturbación, recuperarse y auto-organizarse (Holling, 1973, 1996; Mittelbach et al., 1995; Gunderson, 2000; Folke et al., 2002), puede contribuir a al entendimiento de las relaciones de ser humano y la naturaleza, trabajando en la recuperación de las funciones ecosistémicas, más que en procesos de conservación.

La visión de resiliencia socio – ecosistémica, se convierte una herramienta clave para la gestión, vinculando el conocimiento de los procesos que determinan el comportamiento del sistema y no ejerciendo acciones sobre los efectos de las presiones antrópicas sobre los SES.

Cuantificar y medir la capacidad de resiliencia de un sistema ante una perturbación, podrían abrir importantes caminos para la comprensión de los ciclos adaptativos de los sistemas (Carpenter et al., 2001; Walker y Salt, 2012) y contribuir a la reducción de los espacios que existen en las brechas conceptuales para la comprensión de la resiliencia y la adaptación en el marco de los socioecosistemas de la alta montaña de los andes del norte.

La resiliencia ha tenido dos abordajes en la ecología; el primero centrado en la recuperación del sistema y el tiempo de retorno después de una perturbación, y el segundo centrado en la cantidad de perturbaciones que un sistema puede asimilar sin cambiar su función (Miller et al., 2010), en los últimos años la resiliencia ha ampliado su espectro a los socio-ecosistemas, enfatizando en tres elementos fundamentales de la resiliencia: la persistencia, la adaptabilidad y transformabilidad (Gotts, 2007). Esta ampliación del concepto de resiliencia ha traído dentro de su ámbito el papel de las instituciones, capital social, el liderazgo y el aprendizaje (Resilience Alliance, 2007).

En este sentido para interpretar la dinámica de un sistema (Holling, 2001), desde su gestión, conservación y manejo, se debe definir con claridad las condiciones de la resiliencia, esta elasticidad se mueve por espacios multidimensionales que son controlados por diferentes procesos (Carpenter et al., 2001); los cambios que se presentan en los ecosistemas se miden en escalas espaciales y temporales y están sujetos a aspectos sociales, económicos, productivos entre otros.

Un aporte significativo para comprender las propiedades no lineales de los socioecosistemas son los Ciclo de Renovación Adaptativa de un sistema (Holling, 1992, 2001; Carpenter et al., 2001), este aporte se construye en atención a que los sistemas naturales y sociales en su funcionamiento no son lineales; esta teoría, busca comprender esta propiedad, la no- linealidad de los sistemas complejos socio-ecológicos; un posterior desarrollo que complementa y amplía las dinámicas del ciclo adaptativo está contenido en el concepto de “Panarquía”⁹ (Holling, 2001) desarrollado por Holling y Gunderson que contempla las dinámicas del ciclo adaptativo especialmente en aquellos sistemas socio-ecológicos donde la interacción y el desarrollo de la sociedad con su entorno es lo más importante.

⁹ Panarquía; Holling introduce este término que usa para describir un concepto que explica el carácter evolutivo de los sistemas adaptativos complejos. es la estructura jerárquica en la que los sistemas de la naturaleza (por ejemplo, los bosques, las praderas, lagos, ríos y mares), y humanos (por ejemplo, estructuras de gobierno), así como combinados los sistemas hombre-naturaleza (por ejemplo, los organismos de control de uso de los recursos naturales) (Gunderson y otros-ERS 1995) y los sistemas socioecológico se están interrelacionados en los continuos ciclos de adaptación, crecimiento, acumulación, de reestructuración y renovación.

El concepto de resiliencia modifica la forma tradicional como se aborda el cambio en los sistemas que se supone es estable, a la gestión de la capacidad de los sistemas socio-ecológicos para hacer frente, adaptarse y cambiar de forma (Folke et al., 2002). La gestión de la resiliencia implica el mantenimiento de opciones para un entorno que cambia rápidamente, donde la sorpresa es constante, enfrentando a un futuro impredecible, por lo que la resiliencia tiene una mirada hacia el futuro (Berkes y Seixas, 2005). La resiliencia y la vulnerabilidad tienen significados opuestos, pero complementarios (Folke et al., 2002), en un sistema resiliente, el cambio tiene el potencial de crear oportunidades para el desarrollo, la novedad y la innovación y auto-organizarse, en un sistema vulnerable, incluso los pequeños cambios pueden implicar importantes cambios.

En la evaluación de la resiliencia de un sistema, se debe especificar la configuración del sistema y que perturbaciones son de interés (Carpenter et al., 2001; Calvente, 2007; Resilience Alliance, 2007), para abordar las siguientes tres características generales :i) La cantidad de cambio o transformaciones que un sistema complejo puede soportar manteniendo las mismas propiedades funcionales y estructurales, ii) el grado en el que el sistema es capaz de auto organizarse y iii) la habilidad del sistema complejo para desarrollar e incrementar la capacidad de aprender, innovar y adaptarse.

Es necesario promover la creación de nuevos modelos de investigación interdisciplinarios que contribuyan a romper la clásica división (conceptual y metodológica) entre las ciencias sociales y las ciencias biofísicas, y que permitan tender sólidos puentes entre los investigadores (generadores de conocimiento) y los gestores y tomadores de decisiones. La capacidad de transformación es una característica fundamental en los sistemas sustentables (sociales, ecológicos, políticos, económicos o tecnológicos); sin embargo, los aspectos que más incidencia tiene para el humano, es que estos sistemas deben presentar una fuerte predisposición a la innovación y el aprendizaje; es decir, debe existir evolución evidente.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGÍA

3.1.1 Descripción del área de estudio

Las acotaciones altitudinales que abarcan la dimensión del territorio para el análisis, se hacen desde la zona ecotonal entre la vegetación cerrada de la media montaña (3000 – 3200m) (Cuatrecasas, 1989. ; Rangel, 2000) hasta el límite inferior nival, donde en términos generales se identifican las siguientes franjas:

Franja Altoandina: Entre 3000 – 3200 msnm, El Subparamo. Entre 3200 hasta 3500 msnm, Páramo Propiamente dicho. 3600 – 4100 msnm, El Superparamo. Arriba de los 4100 msnm.

Como área de estudio se ha identificado el sector de San Rafael, en la zona Nororiental del PNN Puracé (Figura 2), esta ventana se ha priorizado considerando los siguientes aspectos.

El municipio de Puracé hace parte del macizo Colombiano conformando así un importante ente dentro del territorio protegido por la unidad especial de parques naturales, con la cual tiene un área de traslape de 3400 ha con el PNN Puracé (Figura 2), se encuentra ubicado en la zona centro oriental del departamento del Cauca sobre la cordillera central de los Andes, se destacan accidentes orográficos como los de la sierra nevada de los Coconucos con 4335 msnm, los volcanes de Pan de Azúcar con 4800 msnm, Puracé 4445 msnm, Sotará y otros (Alcaldía Municipal Puracé, 2000).

Cuenta con una variación climática que va desde unidades de tierras moderadamente cálidas hasta el nivel (Alcaldía Municipal Puracé, 2000). Aunque el clima es bimodal con dos periodos máximos y dos de mínimos relativos que vienen acompañados de disminución de la radiación solar y cambios en la temperatura las variaciones climáticas se presentan también debido a efectos orográficos. La malla hidrográfica en la zona es muy diversificada gracias a la heterogeneidad de su relieve y configuración del sistema montañoso.

La zona experimental se encuentra situada a 2°21'47'' de latitud Norte y 76°24'28'' de longitud Oeste. Con una zona de vida según Holdridge (1979) de páramo pluvial Subandino (pp-SA). En la región la actividad económica gira en

torno a la agricultura, la ganadería y otras actividades en menores. También se dedican a la minería (Azufre) y explotación de otros materiales de roca.

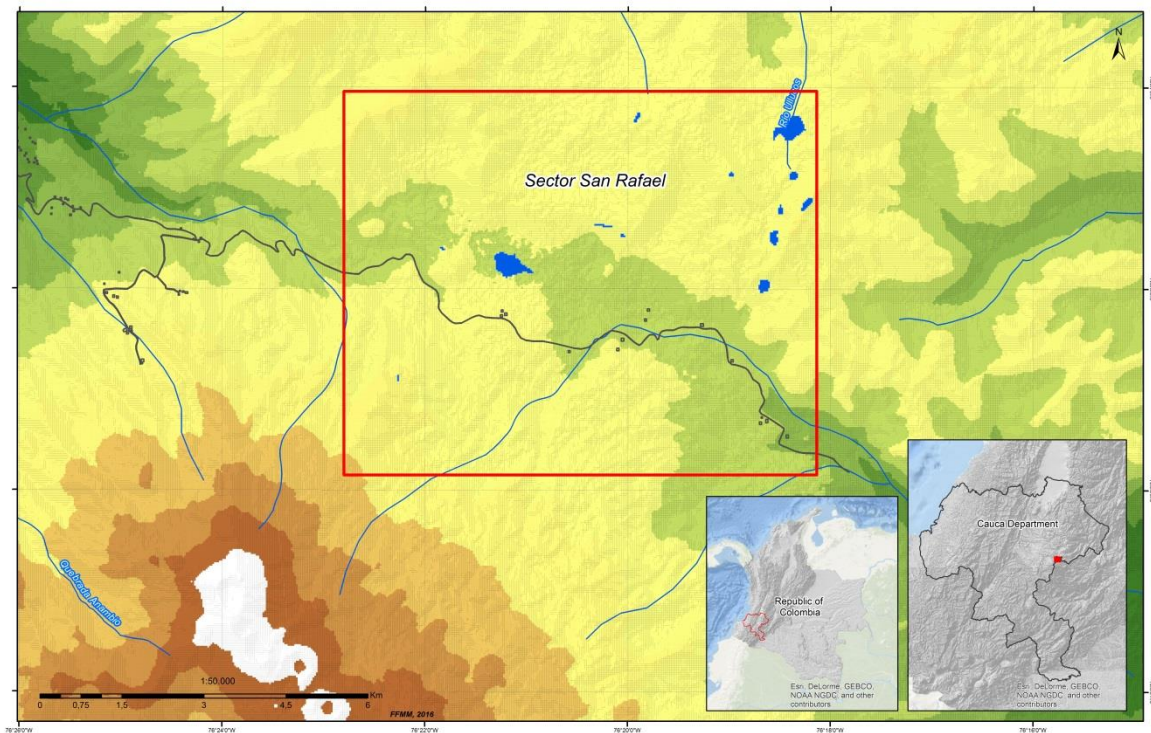


Figura 2. Mapa Área de estudio

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Justificación del enfoque epistemológico

Desde hace más de 40 años se viene hablando de Crisis ambiental, en la conferencia Mundial sobre el medio humano en Estocolmo, donde se habla de la necesidad de tomar medidas preventivas y correctivas sobre los impactos ambientales de las diversas practicas productivas, en este sentido los países deciden incorporar dentro de sus estructuras institucionales la dimensión ambiental para procesos de planificación del desarrollo, esta situación impone un reto para la integración a los sistemas de producción de nuevos conocimientos científicos y técnicos, que incorporen la relación ser humano naturaleza no como una relación sujeto objeto, si no como un proceso de coevaluación, tal como se manifiesta en este escrito en su parte introductoria. Esta comprensión debe ser abordada desde la complejidad.

Para comprender conceptualmente la complejidad del ambiente, es necesario recoger las ideas de diferentes autores tales como (Leff y Funtowicz, 2000; Schifter, 2000; Leff, 2006b; Maturana y Varela, 2006; Liu *et al.*, 2007; Morin, 2008), quienes plantean que la complejidad ambiental no deviene del proceso evolutivo natural; la complejidad de los problemas ambientales surge de las formas dominantes de producción y de los efectos de la crisis económica y ecológica. Como lo plantea (Leff, 2006); la crisis ambiental lleva a replantear nuestra realidad, a mirar los caminos de complejización, abriendo sendas del saber para la comprensión de la relación del hombre con la naturaleza; entendiéndola como un socioecosistema, donde interactúa recíprocamente la naturaleza y el hombre en un proceso de coevolución.

Abordar los ecosistemas de alta montaña andina, empleando un enfoque sistémico basado en el pensamiento complejo permite estudiar e integrar diferentes elementos de estos socioecosistemas, considerando sus capacidades de transformación, adaptabilidad y resiliencia. Con este acercamiento, se pretende aportar elementos que brinden orden, claridad, distinción y precisión en el conocimiento de los sistemas referidos (Morin, 1994; Solis, 2009) mediante otras formas de hacer y desarrollar la ciencia, haciendo uso de los principios del modo 2, estrategia metodológica que permite un abordaje transdisciplinar, en grupos no jerárquicos que priman la aplicabilidad y utilidad social del conocimiento.

De esta forma, se aporta a la comprensión de los ecosistemas de alta montaña considerando diversidad de disciplinas y saberes, como estrategia de aporte en nuevos conocimientos para las ciencias ambientales. El presente estudio aborda la naturaleza y la sociedad bajo una visión integradora, lo cual se hace desde los conceptos que definen la comprensión de los socioecosistemas y la teoría de la resiliencia en el contexto del cambio global.

Por esta razón en la (Figura 3) se presenta un diagrama donde en el contexto del cambio climático se analiza la capacidad de adaptación social y ecosistémica de la alta montaña andina, siendo esta una alternativa que sirve de base para la planificación ambiental del territorio.

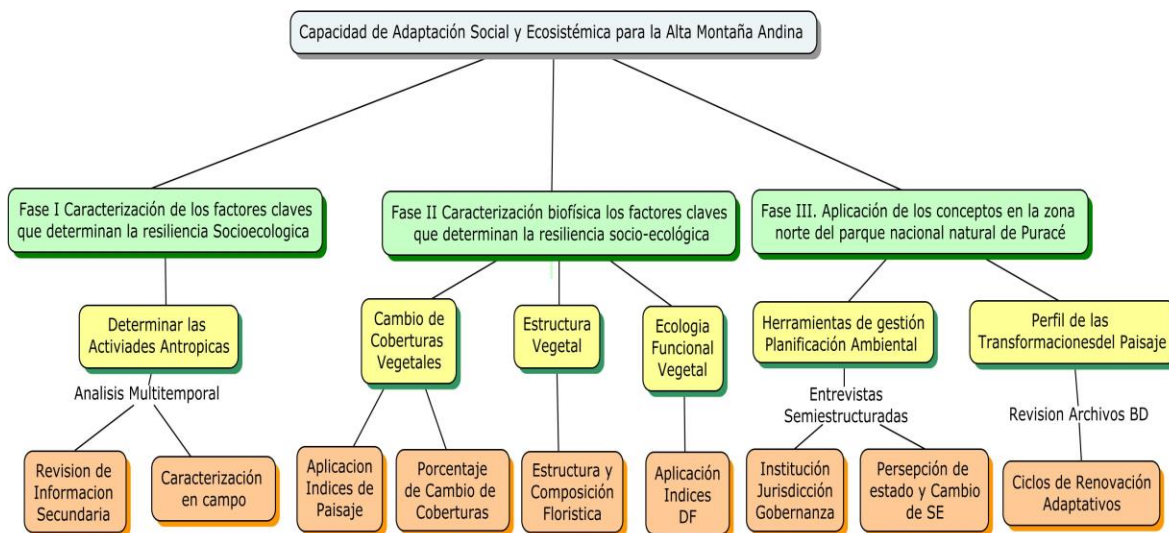


Figura 3. Esquema metodológico para abordar la capacidad de adaptación social y ecosistémica en la alta montaña

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Fases de desarrollo del proyecto

El desarrollo del trabajo se realizó bajo una propuesta metodológica que en algunos aspectos fue constructivista y de observación participante¹⁰ (Kawulich, 2005), se emplean técnicas mixtas (cuantitativas y cualitativas), con el propósito de incorporar datos que permitan caracterizar la estructura de los ecosistemas altoandinos del área de estudio como un sistema socioecológico. La base de información para el trabajo se realiza con la recopilación de información primaria, por medio de trabajo en campo para su obtención; también se empleó información secundaria a través de datos históricos existentes y disponibles.

El desarrollo de un modelo conceptual sobre la capacidad de adaptación social y ecosistémica para la alta montaña andina del departamento del Cauca, se ejecutará bajo las siguientes fases: a) Inventario, caracterización y evaluación, b) Caracterización biofísica los factores claves (fragmentación, cambios en la estructura de la vegetación y los rasgos funcionales) que determinan la resiliencia socio-ecológica, c) Análisis de los conceptos de resiliencia y renovación adaptativa

¹⁰ Es una técnica que se caracteriza por la existencia de un conocimiento previo entre observador y observado y una permisividad en el intercambio, lo cual da lugar a una iniciativa por parte de cada uno de ellos en su interrelación con el otro. El observado puede dirigirse al observador, y el observador al observado en una posición de mayor cercanía psicológica, pero con un nivel de participación bajo o nulo.

y procesos históricos que han determinado las transformaciones para el área de estudio en la zona norte del parque nacional natural de Puracé.

3.1.4 Fase I Caracterización de los factores claves que determinan la resiliencia socioecológica

Esta fase tiene el propósito de evaluar los factores que inciden en la capacidad adaptativa de las comunidades en ecosistemas altoandinos, de esta manera se busca develar con las comunidades cuales han sido los factores claves de cambio que han inducido modificaciones en sus prácticas, productivas, culturales; bajo un enfoque de socio-ecosistemas y de resiliencia.

Para este fin se entiende como factores claves de cambio los procesos, acciones, o eventos naturales o antrópicos que han generado la necesidad de crear o adoptar nuevas alternativas o medidas conservando o al menos manteniendo sus condiciones básicas de sostenibilidad en términos de ofertas del sistema y de satisfacer las demandas de las comunidades humanas.

3.1.4.1 Diagnóstico de las actividades antrópicas y relación con las herramientas de gestión o planificación ambiental

Tanto para el conocimiento de las intervenciones antrópicas como para las herramientas de gestión implementadas en la zona, se utilizaron dos herramientas: entrevista semiestructurada (Anexo 1) y revisión documental.

El diagnóstico de las actividades antrópicas se realiza mediante el empleo de entrevistas semiestructuradas a los líderes de la comunidad, a las personas responsables de la gestión ambiental y académicos que han desarrollado investigaciones en el área de estudio. En la revisión de archivos se busca documentos técnicos y académicos sobre las actividades antrópicas y actividades de gestión ambiental realizadas en la zona.

Para las entrevistas semiestructuradas: se modifican los referentes empleados por (Vilardy, 2009). identificando: características generales del sistema, servicios del ecosistema y mecanismos de transmisión del conocimiento local con énfasis en las coberturas vegetales, grado de confianza y liderazgo de la población en las instituciones locales, sistemas de gestión local con los actores claves y los flujos de conocimiento técnico-científico entre las instituciones encargadas de la gestión las que generan conocimiento científico y las comunidades.

Revisión documental: se hace una revisión bibliográfica de diferentes fuentes de información entre ellas: estadísticas nacionales, bases de datos, fotografías aéreas, mapas, documentos oficiales, académicos y científicos etc.

3.1.4.2 Inventario de los servicios ambientales y culturales de la zona

Con el propósito de determinar la demanda de los bienes y servicios ambientales disponibles en la zona, se realiza una caracterización preliminar de los servicios ecosistémicos.

Se aplicaron entrevistas semi-estructuradas a familias de la vereda campamento¹¹, Resguardo Indígena de Puracé, se realizó con esta vereda debido a la dependencia y la fuerte relación que tienen con estos ecosistemas de bosque alto andino y páramo, como por su relación con la zona de influencia del PNN Puracé. En las entrevistas semi-estructuradas se incluyó tanto información de tipo cualitativo como cuantitativa. Para el diseño de las entrevistas semi-estructuradas se adaptó la clasificación de servicios ecosistémicos de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2003) obteniendo las siguientes categorías: servicios de aprovisionamiento, servicios de regulación y servicios culturales, los cuales se definen a continuación. Se agrupó los servicios de soporte con los de regulación debido a la confusión que existe entre estos (Brauman et al., 2007; Casanoves et al., 2011a; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible., 2012; Vilardy et al., 2012).

Servicios de aprovisionamiento: bienes y productos que se obtienen del ecosistema como; alimento, productos silvestres, madera, leña, recursos genéticos, recursos ornamentales y agua.

Servicios de regulación: beneficios que las personas reciben de la continuidad de los procesos ecosistémicos, entre los que se incluye regulación climática, purificación del aire, regulación hídrica, control de erosiones, fertilidad y formación del suelo, control biológico, hábitat para especies, polinización y dispersión de semillas y mitigación de riesgos naturales.

Servicios culturales: beneficios intangibles que se obtienen de los ecosistemas, se incluye la educación ambiental, conocimiento científico y ecológico local, identidad cultural, disfrute espiritual y estético, la recreación y el turismo.

¹¹ Dado que se realizaron entrevistas y no encuestas, el grupo focal que se abordó representaba el territorio. Por esto se hace una descripción de la población. El propósito está arriba, cual era determinar la demanda de bienes y servicios ambientales.

Representación Espacial de los Servicios Ambientales: Una vez levantada la información de demanda de los bienes y servicios ambientales disponibles en la zona y la caracterización preliminar de los servicios ecosistémicos se procede a espacializar esta información de la siguiente manera (Figura 4

Figura 4):

1. Recopilación e integración de información para generar la representación espacial. Capas base: topografía, red hídrica, infraestructura, coberturas vegetales, puntos de levantamiento de información en campo, entrevistas Jurisdicciones PNNP Cabildo.

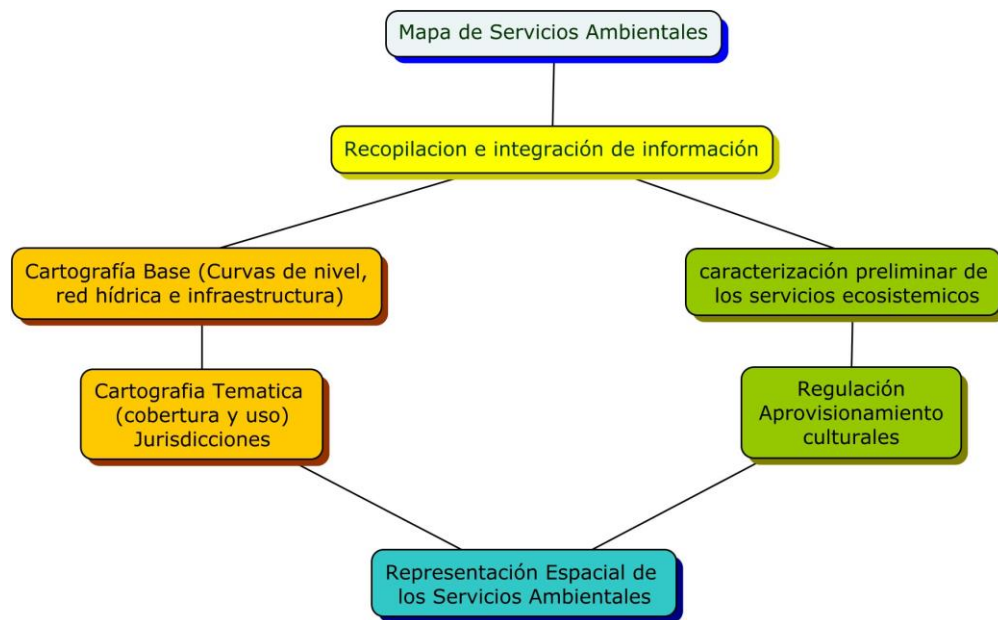


Figura 4. Metodología representación espacial servicios ambientales

Fuente: Elaboración propia

3.1.4.3 Caracterización de los comportamientos relacionales de la naturaleza y la sociedad en el marco de los socioecosistemas

Esta actividad se desarrolla mediante entrevistas estructuradas y conversatorios con las comunidades en el contexto de los sistemas socioecológicos con el objeto de caracterizar los comportamiento relacionales de la naturaleza y la sociedad y como las estructuras jerárquicas de la sociedad han influido en estas relaciones; se desarrollaran participativamente las siguientes actividades (Resilience Alliance, 2007).

- La identificación los individuos u organizaciones que tienen un papel clave de liderazgo en la región, y se evidencian los aspectos más trascendentales de la relación naturaleza sociedad.
- Identificación de las estructuras de poder; cuales son las estrategias para la elección del poder (voto, cabildeo, publicidad u otros).

Con respecto a la **governabilidad**. Para cada escala de gobierno¹² se identifican: los derechos de propiedad, el manejo de los recursos naturales, recursos de propiedad común, y se identifican también los diferentes tipos de los conflictos ambientales.

- Se evidencia si existe control sobre el uso de recursos y los reglamentos¹³ pertinentes en cada escala.
- También se trabaja indicando cuáles son las relaciones entre los organismos de control¹⁴, los conflictos por jurisdicción o normativa cómo se maneja estos; y otros órganos asociados a la cultura y cosmovisión existentes en cuanto a la utilización de recursos.

Se identifican los procesos informales en relación a la utilización de recursos, en este sentido se evalúa qué tan efectivas son las redes sociales y qué papel están jugando (o podrían jugar) en el aprendizaje y los cambios en uso de los recursos y la gestión. Es importante identificar las políticas claves, leyes o reglamentos que rigen el uso de recursos que facilitan o limitan flexibilidad para su administración. En las tres escalas de gobierno (local, regional, nacional).

Para esta actividad se adelanta un análisis MicMac de la zona de estudio que permite establecer las relaciones de influencia dependencia entre las variables del sistema para el área de estudio.

Inicialmente se realiza la determinación de 21 variables del sistema socio ecológico con sus respectivas descripciones, a partir de las cuales se elaboran matrices mediante el método MicMac¹⁵. Se elaboró una matriz de Influencias

¹² Las escalas de gobierno que se abordaran en la presente investigación, atienden los diferentes ámbitos de análisis a saber: nacional, departamental, municipal y a nivel de vereda corregimiento u otro teniendo en cuenta las diferentes visiones (Indígenas, campesinos entre otros)

¹³ Principios que regulan la conducta humana que pueden influir en los procesos ambientales.

¹⁴ Según la Constitución Política de 1991, se considera como organismos de control el Ministerio Público (Procuraduría General de la Nación y personerías municipales) y la Contraloría General de la Nación.

¹⁵ El método MICMAC ha sido creado por Michel Godet y desarrollado dentro en el LIPSOR - Cf M. Godet, Manuel de prospective stratégique, Tome 2 Editions Dunod 2001 - Cf M. Godet, Creating Futures Scenario Planning as a strategic Management Tool, Editions Economica.

Directas (MID) con la cual se describe las relaciones de influencias directas entre las variables que definen el sistema y una Matriz de Influencias Directas Potenciales (MIDP), la cual representa las influencias y dependencias actuales y potenciales entre variables. Completa la matriz MID teniendo igualmente en cuenta las relaciones visibles en un futuro. Las influencias se puntúan de 0 a 3, con la posibilidad de señalar las influencias potenciales: 0: sin influencia 1: débil, 2: media, 3: fuerte y P: potencial.

3.1.4.4 Análisis intervenciones antrópicas

Se parte de la identificación de los problemas existentes, en el marco de los patrones y variables que definen el sistema. Sin embargo, difícilmente se podrían incluir todos, básicamente se hará énfasis en las grandes variables del sistema¹⁶. Para relacionar lo social es necesario conocer las concepciones y visiones que las comunidades han elaborado históricamente sobre el territorio que ocupan y transforman, lo cual está definiendo los modelos mentales que existen sobre las interacciones de los componentes sociales y biofísicos.

A través una mesa de trabajo se efectuó el diagnóstico político institucional y conflictos del territorio del pueblo Coconuco, haciendo énfasis en una ventana de trabajo integrada por la zona norte del Parque Nacional Natural de Puracé, mediante la utilización de un diagrama de Venn¹⁷, en la que se buscó identificar los actores sociales locales que intervienen en el territorio, diferenciándolos por color, de la siguiente manera:

- Organizaciones comunitarias locales, en color azul
- Organizaciones comunitarias regionales, en color rojo
- Organizaciones del Estado, en verde
- Gremios, en café
- ONG's, en morado
- Sector privado, en color naranja
- Sector público, en color negro

Así mismo, se indago sobre los conflictos existentes entre actores en el pasado y en la actualidad, que determinan la dinámica de los ecosistemas, esto hace referencia a los diversos enfoques bajo los cuales han sido abordados los

¹⁶ Las variables más significativas del sistema, está haciendo referencia a los niveles de detalle con que se abordarán desde la ecología el sistema, en este sentido se tendrán en cuenta aspectos como coberturas vegetales, usos del suelo, conflictos de uso.

¹⁷ Representación gráfica de las variaciones de un fenómeno o de las relaciones que tienen los elementos o las partes de un conjunto.

ecosistemas de alta montaña y se han presentado las diferentes intervenciones humanas (agricultura, ganadería, minería y turismo) que transforman el territorio desde el siglo XIX.

Para determinar cuáles son las principales actividades antrópicas en el contexto histórico y del presente, se analizaron textos y documentos antecedentes, así como se realizó una evaluación actual en el área de estudio caracterizando las principales actividades productivas y su relación con los componentes del ecosistema, complementada con la revisión de archivos y las entrevistas semi-estructuradas.

3.1.4.5 Análisis y caracterización de los modelos de gestión implementados en la zona

Las diferentes intervenciones que se han realizado en la zona, han tenido algún impacto, en el marco de gestión y conservación; sin embargo, es importante que se establezcan las efectividades y eficacias de los mismos, haciendo énfasis en la participación de las comunidades asentadas en la zona.

Esta actividad se desarrollara mediante la investigación en archivos de las diversas organizaciones del sector y talleres con la comunidad, como una herramienta para el análisis de contenidos en profundidad con el propósito de obtener los datos para reconstruir y comprender la historia general y la dinámica de los ecosistemas de alta montaña de la zona de estudio se revisó la información de talleres, informes, planes de mapeo y herramientas de la gestión ambiental, Con el fin de identificar los instrumento que utilizan ya sea normativos, de planificación, administrativos, económicos, tecnológicos jurídicos, y financieros

3.1.5 FASE II Caracterización biofísica los factores claves que determinan la resiliencia socio-ecológica

Conocer de qué manera se acoplan los sistemas de vegetación a los procesos de intervención antrópica, implica evaluar los índices de fragmentación, los cambios en la estructura de la vegetación y el conocimiento de la función y procesos que nos da los rasgos funcionales de las áreas o sitios muestreados y evaluados para lo cual se procede de la siguiente forma:

3.1.5.1 Caracterización espacio temporal de las transformaciones del paisaje

La caracterización espacio temporal de las transformaciones del paisaje se realizó mediante imágenes satelitales Landsat TM con una resolución espacial de 30 metros, de tres temporalidades (1988,1999 y 2010) obtenidas desde el servidor

Glovis USGS. El procesamiento y clasificación supervisada de las imágenes satelitales se hizo con el software ERDAS IMAGINE 9.1 en la composición de bandas 4, 5 y 3. Para el recorte del área de interés y la creación de mapas temáticos se utilizó el software ArcGIS 9.3.

La determinación del tipo de cobertura se realizó adaptando la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000 (IDEAM 2010), la cual fue ajustada (Tabla 1) donde se presenta una descripción por cobertura identificada. Tal como se muestra en el Anexo 2. Para establecer si la pérdida de las áreas naturales era significativa se empleó la prueba de chi-cuadrado, con el 95 % de confiabilidad ($p > 0.05$). Esto permitió determinar los cambios espaciotemporales identificados en las imágenes desde 1988 hasta 2010 para un periodo de 30 años de análisis.

Se realizó una proyección de cambio al 2030, con las coberturas obtenidas mediante el software IDRISI selva (Eastman, 2012)

Tabla 1. Coberturas vegetales ajustadas y definidas en el presente estudio

Cobertura	Descripción
Bosque abierto B.A.	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos arbóreos regularmente distribuidos, entre 30% y 70% del área total de la unidad, en la cual la mayoría de las copas no se tocan entre ellas (IDEAM 2010). Estratos de árboles altos los que tienen altura superior a 5 metros y menor a 15 metros.
Bosque denso B.D.	Comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel entre 5 y 15 metros.
Bosque fragmentado B.F	Cobertura cubierta por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros. Ubicada principalmente entre los 3000 a 3300 msnm. En el cañón San Francisco y las Veredas Campamento y Pilimbalá.
Herbazal denso anegado – Herbazal D.A.P	Herbazal denso inundable los cuales pueden presentar o no elementos arbóreos y/o arbustivos, en suelos permanentemente sobresaturados.
Herbazal denso de tierra firme arbolado (Herbazal D.T.F.A.)	Corresponde a coberturas dominadas por vegetación natural herbácea con presencia de elementos arbóreos y/o arbustivos dispersos que ocupan entre 2% y 30% del área total
Herbazal denso de tierra firme no arbolado (Herbazal D.T.FN.A)	Corresponde a coberturas dominadas por vegetación natural herbácea sin presencia de elementos arbóreos y/o arbustivos, o en caso de existir en ningún caso representarán más de 2% del área total de la unidad. Se localizan principalmente en áreas con limitaciones de suelos y de clima.
Lagunas	Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río.
Turberas	Terrenos bajos de tipo pantanoso, de textura esponjosa, cuyo suelo está compuesto principalmente por musgos y materias vegetales descompuestas. Se encuentran frecuentemente en áreas andinas en terrenos situados por encima de los 3.200 msnm, distribuido en su mayoría en el humedal de la Laguna San Rafael

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.2 Cálculo de métricas e índices de fragmentación a nivel del paisaje

A partir de los tipos de coberturas obtenidas se realizó el cálculo de índices de fragmentación mediante el software FRAGSTATSv4 desarrollada por McGarigal y Marks, (1995). Tendiendo a las recomendaciones de Botequilha Leitão y Ahern, (2002) el cual realiza un análisis de diferentes autores y consideraciones teóricas (incluye análisis de PCA y matriz de correlaciones), se utilizaran los siguientes índices de paisaje: porcentaje de cobertura (PLAND), número de parche (NP), densidad de parches (DP), tamaño promedio de los parches (AREA), radio de giro (GYRATE_NM)(Pickover, 1990) (Botequilha et al., 2012) , densidad de borde (ED) (McGarigal et al., 2012), un índice de forma (SHAPE) (Laurance y Yensen, 1991) y un índice de agregación (MESH) (Jaeger, 2000). No se calcularon índices de diversidad, debido a que según Altamirano et al., (2012) muestran una menor sensibilidad frente al incremento en la exactitud de la clasificación.

3.1.5.3 Selección de sitios para el muestreo de vegetación

A partir de la clasificación de imágenes satelitales se seleccionaran sitios con diferente grado de intervención antrópicas (Figura 5), en los cuales para establecer cualitativamente el grado de antropización, se aplicó una matriz de presencia–ausencia para determinar la existencia de actividades humanas en los parches de interés. Para definir el grado de intervención se estimó la acumulación de actividades en cada sitio, estableciendo una relación de proporcionalidad en donde a mayor presencia de intervenciones refleja un mayor grado de antropización, en los cuales se realizaron los muestreos de vegetación.

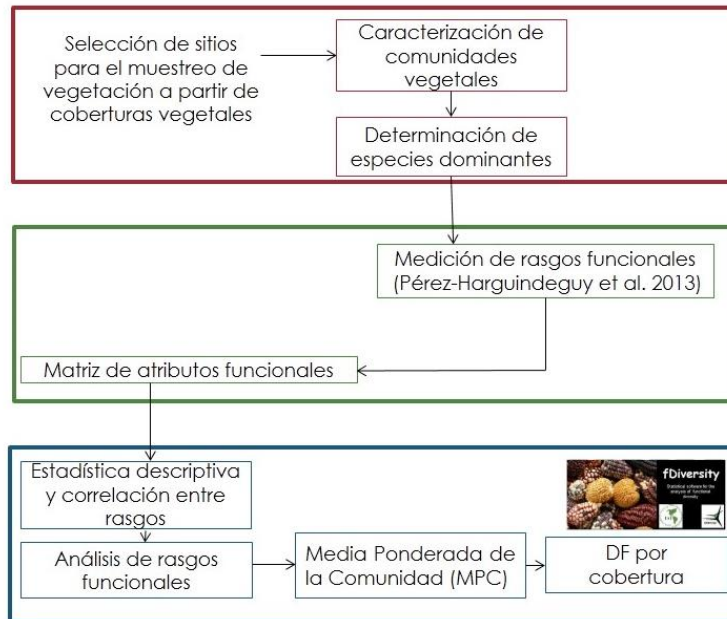


Figura 5. Diagrama metodológico para el muestreo de vegetación

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.3.1 Muestreo de vegetación

Se establecieron 3 parcelas temporales por tipo de cobertura: Bosque denso, Bosque abierto, Herbazal D.T.F.N.A antropizado, Herbazal D.T.F.N.A, Herbazal D.T.F.A (Se seleccionaron estas coberturas debido a su representatividad en el paisaje, alrededor del 90 %), para un total de 15 parcelas, cada parcela se subdividió en 10 unidades. Para el estrato arbóreo parcelas de 0.1 ha (Gentry, 1982) (50 x 20 m), y para el estrato arbustivo y herbáceo se establecieron parcelas de 50 m² (10 x 5m) (Ramirez, 1995). Se considerará como estrato herbáceo el que la altura no supere los 1.5 m, como arbustivo el comprendido entre 1.5 y 5 m y como arbóreo el que supere los 5 m de altura.

En cada parcela se censaron arbustos y árboles (Plantas leñosas) con diámetro mayor a 3 cm a 30 cm del suelo (Marín et al., 2016). Para cada individuo se registró la altura total, altura al fuste, circunferencia del tallo, cobertura de copa (X, Y). En el estrato herbazal el cubrimiento se estimó visualmente calculando el área ocupada por la especie por subparcela (Rangel-Ch y Lozano-C, 1986).

La determinación del material botánico se realizará mediante comparación con exsiccados del Herbario de la Universidad del Cauca (CAUP), y con el empleo de

información bibliográfica de Gentry, (1993) y la utilización de las bases de datos del Missouri Botanical Garden (MO) y de la colección en línea del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (COL). Las muestras fueron depositadas en el Herbario de la Universidad del Cauca (CAUP), y se registró la información taxonomía, localización, colector y fecha de colecta, entre otros¹⁸

3.1.5.3.2 Parámetros estructurales

El perímetro medido a cada individuo (circunferencia) se transformó a diámetro mediante la ecuación $\text{diámetro} = C/\pi$. En el caso de las plantas ramificadas por debajo de 30 cm o con varios vástagos o brotes basales, el diámetro total se calculó según la ecuación $Dt = (4 At/p)^{1/2}$, en donde At es el área total. El área basal (AB) se obtuvo mediante la ecuación $AB = \pi/4(\text{Diámetro})^2$. A cada especie se determinó densidad (D), frecuencia (F) y dominancia (Do) así como el porcentaje relativo de cada parámetro (como el porcentaje con que aporta el parámetro al total del mismo): densidad relativa (Dr), la frecuencia relativa (Fr) y la dominancia relativa (DoR) (Ramirez, 1995). Esta información permite entender la estructura de las áreas estudiadas y su nivel de desarrollo vegetativo.

3.1.5.3.3 Aproximación a la diversidad funcional

En cada parcela, se determinarán las especies que conforman al menos el 80% de área basal o dominancia como proxy de la biomasa (Pakeman y Quested, 2007), Para pajonales se determinó las especies con mayor biomasa como las especies que conforman el 80 % de la cobertura, entendida como la proporción de la superficie muestreada recubierta por la proyección vertical de la vegetación.

A las especies seleccionadas se les determinarán los rasgos funcionales (Tabla 2), siguiendo el protocolo de Pérez-Harguindeguy et al., (2013), los rasgos se midieron en lo posible en plantas ubicadas en ambientes iluminados, en individuos reproductivamente maduros y de aspecto saludable. Se utilizó el mismo individuo para medir varios rasgos, con el fin de mantener la coherencia entre los conjuntos de mediciones.

Para la toma de los rasgos foliares se seleccionarán 5 individuos de cada una las especies dominantes en cada parcela, a cada uno se le tomarán 4 muestras

¹⁸ Al ser un insumo para determinar las condiciones del ecosistema, se podría inferir que tan resiliente es el ecosistema, y también relacionándolo con las estrategias de gestión, también puede obtenerse que tan adaptable es, al ser la resiliencia una propiedad emergente, lo que nos debe el resultado de los análisis nos da cuenta de que tan resiliente es.

ubicadas en ambientes iluminados. Las muestras se almacenaron por máximo durante 48 horas en bolsas selladas y codificadas. Al momento de la medición se rehidrataron. A las muestras se les determinara el peso fresco, peso seco y área de la superficie de la hoja, para determinar los siguientes rasgos funcionales:

Para medir el Área foliar (AF) cada hoja fresca fue escaneada incluyendo el peciolo y raquis utilizando un Scanner Genius color page Hr7. El valor de AF se obtuvo mediante el procesamiento de las imágenes digitales de las hojas con el programa ImageJ en mm^2 (Cornelissen et al., 2003).

Área foliar específica (AFE): definida como la razón entre el AF y el peso seco de la hoja. Las muestras se secan al horno a 65°C durante 48 horas y posteriormente se pesaron en balanza analítica. El valor de AFE por especie se calculó dividiendo el promedio del área foliar en mm^2 de las cinco hojas por individuo entre el promedio del peso seco en mg.

El contenido foliar de materia seca (CFMS) se obtiene de dividir la masa seca de una hoja dividida por el peso fresco (mg/g).

Para medir la densidad del tallo (DT) se seleccionan 5 individuos adultos de cada especie a los que se les toma muestras de tallo de 5 a 8 cm de profundidad con un barreno Haglof de 5,25 mm de diámetro, las muestras se enrollan en servilletas saturadas por agua y se almacenan herméticamente en pequeñas bolsas codificadas y se calcula el volumen con el método dimensional de desplazamiento de agua (Manzo y Hernández 1997). Para los arbustos y pastos se toman muestras de ramas con la tijera podadora.

La determinación de la forma de crecimiento, determinada principalmente por la dirección y la magnitud de crecimiento, y cualquier ramificación del eje principal se realizó a partir de observaciones en campo y a través de bibliografía especializada (Salgado et al., 2015).

Así mismo se registró la cobertura de la copa (C.COPA), Altura de la planta (A. máxima) con la comprobación en campo y los métodos descritos en el análisis estructural (Muestreo de vegetación).

Tabla 2. Rasgos funcionales a determinar para aproximarse a la diversidad funcional en el norte del PNN Puracé

Rasgo	Replicas (individuos/muestras)	Categorías /unidad	Descripción
Forma de crecimiento	5	Árbol Arbusto Bambusoide Macolla Rosetas caulescentes Rosetas terrestres	Determinada principalmente por la dirección y la magnitud de crecimiento, y cualquier ramificación del eje principal
Cobertura de la copa (C.COPA)	25	m ²	La cobertura para los bosques y arbustales se estimó mediante las proyecciones de los ejes (X, Y) sin tener en cuenta los espacios libres por ausencia de follaje y/o ramas. En el estrato herbazal el cubrimiento se estimó visualmente calculando el área ocupada por la especie por subparcela
Altura de la planta (A.MAXIMA)	25	m	Es la distancia más corta entre el límite superior de los principales tejidos fotosintéticos (excluyendo inflorescencias) y el nivel del suelo. Se mide como mínimo en los 5 individuos más grandes de la especie.
Área foliar (AF)	10, 4	mm ²	Área superficial proyectada de un lado de la lámina foliar
Área foliar específica (AFE)	10, 4	cm ² /g	Área de un lado de la hoja fresca dividida por la masa de la hoja seca.
Contenido foliar de materia seca (CFMS)	10, 4	mg g ⁻¹	Masa seca de una hoja dividida por el peso fresco (mg/g).
Densidad de tallo (DT)	10	mg mm ⁻³	Masa secada de una sección del tallo principal de una planta dividido por el volumen de la misma sección en fresco.

Fuente: Adaptado de Pérez-Harguindeguy et al. (2013) y Salgado et al. (2015)

3.1.5.3.4 Tratamiento de datos

La representatividad del muestreo en cada sitio se evaluó mediante la curvas de acumulación de especies utilizando los estimadores no paramétricos Chao 2, Jackknife 1 y Jackknife 2 por medio del programa EstimateS 9 (Colwell, 2013). Para establecer la diversidad en cada cobertura se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Weaver (H'), índice de Simpson (λ) y el índice Alfa de Fisher (α).

A las variables estructurales se les determinaron estadísticos descriptivos y se realizaron comparaciones no paramétricas entre sitios con la prueba Kruskal-Wallis (H), y se aplicó una prueba post-hoc: Prueba de dunnett para identificar diferencias entre grupos, previa determinación de la normalidad mediante la prueba de Shapiro–Wilk (W). Todas las pruebas se realizan con un $p > 0,05$.

3.1.5.3.5 Análisis estadístico

Para el análisis de la diversidad funcional se realizó una matriz de rasgos por especies y otra de especies por parcela con el valor de dominancia. Para determinar la relación entre rasgos cuantitativos se realizaron correlaciones no paramétricas (Correlación de Spearman), previa evaluación de ajuste a la distribución normal mediante la prueba de Kolmogorov Smirnov.

Los rasgos cuantitativos fueron estandarizados (media cero y una desviación estándar) y junto con los rasgos cualitativos se calculó la Media Ponderada de la Comunidad (MPC) con valores originales de los rasgos cuantitativos (Casanoves et al., 2011a; b).

3.1.5.4 Aplicación del índice integrado relativo de antropización (INRA)

Se aplica el INRA (Martínez-Dueñas, 2010; Plaza-Ortega et al., 2017) teniendo en cuenta las coberturas vegetales trabajadas en este proyecto:

Definición de las dimensiones de las unidades análisis (UA)

Integración con las coberturas identificadas por la zona

Asignar un valor entre cero (0) y uno (1), esto con el fin de darle a cada SUA (subunidades de análisis) un valor de antropización parcial.

Asignación del valor a cada SUA de teniendo en cuenta la cobertura y/o uso de suelo que dentro de ella se identifique.

Estimación del grado relativo de antropización por unidad de análisis con base en la siguiente expresión:

$$INRA = \sum SUA / 100$$

3.1.6 Fase III Aplicación de los conceptos en la zona norte del PNN Puracé

3.1.6.1 identificaciones y caracterización de la capacidad adaptativa

Para la evaluación de la capacidad de adaptación se parte del análisis de las jurisdicciones institucionales, junto con los aspectos socioeconómicos y ecosistémicos actuales que pueden actuar como barreras y oportunidades para el

mantenimiento de los servicios ambientales. Las fortalezas institucionales, la gobernanza y capacidades instaladas de la región pueden operar como factores facilitadores de la adaptación que favorecen las condiciones ambientales y por ende los servicios ecosistémicos.

Con ello, se pretende tener una visualización de la capacidad de llevar a cabo los propósitos de una entidad, bien sea a través del cumplimiento de los planes de desarrollo, planes de vida o similares.

Básicamente lo que se realizó en esta parte fue un trabajo mediante algebra de mapas y revisión de la información procesada en el proyecto, cruzando información de servicios ecosistémicos, cobertura y uso, jurisdicciones institucionales y los levantamientos de campo que se realizaron para las percepciones de los servicios ambientales, caracterización de las actividades antrópicas, y levantamientos de vegetación (Figura 6).

Con base en la información recopilada, levantada y procesada e el proyecto se integra para la caracterización de la capacidad de adaptación y se sigue las siguientes etapas para el desarrollo:

- a) Recopilación de información.
- b) Análisis del diagnóstico de las actividades antrópicas de la zona
- c) Evaluación de las estrategias y/o herramientas para gestión ambientales en el PNN Puracé.
- d) Caracterización biofísica los factores claves que determinan la resiliencia socio-ecológica.
- e) Inventario de los servicios ambientales y culturales de la zona.
- f) Integración
- g) Representación Espacial de la Capacidad Adaptativa.

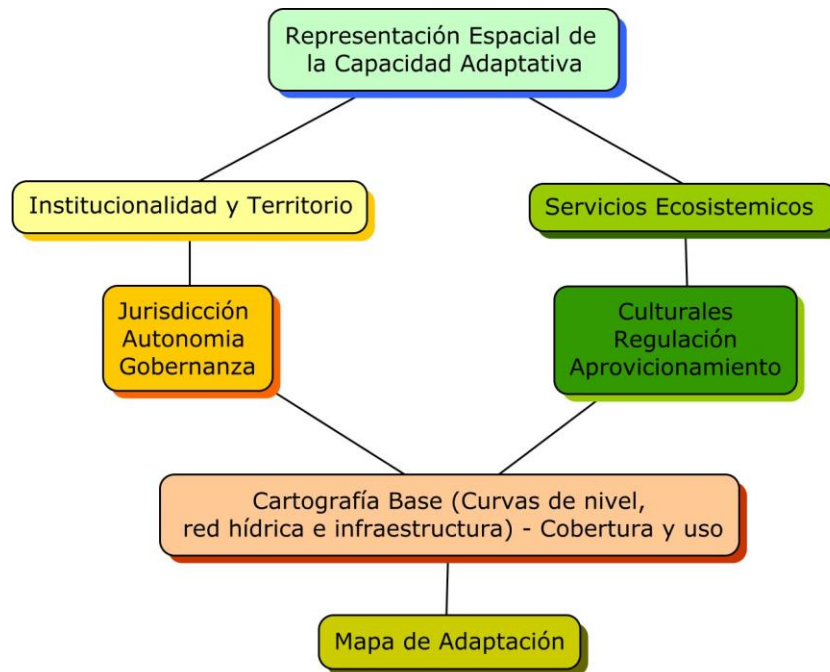


Figura 6. Representación espacial Capacidad adaptativa
Fuente: Elaboración propia

3.1.6.2 Caracterización en términos del ciclo de renovación adaptativa del sistema

Con el fin de identificar los cambios en el comportamiento del sistema socioecológico y examinar su dinámica y resiliencia se toman en cuenta las cuatro fases¹⁹ (Explotación y crecimiento, Conservación y acumulación, Liberación de potencial acumulado y Reorganización estructural).

Este proceso se desarrollará bajo diferentes niveles de escala tratando de establecer una relación de los impulsores de cambio²⁰, con las respuestas adaptativas de orden local.

Esta fase se integran procesos y actividades (Minería, Turismo, Agricultura, ganadería) para entender socioambientalmente y delinear la capacidad adaptativa

¹⁹ El ciclo de renovación adaptativa Holling C. S. (2001). "Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems." *Ecosystems* 4: 4. es un intento de capturar las propiedades no-lineales observadas durante el estudio de sistemas complejos socio-ecológicos.

²⁰ Impulsor de cambio, son fuerzas externas del sistema que procuran la modificación del mismo a fin de transformarlo, tal es el caso de la presión que las actividades antrópicas ejercen sobre el ecosistema, llegando haber perdido su estructura y función y pasar a ser otro sistema (paramo a pastizal)

de los ecosistemas altoandinos de la zona norte del PNN Puracé. Las actividades a realizar aquí son:

Revisión bibliográfica

Selección y Revisión de información histórica que permita identificar la relación entre las comunidades y la naturaleza en el área de estudio.

Conversatorio con comunidad, autoridades y académicos para contrastar y evaluar la información.

Taller con la comunidad

Identificación de los hitos más importantes en la configuración actual del paisaje; que facilite la identificación de ciclos mayores (eventos de trascendencia para el cambio)

Elaboración de la línea de tiempo.

Identificación de fases del ciclo (Holling, 1973; Resilience Alliance, 2013).

Crecimiento o explotación (r) caracterizada por un crecimiento rápido, en los ecosistemas, acumulación de especies y biomasa y en el socio-ecosistema se da un incremento de las interacciones entre los componentes.

Conservación (K), el sistema se complejiza incrementa su conectividad, se produce una acumulación progresiva de materia y energía, el sistema se encuentra fuertemente conectado.

Liberación o colapso (Ω) hay alta conectividad, el potencial de cambio aumenta, por las interacciones con la comunidad se crean el espacio perfecto para la reorganización y la incorporación de nuevos modelos

Reorganización (α) en la que disminuye la conectividad y se potencia aún más el potencial de cambio, se favorecen la innovación y experimentación. Posteriormente el sistema se renueva y reorganiza para iniciar un nuevo ciclo.

Identificación de ciclos anidados (fases del ciclo)

CAPÍTULO 4

4.1 Fase I Caracterización de los factores claves que determinan la resiliencia socioecológica

En esta fase se analizan los procesos tradicionales de gestión y planificación que han tenido un enfoque disciplinar para enfrentar problemáticas ambientales como el cambio climático en la alta montaña andina cuyo propósito se ha centrado en el manejo o mitigación de los impactos ambientales generados por las actividades antrópicas.

En este sentido se hace una caracterización de las actividades antrópicas donde se encuentra que las más influyentes son la agricultura, la ganadería, la minería y el turismo, siendo estas los detonantes de los procesos de deterioro que suceden en estos orobiomas. En el desarrollo del presente se hace una exposición sucinta de lo encontrado en esta caracterización.

Sin embargo, el análisis no debe hacerse aislado sin tener en cuenta el contexto normativo e incidencia de políticas nacionales e internacionales en los procesos de gestión local, pues muchas de las practicas subyacen aquí, para comprender mejor y tener un referente histórico de lo transcurrido, a este respecto se hace una recopilación detallada de los hitos que han sido determinantes en la desarrollo y aplicación de políticas de gestión en el páramo.

En este orden de ideas, hay que tener en cuenta elementos que desde la cosmovisión indígena han primado, como lo es la relación con el paisaje y los procesos ecosistémicos de su territorio, las facultades otorgadas por la ley a los cabildos en temas ambientales han tenido un pulso con las leyes ordinarias para estos fines, no se trata de inculpar a nadie de la deficiente gestión de los ecosistemas si no de hallar puntos de encuentro para un verdadero dialogo de saberes en pro de la conservación. Ampliamente se ha expuesto la urgente necesidad de encontrar caminos novedosos, propios, endógenos que tengan pertinencia y pertenencia para la crisis ambiental; y un adecuado uso y gestión de los servicios ecosistémicos, pues su estado y disposición es el resultado de las políticas de gestión de un territorio.

También se hace una valoración de los servicios ecosistémicos provistos por los ecosistemas de alta montaña con el fin de obtener una visión proporcionada lo cual apoya la conservación de la naturaleza no sólo por los valores intrínsecos sino también porque entiende los ecosistemas como un capital natural con valor

social y no como un precio, este puede ser un punto de encuentro para la gestión de este socio ecosistema, involucrando a la comunidad del sector se realizan unas encuestas estructuradas sobre la percepción de las diferentes categorías de los servicios ecosistémicos como lo son provisión, regulación y culturales, con este trabajo se identifica algunos aspectos sensibles para la comunidad como lo es el agua.

En cuanto a la percepción de los cambios en el paisaje y su transformación a través del tiempo con especial atención en los bosques altoandinos y paramos; la comunidad es consciente de que el paisaje se modifica debido a la expansión de la agricultura y la ganadería extensiva principalmente. Así mismo reconocen la disminución de la mayoría de los servicios ecosistémicos.

4.1.1 Diagnóstico de las actividades antrópicas y relación con las herramientas de gestión o planificación ambiental

Las actividades antrópicas identificadas son:

4.1.1.1 La ganadería

Desde mediados del siglo XIX (1800) se reconoce la presencia de la ganadería en la región de forma incipiente. A partir de la década de 1980 se intensifica la producción ganadera, los cultivos disminuyen debido al fomento por las políticas nacionales, a los incentivos de la industria lechera (Ley 5 por la cual se para capitalizar al sector agropecuario, artículo 120 de la Ley 81 de 1960), (Molina, 2005).

Posteriormente, la producción de leche empieza a decaer debido a: *i)* competencia por otras empresas que monopolizan el mercado, *ii)* las políticas de estado que exigen normas para su producción, *iii)* la disminución de la producción, esta última cauca se le atribuye a la contaminación originada por la mina y al incremento en el uso de agroquímicos. En 1986 la ganadería ocupaba el 40 % de la superficie del municipio de Puracé, la agricultura el 5% y los bosques y áreas naturales el 55% (Molina, 2005).

Actualmente la ganadería es la principal fuente de ingresos, a pesar de la baja capacidad de carga rendimientos, cerca del 80% del territorio está dedicado a potreros. La ganadería es de doble propósito y se practica de forma extensiva sin ningún tipo de tecnificación. Las parcelas del resguardo tienen un tamaño promedio de 5 ha, cada familia tiene alrededor de 3 a 5 reses (Figura 7). El

ingreso derivado de la leche permite adquirir alimentos que no se producen en la región y culturalmente no se consumían anteriormente (Molina, 2005).

Las prácticas productivas siguen siendo tradicionales, se utiliza la roza, tala, la quema, además de áreas de barbecho y rotación de cultivos por un periodo entre tres y cinco años (Joaqui, 2005; Alcaldía Municipal Puracé, 2012). Además, se evidencian prácticas de pastoreo en la zona de páramo generando un conflicto de uso inadecuado del suelo.

El siguiente grafico muestra la línea de tiempo para la actividad ganadera, desde 1800, según la revisión se reconoce la presencia de ganado en la región de manera incipiente, de ahí en adelante hasta finales de 1900 se percibe un aumento significativo de esta actividad, muchos programas del gobierno incentivan la producción pecuaria con subsidios, leyes de capitalización, asistencia técnica, creando fondos anidados al Banco de la República, esto propicia que en la región predomine la ganadería extensiva, y se tenga en promedio por familia de 3 a 5 reses

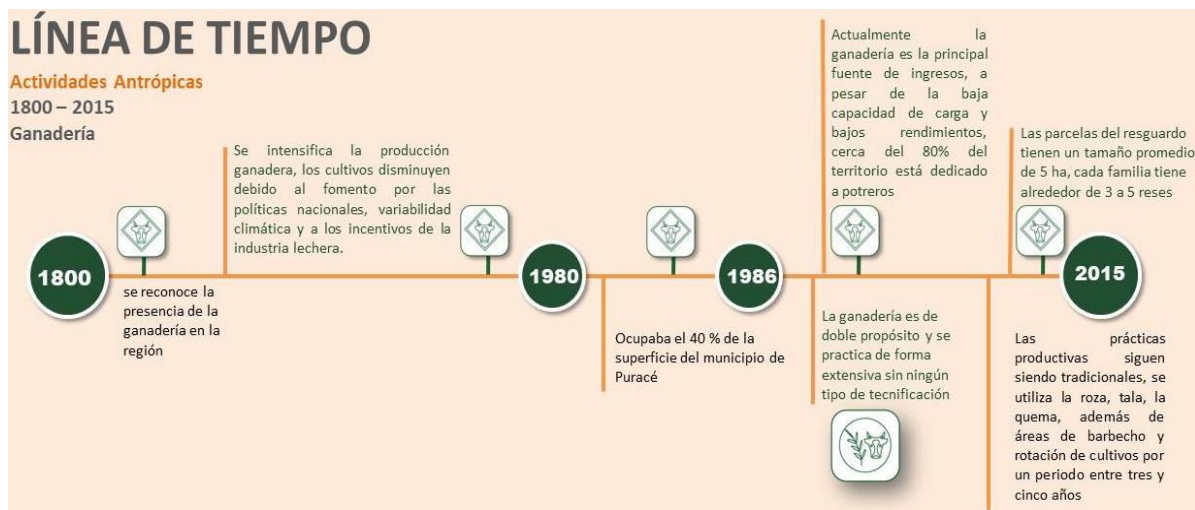


Figura 7. Línea de tiempo para ganadería

Fuente: Elaboración propia

El impacto de la ganadería sobre los ecosistemas de alta montaña es variado (Figura 8); para los bosques altoandinos conlleva la deforestación por la creación de potreros, generando procesos de transformación y fragmentación de las áreas con cobertura forestal alterando los flujos de materia y energía generando la pérdida de individuos o poblaciones, por la reducción de hábitats, favoreciendo el efecto borde, la compactación del suelo, la pérdida de materia orgánica, erosión, perdida de la capacidad de infiltración y degradación de estos ecosistemas

(Figuroa. & Valencia, 2009; Turner, 2005; Velasco-Linares & Vargas- Rios, 2008). La ganadería extensiva involucra quemas periódicas que afectan plantas, animales y suelos en el páramo (Vargas, 2013), Con el pisoteo se compacta el suelo disminuyendo el espacio para el almacenamiento de agua, se pierde la capacidad de infiltración y se generan procesos erosivos (Hofstede, 2001; Molinillo & Monasterio, 2002; Otero et al., 2011), entre otros efectos que se encuentran ampliamente descritos en la literatura (Hofstede, 2001; Vargas et al., 2002; Premauer y Vargas, 2004; Cleef, 2013; Vargas, 2013).

La ganadería no es aconsejable en el páramo, a largo plazo cambiaría radicalmente la vegetación existente y sea colonizada de especies invasoras (Cleef, 2008). No es una actividad económicamente rentable debido a que la vegetación nativa del páramo no es apta para los rumiantes por su bajo contenido de proteínas (Molinillo y Monasterio, 2002), y debido a la alta humedad y las bajas temperaturas el ganado debe consumir gran cantidad de forraje (*Calamagrostis* spp) en relación a su metabolismo, lo que implica grandes recorridos para obtener el alimento (Achu Nina, 2003; Contreras et al., 2013), con la intensificación de la ganadería aparecen especies oportunistas en estos ecosistemas, como el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), pasto azul (*Dactylis glomerata*), falsa poa (*Holcus lanatus*), formando un estrato rasante con hierbas resistentes al pisoteo (Cleef, 2013) y alterando las relaciones de competencia y oportunidad con la vegetación natural.

En la siguiente imagen (Figura 8) se trata de ejemplificar sobre una panorámica de la zona el proceso de cómo esta actividad impacta y transforma el territorio; para esto se realiza una identificación de impactos basados en los referentes bibliográficos para hacer una representación esquemática sobre la fotografía, en la parte inferior de la imagen se pone una base que representa la institucionalidad que desde hace tiempo (1900) apoya el sector ganadero en el país.

El gobierno nacional y departamental facilitan las condiciones económicas, de incentivos tributarios y de asistencia técnica para esta actividad, hasta 1950 la Caja Agraria otorgaba préstamos para la ganadería en Colombia, hacia 1956 el gobierno se consolida el Banco Ganadero; con la Ley 26 de 1959 se recapitaliza del Banco Ganadero y se constituyen los Fondos Ganaderos. Sobre los impactos; la ganadería trae consigo la introducción de pastos de forraje, las quemas para favorecer los rebrotes del pasto, uso de insumos químicos, tala de bosques, fragmentación de ecosistemas, la pérdida de hábitats; se compacta el suelo, se presentan procesos erosivos; sobre impacta el recurso hídrico (deseccación de pantanos) entre otros impactos adversos de esta actividad. Las flechas indican la relación que tiene esta actividad con los impactos descritos.

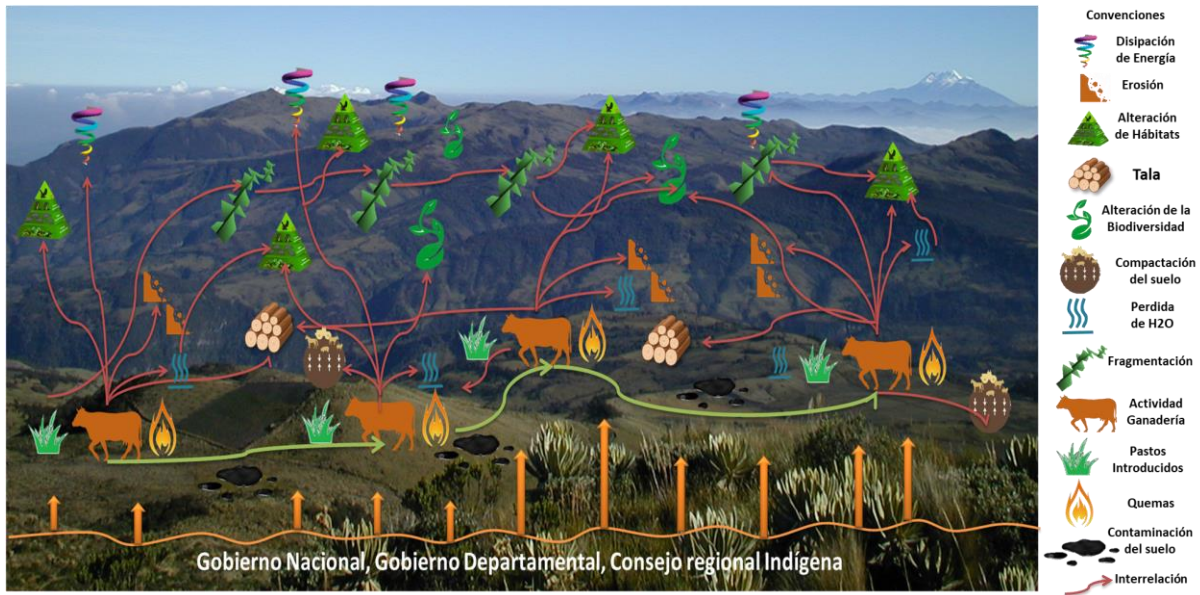


Figura 8. Diagrama de Intervención por Ganadería Paramo

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.2. La agricultura

La agricultura es una actividad tradicional de los Coconucos de Puracé, que se remontan al siglo XVIII y XIX, la mayoría de los indígenas tienen una pequeña área de sus terrenos para cultivos. En la actualidad los principales cultivos son productos comerciales como la papa (*Solanum tuberosum*), ulluco (*Ullucus tuberosus*) y cebolla (*Allium sp.*), asociados a otros cultivos en menor proporción como habas (*Vicia faba*), arveja (*Pisum sativum*), y plantas medicinales.

Desde mediados del siglo pasado se reporta el cultivo de papa con intensidad; en la región existían aproximadamente 70 variedades de papa y generalmente se cultivaron con diferentes especies. Posteriormente con la revolución verde, a finales de 1960 (Figura 9), se inicia la utilización de agroquímicos y semillas mejoradas que producían cultivos en menor intervalos de tiempo, llevando a cultivar prácticamente solo una variedad de papa (parda roja) debido a la demanda en el mercado (Ospina, 2013). Para 1986 el cultivo de papa cubría el 33,29 % (450 ha) de las 1352 ha disponibles para esta actividad en el municipio de Puracé (Castillo, 1986).

El monocultivo de papa empezó hace aproximadamente quince años, de forma más intensa con el arrendamiento de tierras a personas ajenas al resguardo para su establecimiento llegando hasta los 3.300 msnm y afectando el páramo (Conversaciones con comuneros, 2011 en Galeano, (2011). Este tipo de

agricultura implica la utilización del paquetes tecnológicos que hacen uso de: fertilizantes, plaguicidas, fungicidas y maquinaria, lo que está cambiando afectando el suelo y los cuerpos de agua (Figura 9).

En cuanto al ulluco (*Ullucus tuberosus*), la cebolla (*Allium fistulosum*), arveja (*Pisum sativum*), ajo (*Allium sativum*), frijol (*Phaseolus* sp) y haba (*Vicia faba*) se continúan cultivando, pero en menor proporción. Otros cultivos actualmente empiezan a tener importancia comercial como el trigo (*Triticum* sp), quinoa (*Chenopodium quinoa*), cebada (*Hordeum vulgare*) condición interesante puesto que se dejaron de cultivar en la zona a mediados del siglo pasado. Finalmente es necesario puntualizar que cultivos, como remolacha (*Beta vulgaris*), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), majúa (*Tropaeolum tuberosum*) y la oca (*Oxalis tuberosa*) prácticamente desaparecieron en la zona.

En la siguiente grafica (Figura 9) se puede apreciar de manera sintética el proceso de la agricultura en una línea de tiempo que inicia en 1950 según los archivos investigados, para esta época en la comunidad Coconuco las prácticas de agricultura eran tradicionales y se tenían 70 variedades de papa las cuales se integraban con cultivos de diferentes especies, así se mantuvo hasta 1960 cuando se introducen semillas mejoradas más resistentes y precursores químicos, propiciando el cultivo de una sola variedad de papa, para 1986 este monocultivo ocupaba el 33 % de las tierras destinadas para la agricultura, posteriormente entran a la zona actores externos cuyo propósito fue establecer cultivos de papa en forma intensiva por lo cual hubo una demanda de tierra se procedió a figuras de arrendamiento que propicio el cabildo para cultivar papa en cotas superiores a los 2800 msnm, afectando adversamente el páramo y sus servicios ambientales.

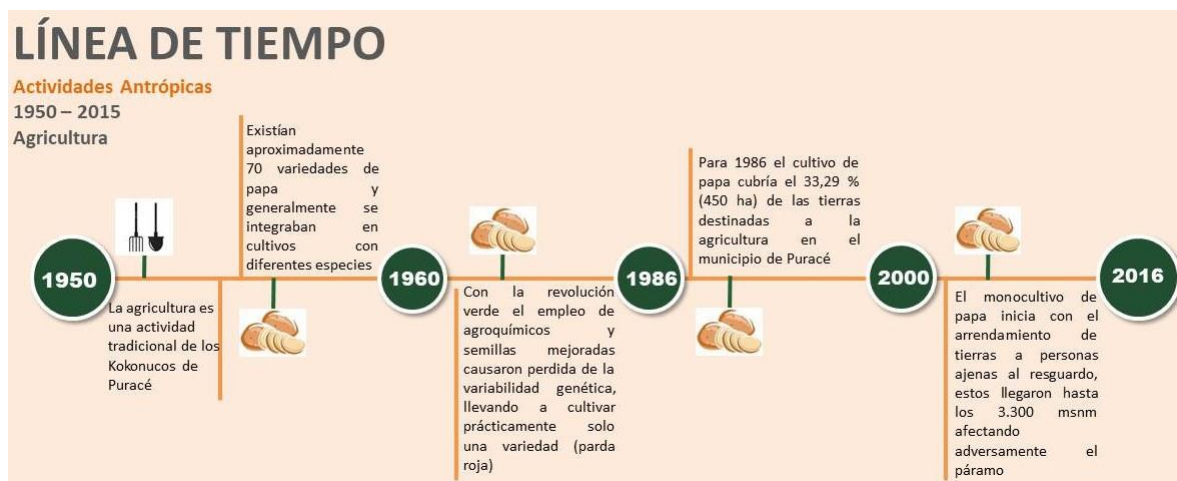


Figura 9. Línea de tiempo para agricultura
 Fuente: Elaboración propia

Es así como la agricultura en la forma como se desarrolla en la región a pesar de proveer beneficios socioeconómicos a corto y mediano plazo, ha generado la ampliación de la frontera agrícola hacia las cotas altas antropizando los bosques y áreas naturales de la región (Figura 10), la agricultura a pequeña escala, remueve los frailejones y pequeños arbustos para preparar la tierra; los grandes cultivadores han introducido maquinaria pesada dejando extensas zonas expuestas a la erosión de los suelos, contaminación y pérdida de la diversidad por el empleo de agroquímicos (Rangel-Ch y Garzon-C, 1995; Otero et al., 2011; Ruiz et al., 2015). Así mismo, la combinación de agricultura, ganadería y las practicas asociadas como la quema, y la tala conlleva la destrucción de nichos y hábitats de especies, llevando a extinciones locales (Hofstede, 2001; Hofstede et al., 2003).

Para tener una idea grafica de como interviene la agricultura en la zona de estudio se ponen sobre una foto (

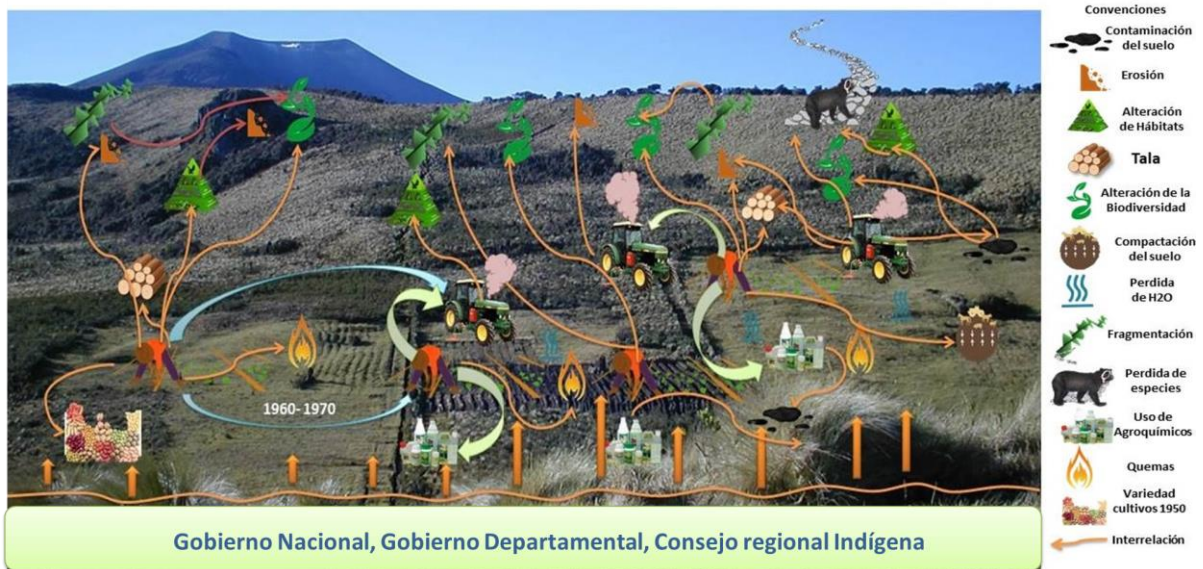


Figura 10) del sector algunos aspectos en términos de impacto que han sido más relevantes para la transformación de estos orobiomas; como primera medida, hay que decir que el gobierno nacional ha generado las condiciones económicas para que esta actividad se dé, como se muestra en la figura, para la zona hasta antes de 1960, la vocación agrícola era para el sostenimiento y el comercio local, los impactos sobre el sistema eran mínimos y se conservaba una equilibrio en el socioecosistema, para 1960 se inicia con un proceso de revolución tecnológica para los actividades agrícolas, el empleo de precursores químicos con el propósito de tener mejores rendimientos y menores afectaciones en los cultivos, esto trae consigo consecuencias en la diversidad de cultivos que antes se tenía, se inician los monocultivos y posteriormente el empleo de maquinaria, las consecuencias de

esta nueva forma de producción se manifiestan en la contaminación de suelos, ríos, lagunas y pantanos, compactación de los suelos, quemaduras, al quedar el suelo desnudo se produce erosión, la intervención trae consigo, fragmentación de los bosques, pérdida de biodiversidad, desplazamiento de especies entre otros.

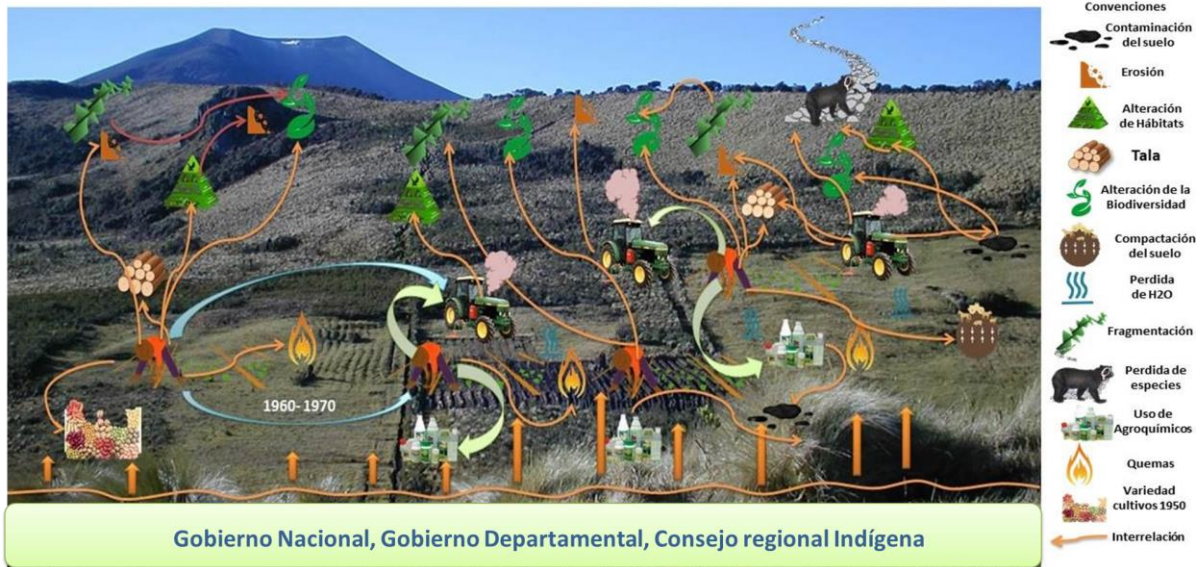


Figura 10 Diagrama de intervención Agricultura Paramo

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.3. La minería

Actualmente la explotación minera la realiza EMICAUCA S.A. su área es de 600 hectáreas, de las cuales 187 hectáreas están en prospección a 40 años y 184 hectáreas están sin prospectar. Las 229 hectáreas restantes se encuentran en el área de traslape con el PNN Puracé (Galeano, 2011). La mina es la fuente de empleo de 240 personas y cuenta con Plan de manejo Ambiental y el Plan de Trabajo aprobados por la CRC.

La explotación minera se reporta desde 1900 (Figura 11) durante medio siglo esta actividad se complementaba con la caza y la extracción de material del bosque, básicamente para el consumo local. Entre 1970 y 1990 la actividad minera se encontraba en su apogeo desplazando las actividades agrícolas a un segundo plano, (Ospina, 2013). La explotación de la mina de azufre, acarreo problemas ambientales propiciados por: la construcción de vías de acceso sin criterio técnico, la expulsión sin control a la atmósfera de gases, residuos sólidos y vertimientos líquidos residuales del proceso de explotación que están generando contaminación de los cuerpos de agua (Rangel-Ch y Garzon-C, 1995). Esta actividad demandó de los ecosistemas circundantes la utilización de madera,

favoreciendo una presión sobre los bosques de alta montaña Andina; lo que generó fuertes transformaciones en el paisaje, tal situación se potencio por la compra de esta madera para el proceso de explotación minera, siendo otra fuente de recursos económicos para el sustento de la población.



Figura 11. Línea de tiempo para minería

Fuente: Elaboración propia

Entre los impactos negativos que genera la actividad (Figura 12), se destacan la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, la contaminación atmosférica, alteración del paisaje, alteración en la estructura y composición del paisaje; sobre el suelo compactación, alteraciones en la capacidad de almacenamiento y regulación hídrica. Sobre la biodiversidad: se podrían clasificar en 3 categorías de impacto: *i*) sobre el ecosistema (afectación de interacciones ecológicas), *ii*) sobre las especies (degradación de hábitats, disminución de poblaciones, extinción local) *iii*) sobre la diversidad genética (Guerrero 2009)

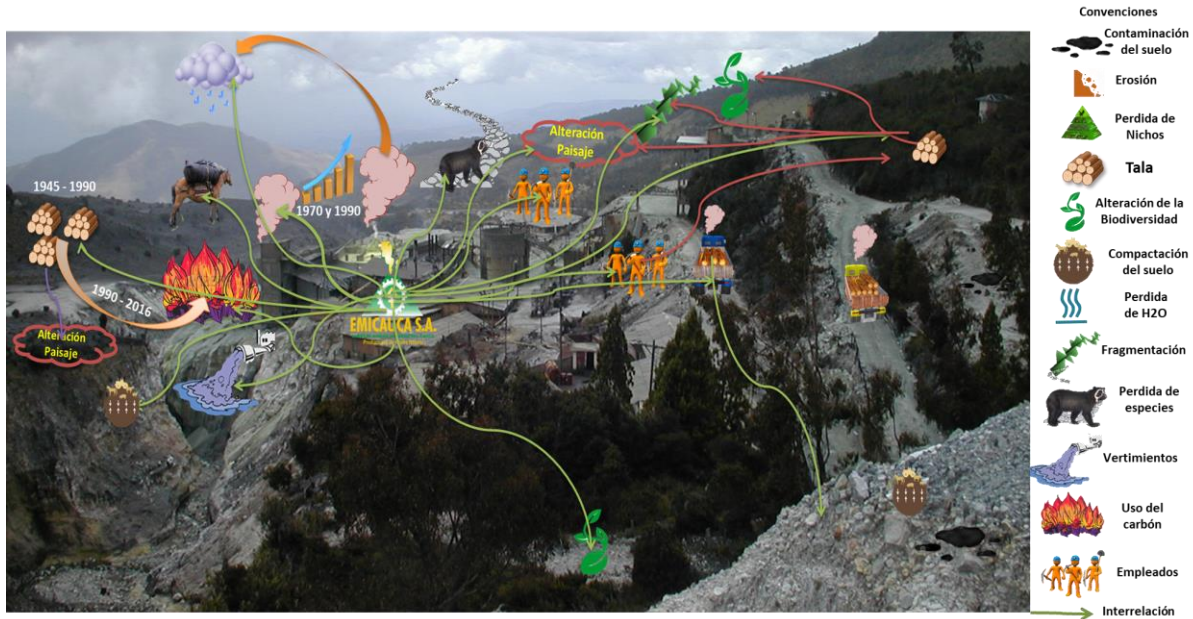


Figura 12. Diagrama de intervención Minería Paramo

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.4. Turismo

A comienzos de la década de los setenta la administración del PNN Puracé identificó el potencial termalístico del sector Pilimbalá y procedió a adquirir los terrenos que contenían una importante fuente de agua termal, para incorporarlos al área protegida. Se construyeron piscinas, cabañas, senderos, áreas de camping y picnic y se posicionó como un importante destino turístico del país durante 10 años aproximadamente, después la comunidad indígena reclama derechos sobre los termales y se genera un conflicto con la administración del parque, ya en ese momento se empieza a evidenciarse un paulatino enfriamiento de las aguas termales posiblemente por los terremotos de Popayán en 1983 y el Páez en 1994, lo cual afectó la afluencia de turistas a la región.

Mas el valor paisajístico sigue siendo una característica en riqueza y potencial turístico ecológico importante, determinado principalmente por sitios como las termales de San Juan, la cascada Bedón, cascada de San Nicolás, la Laguna de San Rafael o Andulbio, la pierda del cóndor, las cabañas de Pilimbalá y el volcán Puracé. Lugares que son puntos de conflicto para los procesos de gestión ambiental entre PNN y el Cabildo (UASPNN, 2004a; Alcaldía Municipal Puracé, 2012).

En la actualidad el Cabildo maneja el turismo, las temporadas de semana santa, vacaciones y fin de año son donde se tiene un mayor número de turistas, y al

momento hay un problema de gestión ambiental por capacidad de carga del ecosistema la cual ha sido sobrepasada por la masificación de visitantes en los recorridos sin una infraestructura adecuada y, una política clara del turismo en la región.

Las potencialidades turísticas de la región son innegables, en la (Figura 13) se muestran una línea de tiempo que inicia en 1970, para ese entonces el PNNP identifica los atractivos turísticos en términos de las aguas termales, para esto procede a adquirir terrenos a ser destinados para este propósito, hacia 1980 se construyen infraestructura. En 1983 la comunidad de los Coconucos inicia un proceso de reclamo de derechos sobre los termales, de Pilimbalá, esto conlleva a un conflicto con el PNNP, el cual continua hasta que se otorga por el gobierno Nacional la sesión de esta zona al cabildo todos los gráficos se elaboraron con los habitantes del sector donde representaron las intervenciones.

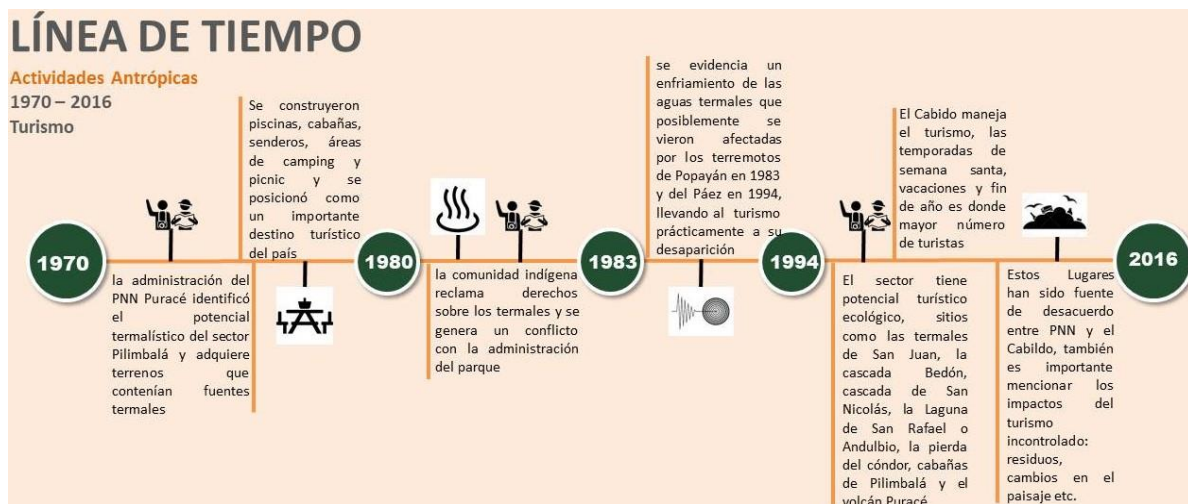


Figura 13. Línea de tiempo para Turismo
 Fuente: Elaboración propia

La forma como se desarrolla en la actualidad la actividad turística está generando una presión antrópica importante que conlleva afectaciones en la vegetación generación de residuos, y proliferación de caminos y favoreciendo el acceso a vehículos a áreas naturales no intervenidas en sectores lagunares y de paramo que están alterando el paisaje y afectando los ecosistemas de forma irreversible (Figura 14).

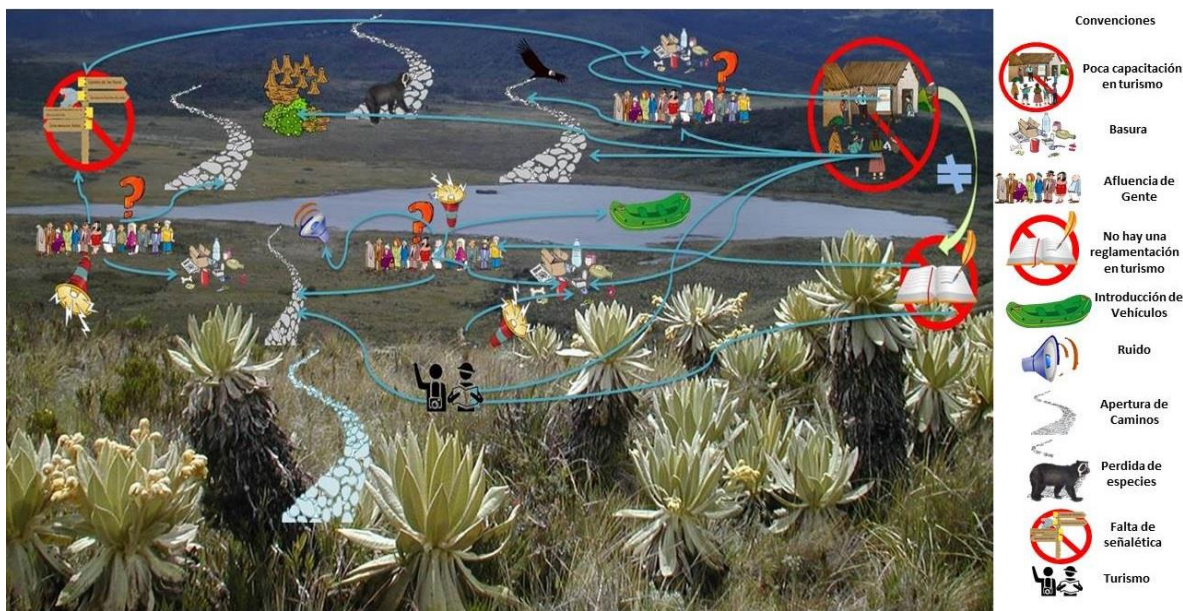


Figura 14. Diagrama de intervención Turismo Paramo

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.5. Actividades menores: cacería, pesca actividades extractivas y recolección

Son actividades complementarias que las comunidades rurales de la zona ejercen para coadyuvar a la economía familiar como recolección de leña y especies de plantas medicinales que son importantes cultural y socialmente y se encuentran dentro de los elementos de la sustentabilidad en sus planes de vida, la cacería no se practica en la región desde el siglo pasado, fue una actividad que contribuyo al descenso de las poblaciones de fauna silvestre; se utiliza la laguna de San Rafael para la pesca de trucha arcoíris lo que genera la apertura de caminos dentro del páramo y la vegetación natural. La recolección de leña genera aclareo de remanentes de bosques y la modificación selectiva de poblaciones de acuerdo a las preferencias de la comunidad. Es difícil que el bosque desaparezca por el solo aprovechamiento de la leña. Al momento el consumo de leña en la región se encuentra en un promedio de 0.5 a 1m³ cada dos meses por familia representada en promedio por cinco personas, para un total de 70 núcleos familiares que tienen un consumo de 35m³ de madera al año tomando un promedio de 0,5m³ por núcleo familiar, valor un poco superior a lo que se considera uso de madera para manutención.

4.1.2 Estrategias y/o herramientas para gestión ambientales en el PNN Puracé

4.1.2.1 Marco normativo e incidencia de políticas nacionales e internacionales en los procesos de gestión local

El inicio de los procesos de gestión ambiental en el sector se encuentra marcado por la declaración de la Gobernación del Cauca en 1961 del actual PNN Puracé como área protegida regional, mediante el decreto 199 de 1961 (Castillo, 1986; UASPNN, 2004a), aplicando la convención de Washington de 1940, y con fines exclusivamente de protección y conservación (UASPNN, 2004a). Posteriormente, influenciados por dinámicas internacionales; como El Club de Roma y la Convención de Estocolmo en 1972 el Congreso Colombiano expidió la ley 23 de 1973, en la cual el medio ambiente debe ser concebido como patrimonio común de los colombianos y autorizó la expedición de un código de recursos naturales. Dicho código fue concretado en el decreto ley 2811 de 1974, cuyo fin es organizar la legislación dispersa existente y designar el manejo de la gestión ambiental. En este contexto, se crea el INDERENA la primera entidad ambiental en Colombia mediante el decreto 2420 de 1968. Fue un instrumento de política para comenzar a construir consciencia ambiental (Galeano, 2012). En 1975 la Junta directiva de INDERENA declara en la categoría de Parque Nacional a Puracé.

Posteriormente mediante la ley 99 de 1993 se finaliza con el INDERENA y se crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA), se establecen las disposiciones generales en materia de conservación y se regulan cada una de las funciones de los entes involucrados en cabeza del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, las Corporaciones Autónomas Regionales, Parques Nacionales Naturales, Territorios indígenas, Departamentos, Grandes Centros Urbanos y Municipios. Es el primer referente en materia legal para la conservación del ecosistema de páramo como patrimonio natural del país. (Galeano, 2012). A partir de la Ley 99 de 1993 nacen las corporaciones autónomas y se les asigna la función de coordinar con las autoridades locales y tradicionales programas de desarrollo sostenible. Con el decreto 2915 de 1994 se organiza la Unidad Administrativa del Sistema de Parques Nacionales Naturales y se establecen las funciones de cada dependencia dándosele mayor preponderancia al tema de la conservación in situ (UASPNN, 2004a).

Con la expedición de la ley 152 de 1994 se establecen los planes de desarrollo, como un instrumento de gestión pública empleado para propulsar el desarrollo social de un determinado territorio, que puede ser el Estado en su conjunto o bien

una subdivisión del mismo (una región rural, un barrio...) de acuerdo con sus usos y costumbres de forma que se logre la coordinación y concertación de la planeación con las demás autoridades. Esta condición requirió cuando se expidió la Ley 21 de 1991, donde se afirma los derechos y deberes de los pueblos indígenas sobre los recursos naturales existentes en sus territorios, la necesidad de un nivel o categoría de acuerdo y coordinación cuando se presentaran áreas con conflictos de jurisdicción razón por la cual se emite el Decreto 622 de 1997 el cual establece que se debe crear un Régimen Especial de Manejo para estas áreas, situación que es específica para las condiciones existentes entre la jurisdicción de Parques y la de comunidades Indígenas, lo que ha generado un fuerte conflicto social, político y ambiental en el área de solapamiento en el PNNP. Teniendo en cuenta estos precedentes en 1998 en el VI Congreso del CRIC se adoptaron acciones y lineamientos de política en sus planes de vida para la protección de los recursos naturales, los cuales han sido seguidos por los Coconucos del RI de Puracé, y que han sido influenciados por la dinámica ambiental Nacional e Internacional hasta el presente.

Con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), realizada en Río de Janeiro en 1992 (Ministerio de Ambiente, 2002) y con la Ley del Plan Nacional de Desarrollo (1450 de 2011) estipula que en los ecosistemas de páramos no se podrán adelantar actividades antrópicas que coincide con lo dispuesto por el CRIC en 1998; en Colombia el Ministerio de Ambiente ha emitido las siguientes resoluciones relativas referentes a los páramos: 769 de 2002: disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de páramos. 0839 de 2003: términos elaboración EEAP y PMA de paramos páramos. 1128 de 2006: faculta a las autoridades ambientales para aprobación de los estudios de estado actual de páramos (EEAP) y Planes de Manejo Ambiental (PMA) de páramos. 0937 de 2011: mediante la cual se adopta la cartografía elaborada a escala 1:250.000, para la identificación y delimitación de los páramos. Desafortunadamente, estas resoluciones se quedan en simples documentos de que promueven normas para ser aplicadas en estos ecosistemas, pero debido a la falta de coordinación, articulación y comprensión de las complejidades locales, al entendimiento de las cosmovisiones de los pueblos indígenas y a una alteridad (descubrimiento de la concepción del mundo y de los intereses de un "otro"), esto ha conllevado a generar una desidia socioinstitucional.

En este marco se hace el análisis del desarrollo institucional local y su aplicación en el área del PNNP con énfasis en el accionar comunitario como referente de los procesos de articulación y conflicto que se viven como un factor clave para la

determinación de la resiliencia socioecológica, razón por la cual se analiza la cosmovisión y comportamiento ambiental de la comunidad de los Coconucos.

4.1.2.2 La cosmovisión y políticas ambientales de los Coconucos y su relación con la naturaleza

La denominación Coconuco fue dada por los europeos a este grupo que habitaba la zona alta de la cordillera Central Andina. Su población se estima en 6.767 personas localizadas en la margen derecha de la cuenca del río Cauca y distribuidas en los resguardos de Coconuco, Puracé y Paletará.

Su proceso de organización como grupo étnico ha estado estrechamente ligado a los conflictos por la tenencia y recuperación de la tierra, así como por los recursos naturales de la región. En la zona, ocupada desde comienzos de siglo pasado por terratenientes, se adoptó la producción tecnificada de papa y ganado, forma de producción a la que fueron integrados los indígenas y campesinos como fuerza de trabajo en las haciendas.

La historia de los Coconucos habitantes del resguardo del RI de Puracé plantea la existencia de normativas creadas y afincadas fuera de su contexto o plan de vida, como es la existencia de un PNN, lo que de por sí ya genera conflictos por concepciones, jurisdicción y traslapes de autoridad indígena, regional y nacional, el traslape tiene implicaciones exclusivas entre el sistema de parques nacionales naturales y las comunidades indignas, pero la realidad es que los las zonas de cabildo no han sido parte del PNN, y de acuerdo al reconocimiento de la OIT y la constitución de Colombia del 91, toda acción represiva y limitatoria es inocua en términos del ordenamiento jurídico (Centro de Cooperación Indígena CECOIN, 2008).

Aparte de lo expuesto su cosmovisión ha desarrollado en estrecha relación con los elementos del paisaje y los procesos ecosistémico de su territorio su “imago mundi” es un conjunto estructurado de sistemas ideológicos para interpretar la naturaleza de todo lo que existe (Cerón, 1996; Faust, 2004; Galeano, 2012). La estructura social de esta comunidad está constituida por familias nucleares que al mismo tiempo conforman unidades económicas. Las relaciones matrimoniales son endogámicas en los ámbitos comunitario y étnico, y exogámicas en las veredas. Las parejas por lo general se organizan libremente; son pocos los casos donde hay imposición por parte de los padres. Las relaciones también se desarrollan de forma espontáneas, incluso las relaciones sexuales se dan después de la pubertad sin que ello implique algún tipo de compromiso formal.

Los matrimonios por conveniencia se estudian en familia, y no sólo se explora la capacidad económica de los pretendientes, también la reputación y prestigio de la nueva familia política dentro de la comunidad. Una tradición que aún se mantiene es el "amaño", que permite que se conozca la calidad de cada uno de los pretendientes, aunque en los últimos años ha venido perdiendo fuerza por la influencia de la religión.

Su cosmovisión no es homogénea debido a los procesos históricos de la comunidad, han integrado y transformado elementos de la tradición judeo-cristiana y amerindia, lo que se expresa principalmente en su conocimiento y manejo de la medicina tradicional.

La cosmogonía Coconuco se estructura en un sistema dual: que son la naturaleza y los comportamientos como persona; lo masculino y lo femenino, el contraste de lo caliente y lo frío, el sol y la luna; lo incontrollable que se matiza con los refrescamientos que son el símbolo del amansamiento de la naturaleza como medio de control de lo indómito y lo domesticado y así transcurre la vida evitando los extremos entre estos (Faust, 2004, 2010). Es un universo habitado por seres sobrenaturales a quienes se les teme y debe aprender a manejar, pues los elementos de la naturaleza eran antiguamente parecidos a las personas, pero, con el pasar del tiempo, fueron perdiendo ese carácter hasta convertirse en lo que son hoy. Desde esa perspectiva, las plantas, los árboles, los accidentes geográficos, la misma "madre tierra" guardan espíritus que pueden ser benéficos o no.

Ure es uno de los principales espíritus malignos. Habita debajo de la tierra y, en ocasiones, toma la forma de un cerdo. También está Nuguwaymasig, quien tiene como morada el volcán Puracé y puede tomar varias apariencias. Hay otros espíritus – Yash, Kway – Mantsik, Kalyim – que sin ser malignos son temidos porque tienen la capacidad de arrebatar el alma a las personas, producir enfermedades y la muerte (Cerón, 1996).

Las intervenciones foráneas en el territorio han traído consigo prácticas que no coinciden con la cosmovisión de armonía con el ambiente y respeto por la madre tierra, ahora en el territorio se nota una alteración en la disponibilidad de bienes y servicios ambientales debido a prácticas que no están acordes con la conservación del entorno natural como lo evidencian las alteraciones en el territorio producto del modelo económico de explotación del territorio, reconociendo que la cultura que "*interviene*" no ejerce un dominio total sobre la otra, como tampoco la cultura intervenida altera sus patrones culturales pues siempre ejercerá resistencia (Mujica, 2002). Aunque se aceptan las problemáticas ambientales y la comunidad tiene voluntad de buscar soluciones, para el cabildo

no se tiene la integración de valores interés y capacidades en el contexto de la oferta y demanda ambiental para ejercer acciones concretas que ayuden a controlar la degradación de los ecosistemas; tan solo se limitan a formular recomendaciones al respecto en el marco de las asambleas comunitarias (Galeano, 2011). Es claro que ante la necesidad de manutención esta prima sobre otros criterios asociados a su forma y acción sobre la naturaleza y así se desarrollan actividades de producción (agricultura, ganadería) que bien son hoy las responsables del nivel de transformación y degradación de diferentes áreas del sector.

La política ambiental del resguardo empieza con las directivas del CRIC. Quien propone y estructura el programa de Producción y Educación Ambiental que busca capacitar a la comunidad para conservar los recursos naturales materializado en el Plan de Vida de los Coconucos, en el que se reconocen las principales actividades económicas cuyos resultados no compensan los costos ambientales y socioculturales, generando una carga ambiental sobre el recurso, agua, vegetación y suelo, por aportes de productos químicos para la agricultura, compactación por ganadería, erosión de áreas de producción agrícola (papa). Así se configura la ampliación de la frontera agrícola en áreas de amortiguación del Parque Nacional de Puracé, por las practicas socioculturales como la quema y roza entre otras.

Se incluye en el Anexo 4. Programas ambientales incluidos en el Plan de vida, la política ambiental desarrollada por el RI.

Con todo lo expuesto se puede decir que la relación pueblo Coconuco y políticas ambientales ha estado marcada por una serie de acontecimientos en términos de tenencia de la tierra y conflictos por uso de los recursos naturales, sumado a la creación de una figura de conservación como lo es el PNNP que de por si trae consigo diferencias conceptuales de cosmovisión y conservación de la naturaleza, y traslapes de autoridad, estas acciones son consideradas represivas, lo que conlleva a una confrontación de autoridades, en el sector. Esta situación ha marcado grandes brechas entre el sistema de parques y las comunidades indígenas, llegando a una división territorial marcada por los límites del Cabildo como se ve en los mapas de traslape institucional (Figura 15)

4.1.2.3 Esquema de Ordenamiento Territorial

Del Esquema de Ordenamiento Territorial (Anexo 5), se realiza un análisis de la situación actual del sistema además de la descripción de asuntos relacionados con la planeación y ordenamiento territorial, marco jurídico, objetivos, estrategias,

políticas y ventajas comparativas, marco metodológico, las líneas de acción procedentes del diagnóstico y los proyectos propuestos. Entre las líneas de acción del EOT se encuentran: recursos hídricos y bosque y vegetación del páramo. En el marco del EOT se proponen las siguientes alternativas: favorecer procesos de regeneración espontánea, reforestar con especies nativas, establecer bosques plantados y dendroenergéticos, concertar con las comunidades la delimitación de la franja de amortiguación del PNN de Puracé así como delimitar y declarar áreas de protección.

4.1.2.4. Plan de desarrollo Municipal

En el Plan de Desarrollo Municipal de Puracé, (Anexo 6), en el sector ambiental tiene cuatro grandes estrategias: denominada “1) *Sensibilizar a la población*, 2) *diseño y desarrollo de un plan ambiental tomando un modelo adecuado de desarrollo sostenible*, 3) *fortalecimiento de la cultura ambiental propiciando tecnologías de conservación y protección de los ecosistemas* e 4) *Impulso de campañas de educación ambiental*” las cuales se enmarca en el componente Sector Medio Ambiente, en una política orientada a promover un ambiente sano, buscando la sensibilización de la población, recuperar y proteger los bosques. Se tiene como meta conservar y reforestar 10 ha de bosques. Como muchos de los documentos de direccionamiento estratégico del departamento se queda corto en muchas acciones que debería emprende en términos de medio ambiente, por ejemplo en aras de procurar un compromiso y corresponsabilidad con la comunidad, no hay un línea estratégica o programa orientado al trabajo con la comandad de recuperación de los espacios perdidos, de las tradiciones comunitarias, la cosmovisión los usos y costumbres no se ven reflejados, el ejercicio se limita a dejar propuesta para la compra de una áreas de conservación, no hay criterios ni visiones de restauración ecológica para el páramo ni la articulación de lo social con lo natural, haciendo más evidente la desconexión y aislamiento de la cosmovisión de la comunidad de los Coconucos y los procesos de ordenamiento territorial en la perspectiva de lo normativo y conceptual.

4.1.2.5 Plan de manejo PNN Puracé

El plan de Manejo ambiental del PNN Puracé, aborda los siguientes ejes temáticos: biodiversidad, servicios ambientales, áreas de importancia cultural. En su tercer componente se analizó las políticas, estrategias de manejo e instrumentos de manejo y se establece el Plan estratégico de acción, el marco institucional, político y la visión a futuro del PNN Puracé, En el Anexo 7 se establecen cada uno de los objetivos propuestos en dicho plan. Dicha visión es más un camino de la acción y realización de actividades específicas, no es clara la

articulación con los planes de vida de la comunidad, aquí se puede apreciar el ejercicio de imposición de acciones y la no concertación con la forma de vivir de la comunidad en el área, lo cual ha sido y sigue siendo un factor de conflicto y dificultad para todas las partes involucradas.

4.1.2.6. Estrategias de conservación asociadas al Sector Norte del PNN Puracé

Las estrategias de planificación fueron dirigidas a la conservación de la biodiversidad en sectores representativos de ecosistemas andinos mediante el establecimiento de áreas protegidas por el SINA, El sector se encuentra asociado a dos figuras de conservación; Reserva de la Biosfera Cinturón Andino, y el PNN Puracé (Tabla 3)

Tabla 3. Figuras de conservación asociadas al sector

Nombre	Categoría	Año	Jurisdicción	Superficie (ha)	Normativa de designación	Autoridad administrativa
Reserva de la biosfera Cinturón Andino	Reserva de la biosfera	1979	Macizo Colombiano, (Parques Nevado del Huila, Puracé y Cueva de los Guácharos).	175.300		UESPNN
Parque Nacional Natural Puracé	Parque Nacional Natural		Complejo Volcánico Serranía de los Coconucos.	83.000	Decreto 119 de 1961 posteriormente por el INCORA por resolución 92 de 1968	UESPNN,

Fuente: Elaboración propia

Más que hacer una evaluación de la eficacia o eficiencia de estos programas de conservación, se analiza las implicaciones que estas herramientas tienen, para esto se inicia con una descripción de las funciones de lo que significa una reserva de la biosfera y de parque.

Las reservas de la biósfera son la herramienta central Programa Hombre y Biósfera de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), en aras de promover un desarrollo regional sustentable. son territorios extensos y representativas del socioecosistema (Duran, 2013).

Tiene tres objetivos: *i*) conservación (asegurar el rol del área como fuente genética y mantenimiento de los servicios ecosistémicos), *ii*) desarrollo (se basa en el principio de la sustentabilidad en los sectores económicos de la región) y *iii*) logística (facilitar la investigación y la educación), para ello estas figuras de conservación identifican tres zonas: el *núcleo central* aquí la intervención es mínima y se restringe a la investigación y educación, otra es la *zona de amortiguación*, el uso natural es permitido y actividades deseables son la agricultura orgánica o el ecoturismo, y la tercera es la *zona de desarrollo*, aquí se permite diferentes tipos de uso de suelo y asentamientos y es la más extensa, esta zonificación concéntrica lo que trata es de proteger una matriz identificada de alta biodiversidad ante intervenciones del hombre.

Con respecto a las figuras de PNN, desde su promulgación el 1974, cuando inicialmente se percibían las áreas protegidas como intangibles lugares de acceso restringido para ser destinados a la investigación, eran concebidos como laboratorios vivos, es ahí donde se manifiesta el primer error de concepción de estas áreas, al creer que con el aislamiento se volvería al estado original y prístino del otrora.

La mayoría de los parques eran parte de territorios de frontera; grandes áreas a la periféricas de los ejes económicos del país, con una denominación peyorativa de bienes “baldíos” y disponibles para ser colonizados y apropiados, excluyendo los habitantes que a lo largo de la historia del territorio lo forjado como un socioecosistema y forman parte del sistema ejerciendo soberanía, jurisdicción y territorio, como es el caso de los pueblos indígenas americanos (Duran, 2009).

Al crear un PNN en Colombia se trata de dar un orden para la conservación, pues es necesario controlar el caos, aquí el hombre es secundario pues forma parte de los riesgos para la transformación de la naturaleza ya que interviene y causa impacto ambiental, tal como lo plantea en las figuras de reservas de la biosfera, como lo es la zona de estudio, restringen el accionar a tres zonas, (de amortiguación, núcleo central y la zona de desarrollo), siendo un modelo de control concéntrico, que favorece que la matriz se conserve y que los impulsores de cambio que ejerzan presión sean controlados por la periferia que debe limitar su accionar también, pero que a su vez debe cuidar a que “no pase”²¹.

²¹ “No pase” se refiere a que los umbrales de resiliencia del sistema se mantengan y que las estrategias de conservación sean las barreras que ayuden a mantener el sistema para que no se transforme, una manera muy particular de gestionar la resiliencia, que debería mirar más allá de lo ecosistémico y afianzar el ecosistema, donde el hombre es parte del entorno pues hombre y naturaleza ha coevolucionado.

Esto trae una serie de implicaciones para la comunidad, otrora el gobierno daba subsidios cuando un territorio iba a ser declarado PNN, para de expropiarlos de ellas. Ahora se trabaja con aspectos técnicos y se habla de incluir las comunidades en los procesos de conservación, sin embargo estos trabajos se hacen con personal experto en las temáticas pero que son por lo general externos al territorio, está bien que se le de rigor académico a estas estrategias, empero se debe tener en cuenta la gente que ha vivido en el socio ecosistema, y es con esta visión que se debería gestionar las áreas protegidas, no zonificando áreas para intervención si no promulgando acciones de integración de los saberes y costumbres en la conservación, recuperar cosmovisión, esto no como ejercicios pilotos si no como políticas de aplicación.

La desarticulación histórica de la institucionalidad representada en los PNN ha traído consecuencias para las comunidades y la gestión de estas áreas, pues gran parte de PNN coinciden con territorios indígenas. Para tener una idea de esta situación para el 2015 de las 53 zonas declaradas como Áreas Protegidas por el Sistema Nacional de Parques Nacionales de Colombia, 26 se superponen sobre territorios indígenas y 19 lo hacen con resguardos indígenas, algunas de manera total, otras parcial, y otras en superposiciones múltiples (Centro de Cooperación Indígena CECOIN, 2008). Son de indígenas que están en permanente conflicto con instituciones del Estado a la hora de definir políticas, normativas y proyecciones.

En este sentido cuando los pueblos indígenas ejercen autonomía sobre los territorios emergen una serie de conflictos entre parques naturales pues aparecen las limitaciones comunidades, de autoridad, control territorial y de libertad para decidir el desarrollo como tal, principios reconocidos en los instrumentos internacionales²².

Esta coincidencia espacial entre territorios indígenas y Parques Nacionales implica la sobre-posición (que no debería darse) de autoridades administrativas sobre autoridades políticas. La existencia de PNN, y la jurisdicción de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR); máximas y únicas autoridades ambientales fuera del área de PNN y que son áreas de amortiguación ver (Figura 15). Aunado a esto están las autoridades indígenas que defienden ser las máximas autoridades en sus territorios (titulados o no) en sus áreas de influencia de sus resguardos. Esta discusión está sobre la mesa y no se ha llegado a ningún acuerdo general para que el Estado reconozca la autoridad indígena y es un eje fundamental en

²² Convenio 169 de la OIT, Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos Humanos de los Pueblos Indígenas, Pacto Internacional de los Derechos Económicos, Sociales y Culturales

determinar las condiciones para identificar y evaluar las capacidades adaptativas de estos territorios frente a su transformación. Este Mapa (Figura 15) permite identificar los traslapes de las jurisdicciones entre cabildo, resguardo PNN y reserva de la Biosfera, lo cual también implica generación de conflictos en las visiones del territorio su territorialización y utilización del espacio, aspectos fundamentales para la sostenibilidad y futuro de las comunidades humanas asentadas aquí y de las condiciones ecológicas preexistentes.

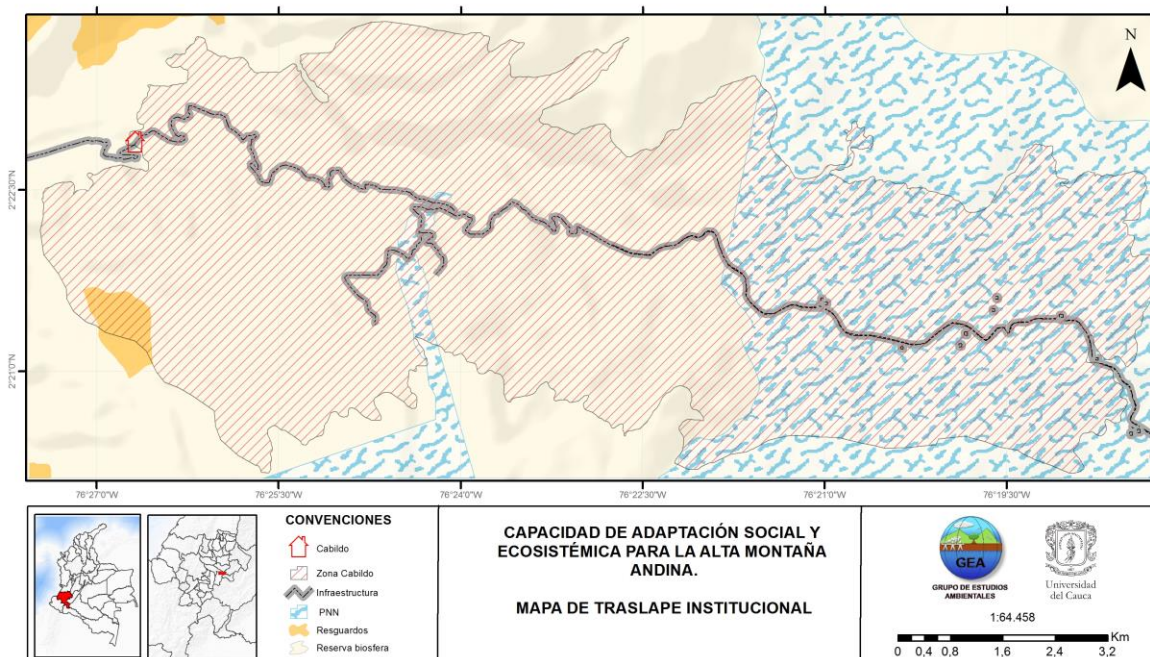


Figura 15. Mapa de Traslape Institucional PNNP- Resguardo Puracé Reserva de la Biosfera

Fuente: Elaboración propia

Para el sector de análisis como se menciona en el numeral (4.1.1 *Diagnóstico de las actividades antrópicas y relación con las herramientas de gestión o planificación ambiental*), aquí se describen analizan las actividades antrópicas más incidentes en la zona, y los conflictos que se han tenido con la administración del PNNP. Se han establecidos unas dinámicas de intervención en la zona (Figura 16), como se menciona el acápite 4.1.1. Las actividades económica productivas ejercen función en el área de manejo especial y al interior del parque, mientras que parques ejercen jurisdicción al interior de sus límites, producto de esta situación se han presentado una serie de discrepancias ya descritas que han llevado a ruptura de relaciones.

4.1.3 Servicios ecosistémicos provistos por los ecosistemas de alta montaña del Resguardo Indígena de Purace-Coconuco

Con el propósito de aproximarse a la percepción de los bienes y servicios ambientales en la zona se realizaron 35 encuestas a núcleos familiares correspondientes de la vereda campamento RI de Puracé.

La percepción se entiende como el “Primer conocimiento de “algo” por medio de las impresiones que comunican los sentidos” por ello se trata de aquella actividad individual y propia de los seres humanos, mediante la cual interpretan, procesan y construyen en su imaginario lo que ven como realidad, en una interacción consciente y explícita entre el entorno, los estímulos que registran sus sentidos y su experiencia. Por ello, lo aquí definido como “algo” para este estudio hace referencia a los servicios ecosistémicos, donde se hace necesario conocer el sentir de la comunidad y como los interpreta en su forma de vida, como los usa y desarrolla sus actividades y como asume su identidad y disfrute cultural en su cotidianidad, entendiendo su valoración, importancia o priorización que le otorga la disponibilidad y oferta de recursos como agua, madera alimentos, y como controla y organiza su vida para el cuidado y conservación de recursos y servicios que son fundamentales para su estilo de vida.

4.1.3.1. Características de los encuestados

Las personas encuestadas pertenecen a al RI de Puracé, vereda Campamento y han vivido toda su vida en la región. Respecto a género el 59 % son mujeres y el 41 % hombres. Sólo el 6 % de los encuestados eran menores de 30 años, mientras que el 64 % tenía entre 40 y 60 años, el 6 % de los encuestados tenían más de 70 años. Las familias están conformadas por 4 a 6 individuos (72 %).

4.1.3.2. Percepción de servicios ecosistémicos

Las comunidades identifican interpretan, procesan y construyen en su imaginario lo que ven como realidad, en una interacción consciente y explícita entre el entorno y su experiencia cognitiva en este sentido identifican un total de 11 beneficios del territorio que recibe en su cotidianidad (Figura 16), fundamentales para el buen vivir y que hoy nosotros clasificamos como servicios ecosistémicos para asumirlos en el análisis de los factores claves que determinan la resiliencia socioecológica.

A continuación se presenta un gráfico donde se puede ver las diferentes clasificaciones de los servicios ecosistémicos y la distribución porcentual que

percibe la comunidad de los servicios ambientales según su clasificación (provisión, regulación y culturales), la comunidad percibe once servicios ecosistémicos, que son los que aparecen sombreados, los demás no los reconoce ya sea por su denominación o por que no aplican en la zona, la calificación es porcentual, donde el agua, la leña, la ganadería (léase pastos) y la madera son los más importantes en sus actividades.

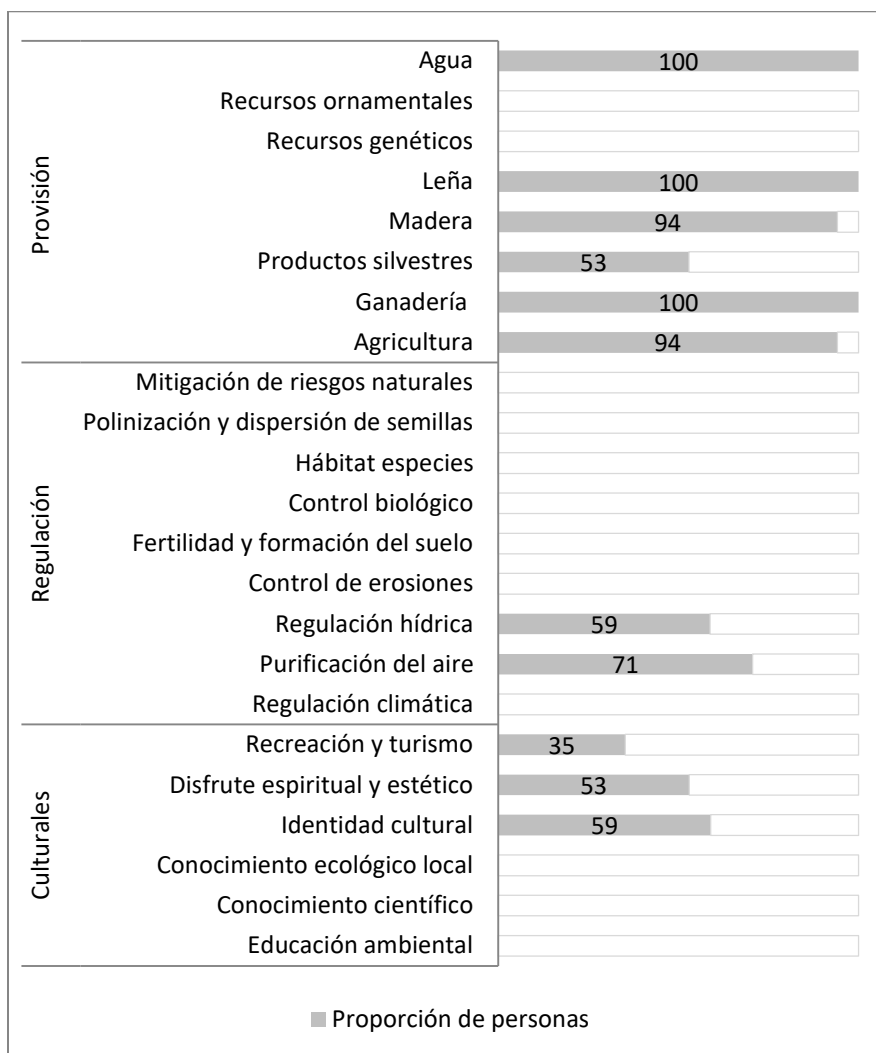


Figura 16. Proporción de percepción de servicios ecosistémicos por la comunidad de la vereda campamento norte del PNN Puracé

Fuente: Elaboración propia

Servicios de provisión

Agricultura: la identifican como la fuente de sus alimentos aquello que les da con las semillas soberanía alimentaria, y seguridad alimentaria por la comercialización; lo que la identifica como la segunda actividad económica más importante, después

de la ganadería; los productos que los benefician son la Papa (*S. tuberosum*) Olluco (*Ullucus tuberosus*) cebolla (*Allium cepa*), arveja (*Pisum sativum*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), , fresa (*Fragaria vesca*), zanahoria (*Daucus carota*) que son fundamentales en su dieta y plantas medicinales: Agraz (*Vaccinium floribundum*), Ajicillo de páramo (*Drymis granadensis*), Ajenjo (*Artemisia absinthium*), Aliso (*Alnus acuminata*), Altamisa (*Ambrosia peruviana*), Apio de monte (*Niphogeton ternata*), Árnica (*Senecio formosoides*) entre otras.

Ganadería: la gran mayoría de las personas del sector dependen económicamente de la ganadería, es la principal actividad económica, esta se desarrolla de manera extensiva y sin tecnificación; el beneficio que les da la tierra es la provisión de pastos de corte kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), pasto azul (*Dactylis glomerata*).

Productos silvestres: dentro de los productos silvestres se incluyó el uso de plantas y animales silvestres ya sea como medicinales o con fines alimenticios, según la comunidad en la actualidad ya no se utiliza fauna silvestre como fuente de proteína, el bajo reconocimiento de este servicio puede estar asociado a varios factores como; la disminución de la oferta de fauna producto de la fragmentación y disminución del hábitat, los procesos de aculturación que han generado abandono de prácticas tradicionales con respecto al uso de fauna silvestre. Como un beneficio la comunidad utiliza especies de plantas nativas para usos medicinales como el Arnica (*Senecio sp*), Granizo (*Hedyosmum sp.*), Apio de paramo (*Niphogeton sp*), Agraz (*Vaccinium floribundum*), Ajicillo de páramo (*Drymis granadensis*), Ajenjo (*Artemisia absinthium*), Aliso (*Alnus acuminata*), Altamisa (*Ambrosia peruviana*), Apio de monte (*Niphogeton ternata*), entre otras.

Madera: la extracción de madera y leña para construcción de cercas, elaboración de viviendas y cocción de alimentos aún está presente en el área de estudio, el total de las familias reportaron este beneficio de la madre tierra (“servicio ecosistémicos”), algunas de las especies más utilizadas para este fin son Encenillo (*Weinmannia spp*), Sietecueros (Melastomataceae), Mandur (*Clusia sp*) que representan aproximadamente 0.5 m³ de madera seca por semana. La cual se extraer de áreas de reserva y de los bosques abiertos.

Agua: el beneficio del agua entendida como servicio de disponibilidad de agua es lo más demandado por la comunidad del norte del PNN Puracé, el 100% de los encuestados lo identificaron, debido a la importancia que tiene para su vida, así como también reconocen los cambios que han sufrido respecto al caudal y a la calidad, situación que la asocian con actividades antrópicas (ganadería, turismo, agricultura y minería) como las responsables de su afectación.

Recursos genéticos: lo asocian con las bondades y beneficios que reciben de la vegetación, más el concepto es abstracto y poco entendible para la comunidad por ello no lo califican ni lo perciben con claridad.

Recursos ornamentales: aquí se presenta la dificultad que, para la comunidad, el paisaje es su cotidianidad, es lo que siempre ha sido y no lo entienden como un privilegio o belleza en particular, para ellos es lo que debe ser, es la expresión de la vida y sus formas de conectarse con los individuos. En su cosmogonía los elementos de la naturaleza eran antiguamente parecidos a las personas, pero, con el pasar del tiempo, fueron perdiendo ese carácter hasta convertirse en lo que son hoy, donde han perdido su alma su fuerza y podrían ser espíritus que traen bien o mal a las personas, y en este sentido, se entiende no solo la vegetación sino también los accidentes geográficos y formas terrestres que conforman la geomorfología de lo que en nuestro conocimiento entendemos como paisaje natural, por ello el concepto de recursos ornamentales no existe o no lo asumen en su cotidianidad “eso es la naturaleza”.

Servicios de regulación

Purificación del aire: los ecosistemas de alta montaña almacenan gran cantidad de dióxido de carbono atmosférico en su suelo, de esta manera inciden en los procesos de cambio climático global gracias al proceso de la fotosíntesis. En la comunidad, este servicio fue identificado en las entrevistas por el 71 % de las personas; estos identifican el aire limpio como un beneficio que reciben de los ecosistemas naturales. Esta percepción le es muy clara para la población mayor que vivió fenómenos de emisión de gases por el volcán, y sus erupciones puesto que es uno de los volcanes más activos en Colombia con frecuentes erupciones explosivas. Sus erupciones históricas más grandes ocurrieron en 1849, 1869 y 1885, 1957, 1956, 1949, 1946, 1947, la última erupción del volcán Puracé fue pequeña en 1977. Depositó ceniza hasta 7 km de distancia. En 1990 se observaron nuevas fumarolas y fuentes termales en la Cumbre. Eventos como un incendio en la mina de Puracé, el cual reporto el periódico el Tiempo el 25 de septiembre con la siguiente reseña “Once días completó ayer el incendio que mantiene paralizada la única mina de azufre del país, localizada en las faldas del volcán Puracé, en el Cauca.” Estos eventos aún se guardan en la memoria y sus consecuencias en la población de los Coconucos y les es claro asociar la calidad el aire como un bien fundamental para su vida por las experiencias vividas de las explosiones en el siglo XIX y XX:

Regulación hídrica: es uno de los servicios más asociados a ecosistemas de alta montaña, en particular al páramo debido a las características ecológicas especiales. Fue registrado por el 59 % de las personas, según los encuestados se debe a la pérdida de las coberturas vegetales y a los cambios climáticos, al comparar la percepción de este servicio con el servicio de provisión de agua el último es más evidente mientras que el servicio de regulación es percibido por menos personas muy seguramente debido a su complejidad. Sin embargo, si se conocen plantas que se usan para proteger los nacedores y quebradas, como la “Paja de zorro” que protege el suelo negro contra los rayos solares, retiene humedad y ayuda a que el suelo no se seque, conservando y regulando el agua, el “Chusque” para proteger nacimientos y quebradas, el “amarguero” usado para reforestar cuencas, el “siete cueros o palo colorado” para retener el agua.

Los servicios de regulación climática, control de erosiones, fertilidad y formación del suelo, control biológico, hábitat especies, polinización y dispersión de semillas y mitigación de riesgos naturales no fueron percibidos por la comunidad, en su visión son entendidos como cuidar la “madre tierra” seguramente se debe a que estos servicios son poco evidentes en su cotidianidad y a pesar de explicarlos y asociarlos en los talleres con su forma de vida, para la comunidad los simplifican como el cuidado de la madre tierra, o del monte; ya que él se cuida solo y aleja los malos espíritus, quizá por esto no los reconocen como beneficios independientes.

Servicios culturales

Identidad cultural: a pesar de fuertes procesos de aculturación históricos en que se perdieron muchas características de la cosmovisión de los Coconucos, solo el 41 % de las personas reconocen este servicio asociado a su cultura y forma de ver la vida y su entorno. Es claro para la comunidad que en los procesos de cambio e interacciones con el agua en los páramos no solo se amenaza el sustento material de la vida de las comunidades, sino también se pone en riesgo la existencia de valores espirituales y culturales que consideran el agua y la tierra como elementos fundamentales de toda forma de vida. La comunidad de los Coconucos no solo está luchando porque el Estado garantice el acceso humano al agua y tierra sino también para el consumo de los animales y las plantas que hacen parte de una misma realidad. En la esta comunidad sobre el agua no hay una simple mirada mítica y antropomórfica de la naturaleza, sino ante todo una compleja visión de la trama de la vida que nos dice que *“todo tiene que ver con el todo”* y que *“todo está profunda e íntimamente interrelacionado”* esta interpretación nos deja ver la visión sistémica que desde su cultura se tiene sobre los recursos.

Recreación y turismo: la diversidad de especies del paisaje de páramo y de ecosistemas alto andinos ofrece un atractivo turístico de los ecosistemas de alta montaña, es el caso de sitios como: la laguna de San Rafael, cascada del Bedón, cascada de San Nicolás, termales de San Juan, camino al volcán, Pilimbalá. A pesar de contar con este potencial turístico solo el 35 % de los encuestados lo reconocen como un beneficio directo para sus vidas debido a que no se encuentran claramente relacionados; los beneficios que recibe la comunidad provienen del desempeño como guías turísticos el cual se realiza esporádicamente.

Disfrute espiritual y estético: la cosmología de los Coconucos y que actualmente persiste en las personas de mayor edad que son la minoría de la población, tiene elementos que se constituyen en barreras para que ciertas zonas no sean intervenidas por los humanos. Esta particularidad ha permitido conservar algunas áreas de “monte”, más esa condición cada día se pierde por la fuerza de la aculturación. Según los encuestados con el desarrollo de turismo y la intervención humana estos sitios perdieron su característica sagrada, por lo tanto, ya no son reconocidos por muchas personas como sagrados (24 %). No obstante, la existencia de una sensación de bienestar general de algunos entrevistados, al sentirse a gusto en donde habitan, indica un agrado por el paisaje que ven diariamente, aunque no se tengan oportunidades de desarrollo económico.

Percepción de cambio de los servicios ecosistémicos

En cuanto a la percepción de los cambios en el paisaje, a los entrevistados se les preguntó si han notado una transformación del paisaje o del espacio que los rodea a través del tiempo, con especial atención en los bosques altoandinos y páramos; la mayoría de los entrevistados (96%) son conscientes de que el paisaje se modificó durante el tiempo originado por la expansión de la agricultura y la ganadería extensiva principalmente que son las actividades que se describen en el acápite *4.1.1 Diagnóstico de las actividades antrópicas y relación con las herramientas de gestión o planificación ambiental*. Así mismo la mayoría de las personas encuestadas (88%) reconocen la disminución en los beneficios que recibían de la madre tierra (servicios ecosistémicos) específicamente por cambios en los servicios de provisión, estos cambios se encuentran asociados a las transformaciones de las coberturas vegetales y a factores climáticos globales (Variabilidad), que han generado disminución en la cálida y caudales del agua, pérdidas en la fertilidad del suelo originados por la agricultura intensiva, las inadecuadas técnicas de cultivo, introducidas desde la llegada de la revolución verde en los 70.

Esta percepción de cambio se puede entender en razón de aquellos sectores o áreas que están siendo más antropizadas o sobre las cuales se tiene las mayores transformaciones antrópicas, a continuación se presenta el cruce del mapa de INRA y el de servicios ecosistémicos para tener más claridad espacial, percepción aquí expresada (Figura 17). Aquí se califica la percepción, en términos de buena, media y mala, haciendo referencia a la disponibilidad de los servicios ecosistémicos, pero también considerando la institucionalidad y el territorio.

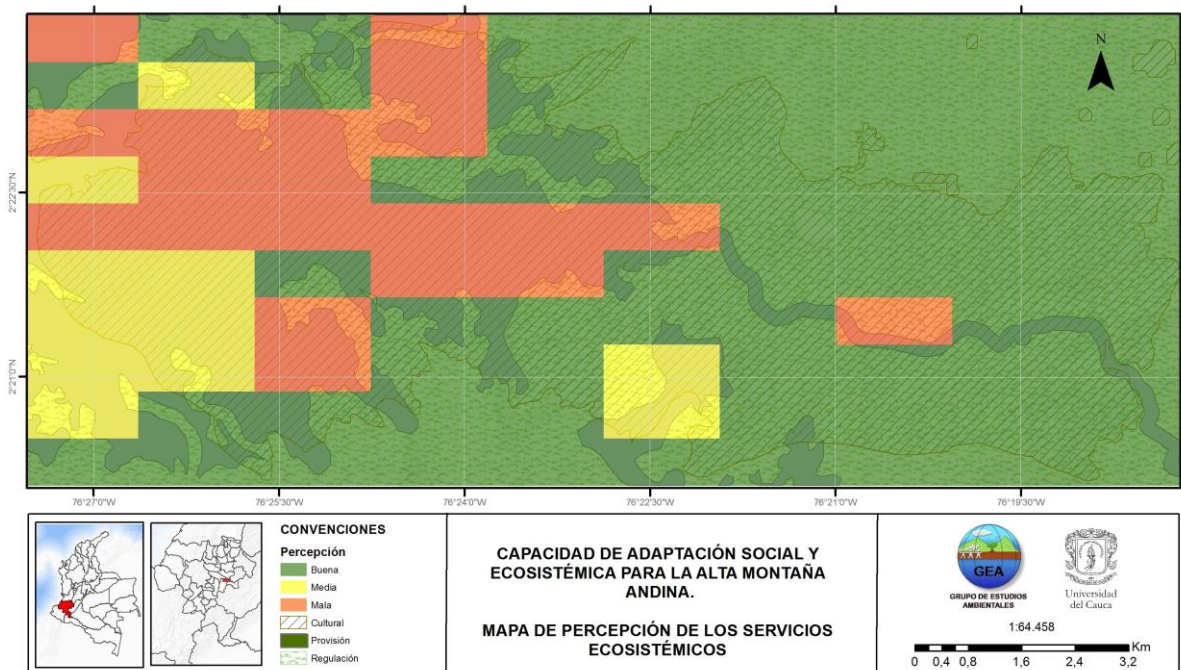


Figura 17. Percepción Servicios Ecosistémicos

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de los servicios ambientales permite hacer una distribución espacial (Figura 18), usando como insumos los recorridos en campo, las entrevistas, la cartografía de cobertura y uso disponible y los resultados de la valoración de los Servicios Ecosistémicos Provistos por los Ecosistemas de Alta Montaña del Resguardo Indígena de Purace-Kokonuco numeral 4.1.2.2. Permitieron realizar esta propuesta de distribución, dado que no se dispuso de insumos cartográficos de más detalle se hace una especialización en las categorías generales de Regulación, provisión y culturales, en este sentido el resultado de este trabajo, los servicios de regulación corresponden a esas áreas naturales que propician por la integridad del sistema, como las zonas de paramo, las cobertura boscosas los

arbustales, que regulan y mantiene las funciones del sistema, coincidiendo con los límites del parque, la reserva de la biosfera y el cabildo, estas áreas hacen que el sistema mantenga las características como tal y no haya superado el umbral de cambio, en otros términos estas condiciones permiten que se mantengan las condiciones de integridad ecológica. Para los servicios de provisión que básicamente están representados por la incidencia de actividades económicas y que son fundamentales para la manutención de la comunidad, en la región están situadas en las zonas de influencia del PNNP, y en las inmediaciones del cabildo Los servicios culturales, en el territorio se caracterizan por tener una relación directa con elementos naturales también de regulación como el agua, y los sistemas lagunares que, para la cosmovisión Coconuco tiene una relevancia espiritual, en estos sitios se hacen los refrescamientos y toda una serie de leyendas y mitos se desarrollan en estos lugares.

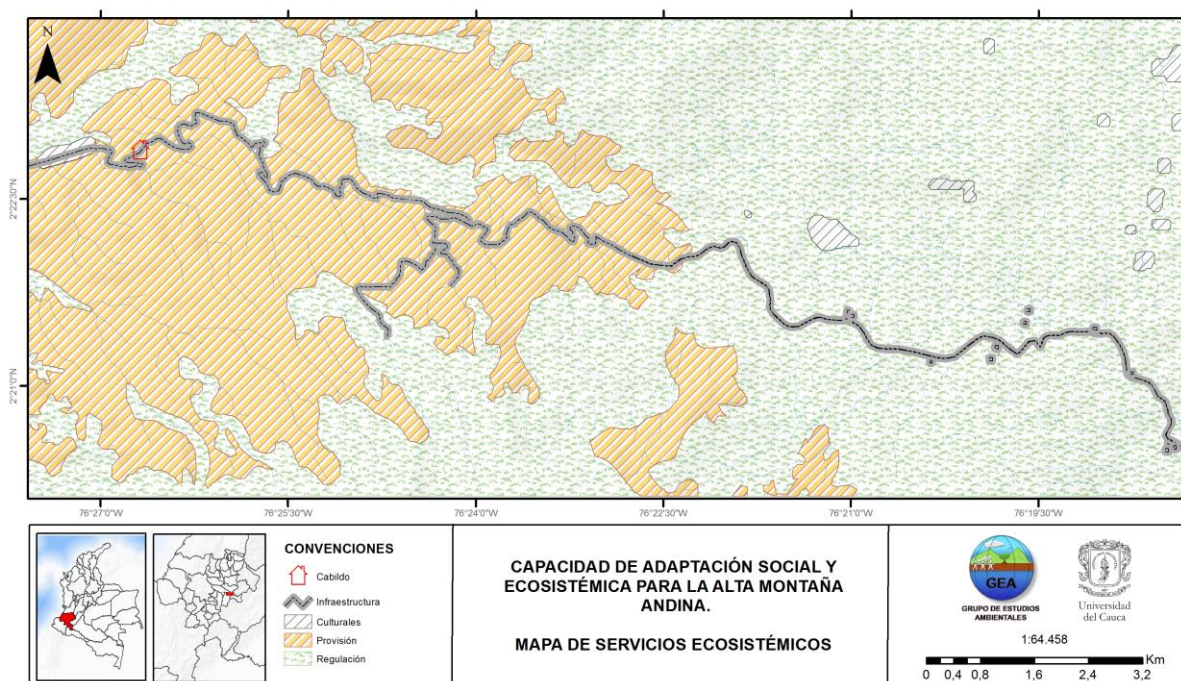


Figura 18. Mapa de la distribución de los servicios ambientales

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Caracterización de los comportamientos relacionales de la naturaleza y la sociedad en el marco de los socio-ecosistema

El establecimiento de las relaciones sociedad naturaleza está determinado por la cosmovisión de los Coconucos donde sus creencias, sentires, deseos e interpretaciones de su entorno les dan valor a los componentes del medio en virtud de cómo los perciben y cuál es el beneficio y utilidad de estos para su forma de vida. Ya en los acápite anteriores se han especializado las actividades antrópicas y los servicios ecosistémicos ahora aquí se busca mostrar como los perciben los sienten y se puede expresar como los valoran. Estas relaciones están en función del accionar institucional del estado, de las organizaciones comunitarias y de los núcleos de accionar familiar y de unidades de acción en la minga para el espacio estudiado.

4.1.4.1. Organizaciones sociales sobre el territorio y estructura de poder

A continuación, se describe brevemente las principales organizaciones sobre el territorio, su estructura de poder, así como la relación que tienen con la comunidad

Figura 19)

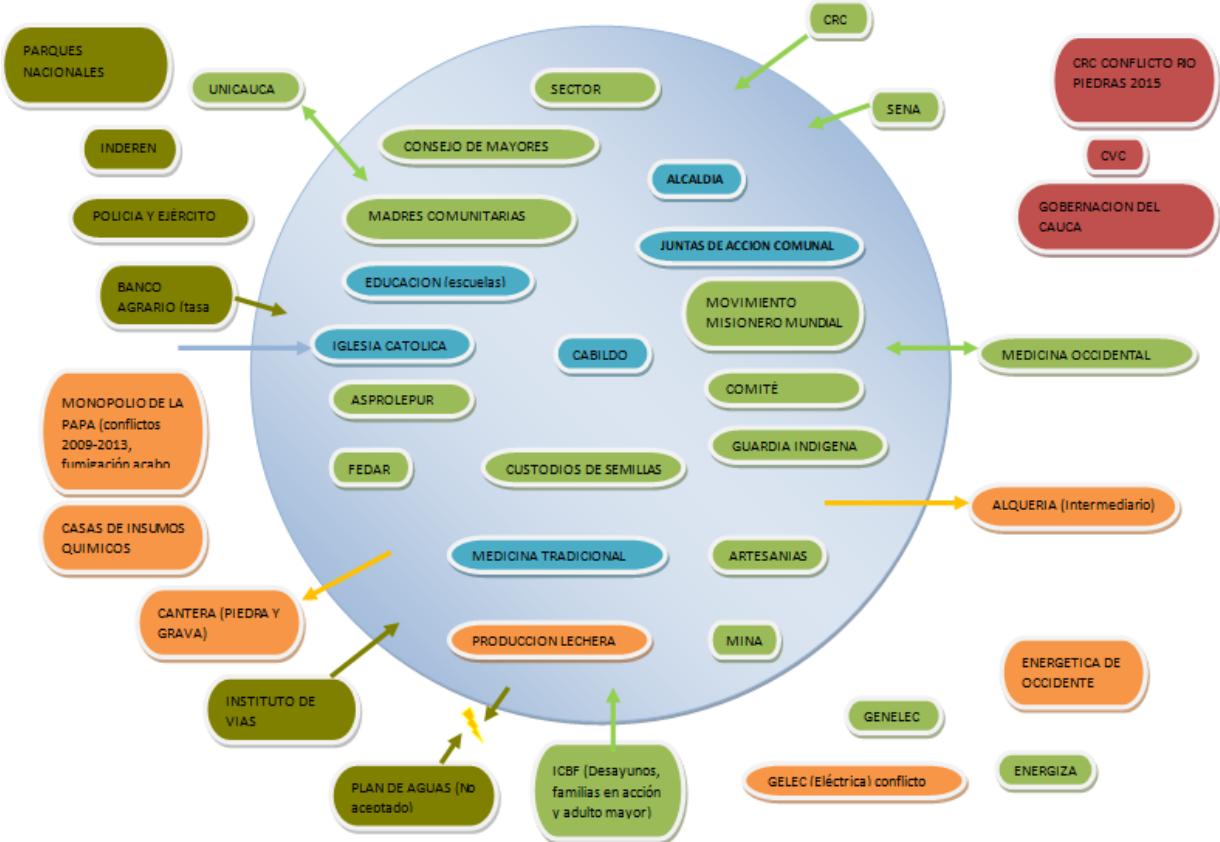


Figura 19. Diagrama de Venn para las instituciones (Fuente: Taller Cabildo Indígena de Puracé)

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron las relaciones en el sistema, para poder identificar en qué medida los individuos, las organizaciones o proyectos interactúan entre sí o se sobrepone, aquí la cercanía al interior y centro del círculo denota la importancia de una organización o proyecto. Dentro del círculo se representan algunas interacciones en el territorio, las que se ubican en el centro y el recuadro de color azul, corresponden a aquellos procesos en los que la comunidad tiene confianza y cercanía, los recuadros verdes indican instituciones que por su jurisdicción están dentro del sistema pero que no tienen la misma cercanía y confianza que las representadas en verde, aquellas instituciones que se ubican en la periferia del círculo indican que se tiene relación pero no confianza, en este sentido las flechas representan la interacción, las dobles flechas indican una relación mutua, las instituciones que están por fuera indican un conflicto, tal es el caso de GELEC, Energética de occidente, CRC, CVC, monopolio de la papa, banco agrario.

Como se puede observar en la gráfica (

Figura 19), la comunidad identifica dentro de su territorio y de un grado de apropiación mayor, aquellas categorías como, madres comunitarias, consejos mayores, sector salud, guardia indígena, custodios de semillas, artesanas entre otros, las cuales se apropian ya sea por el impacto que han generado en la región, en términos de políticas o por su respeto que representa, en esa misma esfera pero con otra percepción están entidades como la alcaldía, la iglesia católica y el mismo cabildo, la mina estas pese a que están en el mismo territorio para la comunidad tienen una percepción diferente.

Las organizaciones externas, las identifican como aquellas que pese a que se tiene alguna relación positiva o negativa son consideradas externas al territorio, en este sentido se tiene UNICAUCA, CRIC, SENA, podría decirse que la relación con estas es positiva; actores con los cuales se han tenido conflictos como, CRC, Gobernación del Cauca, por discrepancias de aplicación de normas y de jurisdicción se tienen constantes dificultades, por otro lado el plan departamental de aguas como una necesaria relación pero que está rota; también se identifican actores que para el cabildo no tienen categorización positiva o negativa como: PNN, POLICIA, EJERCITO.

Al respecto se puede concluir que las relaciones de poder en el territorio están marcadas por la confianza que las instituciones han ganado, como se puede observar en el gráfico, la comunidad ve como externos o podría decirse riesgoso,

el monopolio de la papa, las altas tasas de intereses del Banco agrario, la presencia de grupos armados, así como las marcadas diferencias que tiene la comunidad con algunas instituciones como Parque Nacionales Naturales, la policía y el ejército, esta últimas obedecen a los conflictos de jurisdicción con el cabildo, pues las facultades constitucionales que tienen como pueblos indígenas en términos de aplicación de leyes y normas en su territorio en concordancia con sus usos y costumbres se ven confrontadas con las impuestas normas de las instituciones mencionadas.

4.1.5.2. Análisis Micmac para el sector Pilimbalá

Complementando el análisis se hace una exploración Micmac donde se representa por medio de una Matriz Influences *Directes Potenciales* MIDP en la las influencias y dependencias actuales y potenciales entre variables (Tabla 4).

Este análisis tiene por objetivo evidenciar las principales variables influyentes y dependientes esenciales para la evolución futura del sistema, en este sentido se trabajó con las siguientes variables que fueron producto de los talleres que se realizaron en la zona y en correspondencia a los servicios ambientales identificados:

Tabla 4. Variables para la definición del sistema

N°	TITULO LARGO DE LA VARIABLE	TITULO VARIABLE	DESCRIPCIÓN VARIABLE –CATEGORÍA SERVICIO AMBIENTAL	TEMA O SUBSISTEMA DE LA VARIABLE
1	Cambio en el uso del terreno	Cambio uso	Reemplazo de vegetación nativa por áreas productivas (Regulación)	Biofísico
2	Fragmentación del paisaje.	FragPaiza	Perdida de continuidad en los bosques (Regulación)	Biofísico
3	Conservación de Páramos y Bosques	ConsPyB	Usos o áreas restringidos (Regulación)	Biofísico
4	Variabilidad climática local.	Varclima	Percepciones de la comunidad ante la variabilidad climática (Regulación)	Biofísico
5	5. Pérdida de la Biodiversidad y los SE	PerBioSE	Perdida de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Regulación).	Biofísico
6	Calidad y cantidad del agua	Deterioro CalyCantag	Percepción de alteraciones en el de agua (Regulación)	Biofísico
7	Ganadería	Ganadería	Percepción de cambio e	Econo-Prod

N°	TITULO LARGO DE LA VARIABLE	TITULO VARIABLE	DESCRIPCIÓN VARIABLE –CATEGORÍA SERVICIO AMBIENTAL	TEMA O SUBSISTEMA DE LA VARIABLE
			impacto por la actividad (Provisión)	
8	Cultivos	Cultivos	Percepción de cambio e impacto por la actividad (Provisión)	Econo-Prod
9	Turismo de Naturaleza	TurNatu	Percepción del impacto (Provisión).	Econo-Prod
10	Minería	(Minería A)	Mina a cielo abierto (Azufre) Impacta el ecosistema (Provisión)	Econo-Prod
11	Ingresos Económicos	Ing Econo	Actividades económicas ejercidas en la zona (Provisión)	Econo-Prod
12	Técnicas Productivas	TecProd	(Manejo del suelo, uso de agroquímicos, quemas, entre otras) (Provisión)	Econo-Prod
13	Organización Comunitaria y Participación.	OrgComPar	Ejercicios de gobernanza (Culturales)	Socio - Cultural
14	Cosmovisión y planes de vida (Valoración de la naturaleza)	CosmoVida	Modos de ver la vida y territorio (Culturales)	Tema : Socio - Cultural
15	Integración generacional e inclusión de la mujer	InteGenMuj	Integración de la mujer e integración generacional (Culturales)	Socio - Cultural
16.	Autonomía y Gobernanza (territorio)	Auto Gobe	Ejercicio de la autonomía que realizan los comuneros (Culturales)	Socio - Cultural
17.	Ocupación y Poblamiento	OcuPobla	Ocupación de espacios por nativos y colonos (Culturales)	Socio - Cultural
18.	Presencia y actuación de entidades estatales	EntiEstata	Presencia de Alcaldía, CRC, UAESPNN, MADR, MADS, SGC, entre otras, en el territorio. (Culturales)	Institucional
19.	Planificación territorial	PlanTerr	Planificación de acuerdo a (PDM, PM, POMCH, planes de acción, entre otros), Acuerdos, normativas (Culturales)	Institucional
20.	Articulación interinstitucional y con organizaciones	ArtInstOrg	Interacción interinstitucional para la gestión. (Culturales)	Tema : Institucional
21	Investigaciones, trabajo de consultoría,	Investiga	Actividades de investigación, ciencia,	Conocimiento

N°	TITULO LARGO DE LA VARIABLE	TITULO VARIABLE	DESCRIPCIÓN VARIABLE –CATEGORÍA SERVICIO AMBIENTAL	TEMA O SUBSISTEMA DE LA VARIABLE
	actividades científicas, entre otras.		tecnología e innovación. (Culturales)	
22.	Memoria colectiva, tradición oral, procesos propios de enseñanza y aprendizaje.	MemoColec	Transferencia de conocimiento generacional (Culturales)	Conocimiento

Fuente: Elaboración propia

Estas se acopiaron en la siguiente matriz de influencia dependencia (Figura 20):

	1 : Cambio uso	2 : FragPaísa	3 : ConsPyB	4 : Varclima	5 : PerBioSE	6 : CalyCantag	7 : Ganadería	8 : Cultivos	9 : TurNatu	10 : Minería A	11 : Ing Econo	12 : TecProd	13 : OrgComPar	14 : CosmoVida	15 : InteGenMuj	16 : Auto Gobe	17 : OcuPobla	18 : EntiEstata	19 : PlanTerr	20 : ArtInstOrg	21 : Investiga	22 : MemoColec
1 : Cambio uso	0	3	1	2	3	3	1	1	3	1	3	1	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0
2 : FragPaísa	1	0	2	1	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
3 : ConsPyB	1	2	0	2	0	0	2	2	3	0	0	0	0	P	0	0	2	1	2	2	2	2
4 : Varclima	1	0	1	0	2	2	1	3	2	0	2	P	1	2	1	0	2	2	3	2	3	2
5 : PerBioSE	0	0	2	0	0	2	1	1	3	0	P	0	0	3	1	0	0	2	2	2	3	3
6 : CalyCantag	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	P	2	0	0	1	P	2	1	2	2
7 : Ganadería	3	3	2	2	3	1	0	3	1	0	3	1	1	2	1	1	3	1	3	1	1	1
8 : Cultivos	3	3	2	1	3	2	1	0	1	0	3	1	1	3	1	2	3	1	3	1	1	1
9 : TurNatu	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	2	2	1	1	1	3	2	1	1
10 : Minería A	2	3	1	2	3	3	1	1	2	0	3	0	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1
11 : Ing Econo	3	2	2	0	2	0	2	3	1	1	0	3	2	2	2	1	2	1	2	2	1	0
12 : TecProd	3	3	2	2	3	2	2	3	1	1	1	0	1	1	1	1	3	1	1	2	1	1
13 : OrgComPar	2	2	3	1	3	2	2	2	3	2	3	1	0	2	3	3	3	3	3	3	2	3
14 : CosmoVida	1	0	3	1	2	3	1	1	2	1	1	2	3	0	3	3	3	2	3	3	2	3
15 : InteGenMuj	0	0	2	0	1	0	1	1	3	2	2	2	3	1	0	2	1	1	2	2	1	2
16 : Auto Gobe	3	2	3	1	2	2	2	3	2	2	2	1	2	2	2	0	2	3	3	3	2	3
17 : OcuPobla	3	3	3	1	2	3	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	0	2	2	1	1	1
18 : EntiEstata	2	2	3	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	0	0	0	1	0	1	2	1	1
19 : PlanTerr	1	1	2	0	1	1	1	1	2	2	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
20 : ArtInstOrg	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	1	0	0	3	2	0	2	1
21 : Investiga	1	2	2	0	1	1	1	1	2	0	0	1	2	1	2	0	0	1	1	2	0	1
22 : MemoColec	1	1	3	1	1	1	2	2	3	1	1	3	3	3	3	3	2	1	2	1	3	0

© LPSOR-EPTA-MICMAC

Figura 20. Matriz de Influencias Directas Potenciales (MIDP)

Fuente: Elaboración propia

Las influencias se puntúan de 0 a 3, con la posibilidad de señalar las influencias potenciales:

- 0: Sin influencia
- 1: Débil
- 2: Media
- 3: Fuerte
- P: Potencial

La Matriz MIDP representa las influencias y dependencias actuales y potenciales entre variables.

4.1.5.2.1. Análisis de las influencias dependencias sector Pilimbalá

Este plano se determina a partir de la matriz de influencias directas MID, y se pueden observar en el mismo:

La interpretación del plano influencia y dependencia directa permite una lectura para definir a las variables según tipologías. Su ubicación en el plano en relación a las diagonales ofrece una primera clasificación, tal y como queda reflejado en la (Figura 21), como resultado se tiene que:

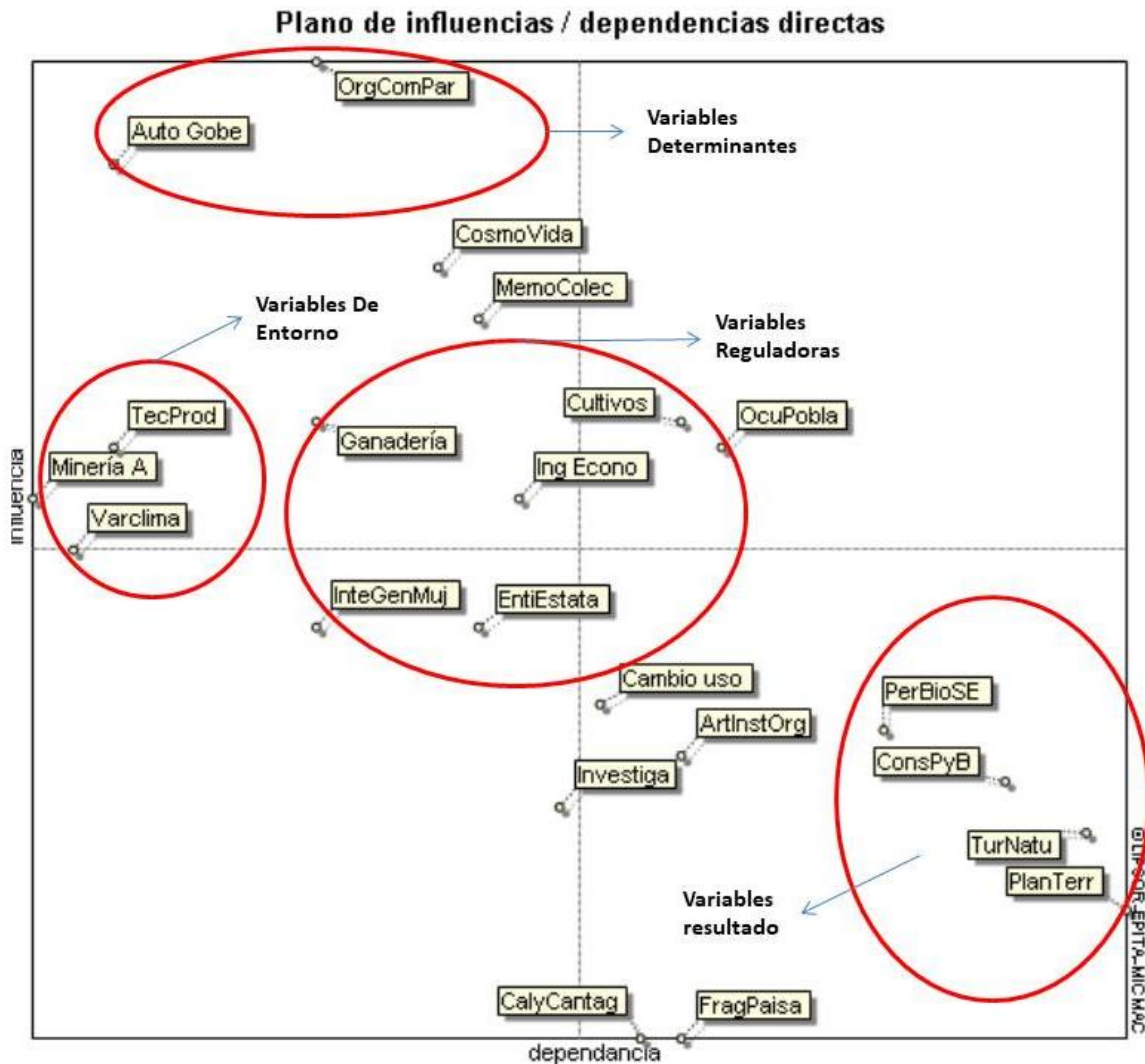


Figura 21. Plano de Influencias dependencias directas - Sector Pilimbalá-San Francisco (Puracé)

Fuente: Elaboración propia

En la parte superior izquierda se sitúan las **variables de entrada o determinantes**, fuertemente motrices, poco dependientes, éstas determinan el funcionamiento del sistema, para este caso tenemos: Organización Comunitaria y Participación. (*OrgComPar*) y la Autonomía y Gobernanza (territorio) (*Auto Gobe*): para la organización comunitaria este aspecto es de mucha relevancia, pues las decisiones políticas en el territorio pasan por las instancias de cabildo, evidencia de la autonomía que tienen los pueblos indígenas sobre su territorio, que representan las dos variables que se resaltan.

Esta situación se ve reflejada también en el análisis que se hace de las actividades antrópicas, donde en las líneas de tiempo se evidencian conflictos suscitados por jurisdicción en el área protegida, llegando al punto de dificultar las relaciones al extremo, la gobernanza y la jurisdicción del territorio plantean un escenario de pulsos que termino con la sesión del sector Pilimbalá prácticamente al Cabildo.

Variables reguladoras, son las situadas en la zona central del plano (Figura 21. **Plano de Influencias dependencias directas - Sector Pilimbalá-San Francisco (Puracé)**³), se convierten en "llave de paso" para alcanzar el cumplimiento de las de los objetivos del sistema. Cultivos (*Cultivos*), Ganadería (*Ganadería*), Integración generacional e inclusión de la mujer (*InteGenMuj*), Ingresos Económicos (*Ing Econo*) y Presencia y actuación de entidades estatales (Alcaldía, CRC, UAESPNN, MADR, MADS, SGC, entre otras) (*EntiEstata*) según lo hallado aquí muchos de los aspectos están regulados por lo económico productivo, también por la presencia y actuación de las entidades estatales de la zona, curiosamente aparece una variable integración generacional e inclusión de la mujer, una razón para este aspecto puede ser la preponderancia que se le está dando desde las estructuras del cabildo para que sean jóvenes y con participación de la mujer en las instancias de decisión como lo son las figuras de gobernador indígena.

Abajo y a la derecha están las **variables de salida o de resultado** (Figura 22). Pueden reflejar el funcionamiento del sistema, estas variables son poco influyentes y muy dependientes. Se pueden asociar a indicadores de evolución, pues se traducen frecuentemente como objetivos, en este plano encontramos: Pérdida de la Biodiversidad y los SE (*PerBioSE*), Conservación de Páramos y Bosques (Usos o Áreas Restringidos) (ConsPyB, Turismo de Naturaleza (TurNatu) y Planificación territorial (PDM, PM, POMCH, planes de acción, entre otros), Acuerdos, normativas (PlanTerr), de acuerdo con la interpretación de este plano son indicadores que dan cuenta del estado y gestión que se hace sobre el sistema, contrasta encontrar aspectos como pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémico con conservación de paramos y bosques, sin embargo la comunidad es consciente de las acciones que la implementación de algunas medidas como el turismo de naturaleza, las actividades extractivas sobre el territorio que hasta hace pocos años era muy incidente que impactaban e impactan adversamente el sistema y se tiene como resultado la degradación del mismo, sin embargo a la par se adelantan estrategias de conservación de paramos y bosques también la articulación con planes y normas de orden territorial para la gestión de estos entornos.

En este punto vale la pena un análisis a la luz de la caracterización de los servicios ambientales, donde la comunidad identifica aspectos como el agua, la biodiversidad, calidad de aire como servicios de regulación, que en este análisis don variables de salida, pues la institucionalidad representada haciendo ejercicio de lo contemplado en los documentos de planificación estratégica de los entes territoriales (PDM, PM, POMCH, planes de acción) deberían garantizar el mantenimiento de estas áreas.

Influencias directas potenciales:

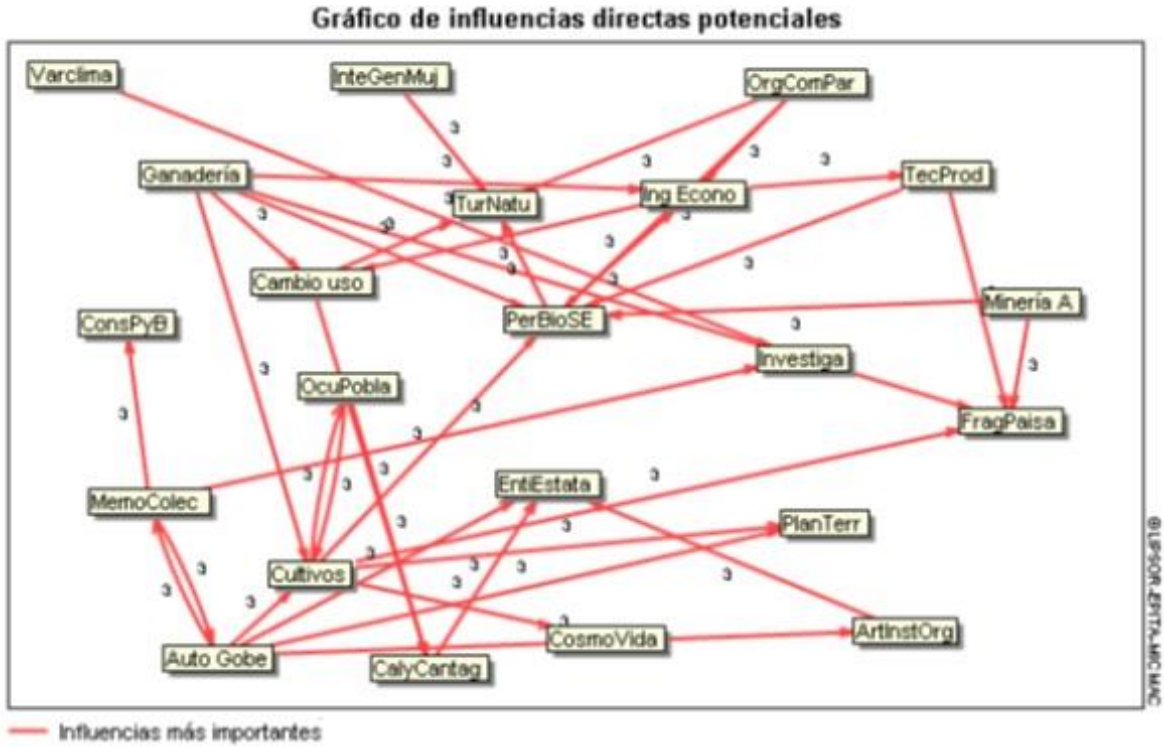


Figura 22. Influencias directas potenciales

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 23 podemos observar las relaciones que se tejen alrededor de aspectos que fueron mencionados en el análisis de los planos, tal es el caso de la **pérdida de biodiversidad** que es una variable resultado que se ve afectada por todas los aspectos económico productivo que se registran, también se resaltan los cultivos pues al ser la principal fuente de ingreso en la región impacta aspectos como la gobernanza el territorio la ocupación territorial, algo de resaltar la **memoria colectiva** pues ven en los procesos investigativos una alternativa para la recuperación de esa memoria, dentro de las apuestas económicas productivas que el cabildo va por el turismo de naturaleza integrando las generaciones, la

mujer, como ingreso directo y como medio para reducir la presión sobre el sistema.

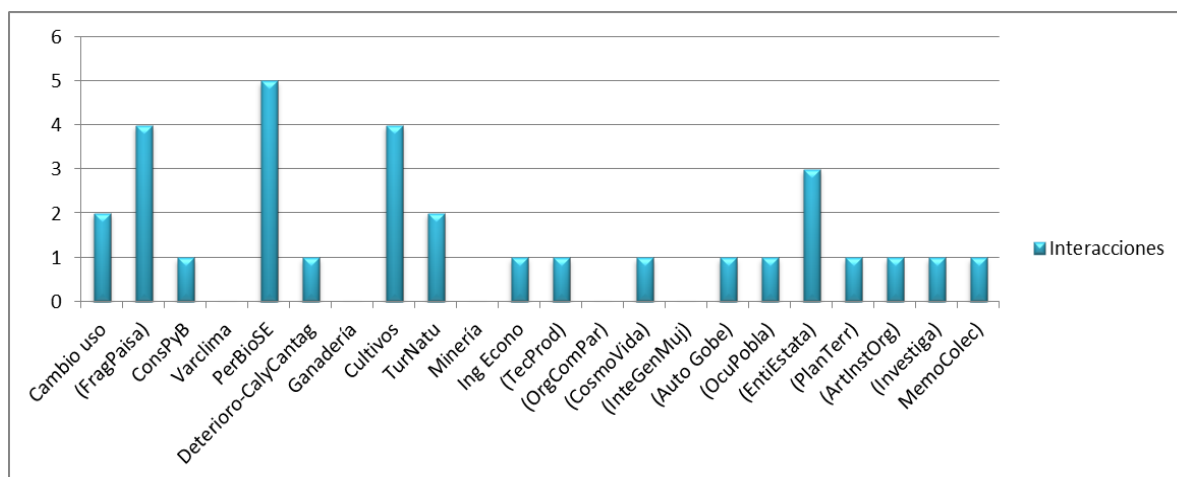


Figura 23. Interrelaciones de las variables del sistema

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar las variables que están recibiendo mayor cantidad de interrelaciones, esto quiere decir que favorecen las condiciones para que se dé o propicie dicha variable, para el caso de pérdida de biodiversidad que recibe 5 interacciones, quiere decir que hay cinco variables que están favoreciendo la pérdida de biodiversidad; para este caso la ganadería, el turismo, los cultivos y las técnicas de producción. Contrastando con el análisis de las actividades antrópicas, en este mismo caso está la fragmentación, para mencionar alguno.

El bienestar de estas comunidades rurales depende en gran medida de biodiversidad pues es la oferente de una amplia gama de bienes y servicios ambientales, las alteraciones ambientales locales y regionales relacionadas con los usos del suelo, el clima, con el crecimiento demográfico, actividades antrópicas; sumado a una carencia de políticas contundentes, adaptaciones tecnológicas y carencia de estrategias de uso del entorno natural y cultural con fines no invasivos entre otros, están afectando la diversidad local, propiciando la vulnerabilidad, incrementando el riesgo y desabasteciendo la resiliencia, pues es el socioecosistema que debe gestionarla para las personas, comunidades y sectores que dependen de ella.

4.1.5.3 Del modelo conceptual sobre la capacidad de adaptación socioambiental para ecosistemas altoandinos

En la búsqueda de alternativas manejo de estos socioecosistemas (Martín-López et al., 2012, Reyes JE, Ballesteros ER. 2011), es conveniente procurar gestionar la resiliencia para que el sistema sea capaz de absorber perturbaciones externas y acontecimientos no previstos, a fin de lograr una capacidad de amortiguar perturbaciones (Ruiz D, Martinez J, Figueroa A. 2015), renovarse y reorganizarse y aprender después de un cambio (Holling C. 1986; Acevedo-Osorio et al., 2017).

Sin esto el socioecosistema es vulnerable a perturbaciones y propenso al cambio o transformación, no tiene la capacidad para adaptarse y por ende no reduce los daños futuros. En la gestión de la resiliencia del socioecosistema se juega la subsistencia, la vulnerabilidad, conflictos, el buen vivir de las comunidades y la conservación de los usos y costumbres (Figura 24) .

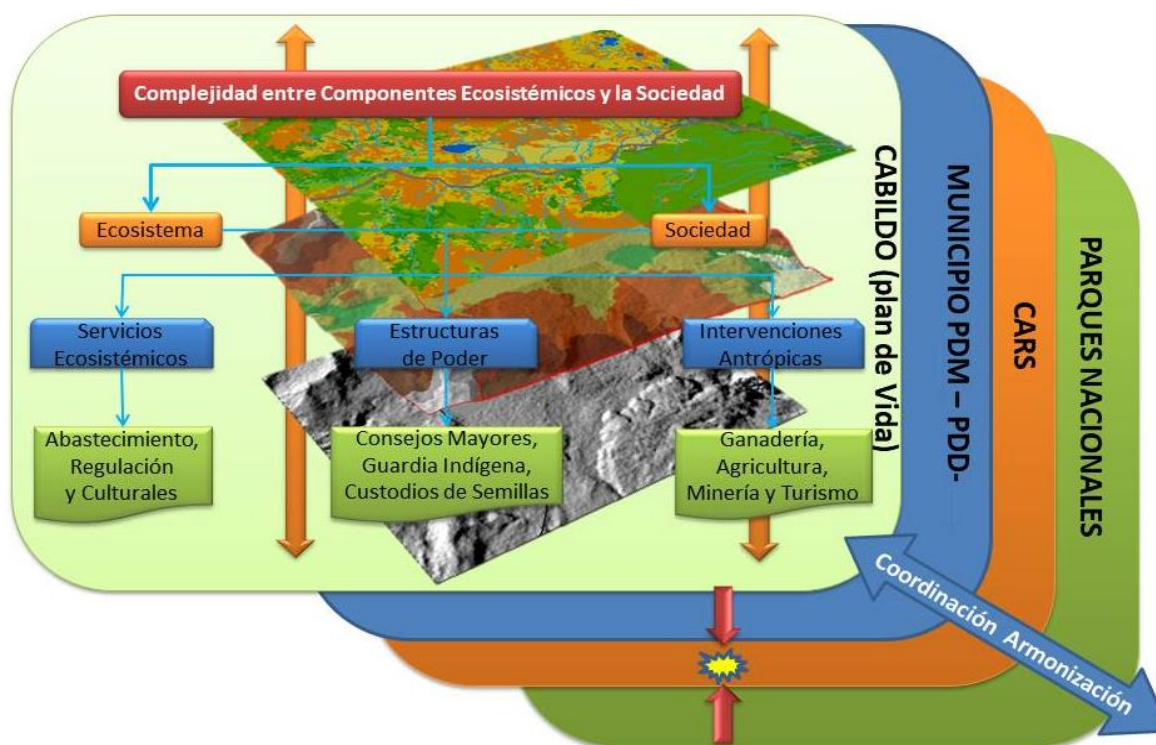


Figura 24. Modelo Conceptual sobre la Capacidad de Adaptación Socioambiental para ecosistemas altoandinos

Fuente: Elaboración propia

La resiliencia del socioecosistema radica en las complejidades que se establecen entre sus componentes ecosistémicos y de la sociedad. En donde la biodiversidad, las estructuras de poder, las intervenciones antrópicas juegan un papel determinante en el mantenimiento de la resiliencia de los ecosistemas.

A continuación se hace un recuento de los aspectos que se consideran con factores claves que determinan la resiliencia del socioecosistema *que determinan el modelo conceptual sobre la capacidad de adaptación socioambiental para ecosistemas altoandinos*. Por un lado se tienen las actividades antrópicas caracterizadas en la zona (ganadería, agricultura, minería y turismo), que han transformado el paisaje afectando la disponibilidad de bienes y servicios ambientales (Figura 25); que al caracterizarlos se encuentra que se percibe una disminución de estos debido a las actividades antrópicas citadas, otro factor clave para la resiliencia socioecosistémica son las estructuras de poder aquí se encuentra que el relevo generacional y la inclusión de la mujer son determinantes para la elección del cabildo, también se encuentra que las variables para lograr los objetivos del sistema son las económicas productivas y las institucionalidad.

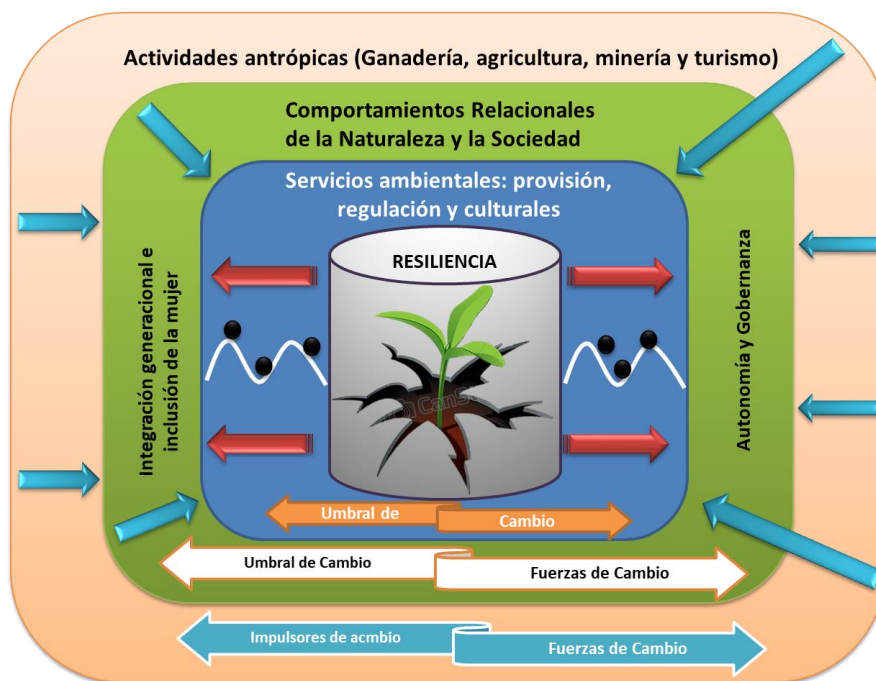


Figura 25. Factores Claves que Determinan la Resiliencia Socioecosistémico del área de estudio

Fuente: Elaboración propia

A este respecto una de las actividades antrópicas que determinantes para la resiliencia es la **ganadería**, la cual ha modificado el paisaje, ya que desde el siglo XIX se reconoce esta actividad, muchos programas del gobierno incentivan la producción pecuaria con subsidios, leyes de capitalización, asistencia técnica, se crean fondos anidados en el Banco de la República. El impacto de esta actividad es evidente, deforestación, potrerización, fragmentación, alteración de los flujos de

energía, pérdida de hábitats, compactación del suelo, pérdida de materia orgánica, erosión, pérdida de la capacidad de infiltración y retención de agua entre otros.

Estos efectos son determinantes sobre la disponibilidad de bienes y servicios ambientales de la región, al ser un ecosistema tan particular su fragilidad es evidente, pues los procesos de recuperación son lentos y las alternativas para la mitigación escasas, la comunidad es consciente de estas afectaciones, sin embargo, las acciones se limitan a cerramientos de áreas estratégicas (lagunas, turberas y sitios de interés turístico) y zonas de recuperación.

La **agricultura** también ha sido clave en la configuración del socioecosistema, al ser una actividad tradicional, donde primaban los cultivos de pancoger, hasta 1960 aproximadamente cuando se inicia con el uso de agroquímicos (revolución verde), este acontecimiento es un hito en la región pasando de tener una variedad de cultivos como la papa donde se tenían más de 70 variedades a cultivar prácticamente una (parda roja), resistente a plagas y enfermedades, el área ocupada por este cultivo para 1986 era del 33% aproximadamente de las tierras destinadas a la agricultura. Sobre la **minería** aquí hay que hacer un poco de historia entre 1970 y 1990 tuvo su mayor auge, por ende, los impactos ambientales más adversos sobre el ecosistema, para sus procesos de combustión se utiliza leña para alimentar las grandes calderas, esta es extraída de los bosques aledaños, estos 20 años de presión sobre el sistema ocasionaron un deterioro marcado sobre la zona además de la apertura de vías sin criterios técnicos.

El **turismo** las potencialidades turísticas de la región son muy importantes, el PNNP las identifica y procede a elaborar una infraestructura para recibir turistas, poco después el cabildo reclama los derechos sobre estos terrenos, lo que conlleva a que actualmente ellos son los administradores de esta actividad, debido al enfriamiento de las aguas termales, se exploran otros atractivos turísticos en la zona como lo son la laguna, el volcán, el avistamiento del cóndor entre otros, sin embargo la falta de políticas claras de turismo en la región, estudios técnicos sobre la capacidad de carga de los ecosistemas para recibir turistas y campañas de educación y comunicación ambiental al respecto, han hecho de esta actividad un foco de impactos pues no hay control en cuanto al número de personas que ingresan ni tampoco se cuenta con una infraestructura apropiada para recibir turistas.

En la valoración **de los servicios ecosistémicos** provistos por los ecosistemas de alta montaña con el fin de obtener una visión de base apoyando la conservación de la naturaleza por los valores intrínsecos y también concibiendo

los ecosistemas como un capital natural con valor social y no como un precio, este puede ser un punto de encuentro para la gestión de este socio ecosistema. La comunidad percibe 11 servicios ecosistémicos entre los que se destacan los servicios de abastecimiento como la provisión de alimento, agua y maderas, seguido por los servicios de regulación la purificación del aire y la regulación hídrica, en cuanto a los servicios culturales reconocen; el turismo, la identidad cultural y el valor estético de determinados sitios en el paisaje. El 88 % de los encuestados perciben disminución general de los servicios ecosistémicos, ocasionados por factores globales como el cambio climático y factores locales como la deforestación y degradación de los ecosistemas de alta montaña también por la expansión de la agricultura y la ganadería extensiva.

Para los ***comportamientos relacionales de la naturaleza y la sociedad***, en un primer análisis de las relaciones se tiene que el cabildo tiene confianza en aquellas figuras como madres comunitarias, consejos mayores, sector salud, guardia indígena, custodios de semillas, artesanas; en otra categoría tienen a la alcaldía, la iglesia católica y el mismo cabildo y la mina que están en el mismo territorio para la comunidad tienen una percepción diferente. Lo anterior denota la relación estrecha que se tiene las organizaciones legítimas, las relaciones de poder están marcadas por la confianza, las decisiones políticas en el territorio pasan por las instancias de cabildo, esto es el reflejo de la autonomía que tienen los pueblos indígenas sobre su territorio.

Para ellos la organización comunitaria, participación, la autonomía y gobernanza determinan el funcionamiento del sistema, son las fuerzas motrices que impulsan el territorio, se encuentran que las actividades económicas son las llaves de paso que les permite alcanzar el cumplimiento de los objetivos como cabildo, en esta parte sobresale que aparece el relevo generacional y la inclusión de género, esto se debe a la importancias que se le está dando desde las estructuras del cabildo para que sean jóvenes y con participación de la mujer en las instancias de decisión como lo son las figuras de gobernador indígena y así permanecer en tiempo y espacio con las estructuras de cabildeo.

Alcances del modelo

Al abordar desde las ciencias ambientales la capacidad de adaptación social y ecosistémica de la Alta Montaña Andina frente a los procesos de cambio, desde una visión holística, superando las visiones fragmentadas del sistema, estas han permitido conocer las partes de los sistemas, pero no han logrado gestionar y

articular el todo. Por ello se requiere una posición sistémica, compleja, interdisciplinar, de complementariedad que propicia las condiciones para superar las brechas epistemológicas, ontológicas y analíticas que impiden una visión compleja, que articule lo socio-cultural y lo biofísico para la gestión adaptativa de estos ecosistemas de alta montaña

Bases conceptuales del modelo

Analizar las transformaciones de la alta montaña de manera integral, requiere comprender los territorios, con un enfoque sistémico, en términos de su estructura y dinámica; analizando las relaciones e interacciones que se presentan entre las comunidades y su entorno natural, lo cual determina los cambios y los procesos de transformación y adaptación que se están generando:

i) Comprender los aspectos inherentes a la **capacidad de adaptación**, entendida como la capacidad de recuperarse ante presiones externas y regresar a su situación antes de la perturbación, regenerándose sin alterar sustancialmente su estructura y funciones, en una condición o particularidad de “conservación creativa” (Reyes y Ballesteros, 2011, Walker y Salt, 2012).

ii) Integrar al hombre con el entorno biofísico, sus relaciones e interacciones de la sociedad y la naturaleza es fundamental para la comprensión de los fenómenos de transformación en estos sistemas naturales. Esta visión demanda un modelo conceptual integrador que se define como socio-ecosistema o un **sistema socioecológico (SSE)**.

iii) Estos territorios deben entenderse como sistemas abiertos sólo comprensibles globalmente desde la metáfora de la panarquía (Holling, 2001), en una estructura anidada de sistema, con afecciones múltiples a distintas escalas y velocidades de cambio (Holling, 2001) y con un principio e holoarquía.

iv) Las problemáticas planteadas se abordan desde la comprensión sistémica analizando el territorio de forma multidimensional, reconociendo la interdependencia y complementariedad que existe entre sus componentes y las formas de gestión que realizan los actores que habitan el páramo, aplicando el principio de reductibilidad.

v) El concepto de **adaptación basada en ecosistemas (EbA)** se fundamenta en el análisis y complejidad que albergan los sistemas naturales y en el uso de diferentes disciplinas que ayudan a comprender la multifuncionalidad de los ecosistemas. El empleo de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas,

como una estrategia alternativa de adaptación al cambio climático, Este abordaje tiene cinco componentes interrelacionados; las estructuras ecológicas, las funciones ecológicas, beneficios de la adaptación, la valoración y las prácticas de gestión de los ecosistemas.

vi) Tres de los procesos fundamentales que permiten estudiar, evaluar y proyectar las actividades de gestión y planificación de los sistemas socio ecológicos se caracterizan por tres atributos que determinan su evolución: a) **la transformabilidad**, entendida como el cambio que se da en las condiciones físicas, biológicas y socioeconómicas en un entorno; b) **La adaptación** que corresponde a la capacidad con la cual el ecosistema genera alternativas que permiten a los componentes del sistema armonizar o acoplar procesos al medio; y c) **La resiliencia** como la capacidad para soportar procesos de cambio, perturbación o impacto y permitir la posibilidad de recuperación de sus funciones intrínsecas vitales para la subsistencia del sistema, aprender del cambio y auto-organizarse.

Condicionantes para la aplicación del Modelo

La aplicación del modelo está dada por determinantes que permitirían lograr una regularidad conceptual y metodológica al momento de aproximarse los ecosistemas de alta montaña para efectos de su gestión ambiental:

- a) Hacer reductible el sistema de interés estableciendo su correspondencia con un todo más complejo.
- b) Abordar el análisis de los sistemas desde su función y estructura, para su gestión y no desde los impactos de las actividades.
- c) Focalizar el análisis en áreas representativas.
- d) Entender la construcción socioambiental del territorio.
- e) Establecer las nociones de gestión ambiental presentes en el territorio, observando sus particularidades.
- f) Caracterizar los actores clave y sus roles en materia de gestión ambiental.
- g) Identificar las características de la relación establecida con el entorno (relación ser humano-naturaleza).
- h) Acercarse de forma interdisciplinar e intercultural a la gestión ambiental del páramo en las zonas priorizadas.

4.2. FASE II Caracterización biofísica los factores claves que determinan la resiliencia socio-ecológica

En esta fase se analizan las dinámicas de cambio en el paisaje del norte del PNN Puracé direccionadas por las intervenciones humanas, realizando una caracterización de los cambios en las coberturas vegetales; teniendo en cuenta que el deterioro de los ecosistemas naturales afecta la estructura, patrones y procesos de los ecosistemas dentro del paisaje los cuales a su vez determinan servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar humano. Así mismo, se busca aproximarse a las interacciones entre el sistema social y el sistema natural mediante el análisis de las intervenciones antrópicas, la percepción de los servicios que brinda el ecosistema y los procesos de gestión sobre el sistema, con la utilización de entrevistas semiestructuradas e información histórica de la incidencia de diversos factores sobre la configuración actual del paisaje.

4.2.1 Cambios espacio temporales en las coberturas vegetales

Se realizó un análisis semidetallado, para un área de 5.926 ha, durante el periodo de tiempo comprendido entre 1988 y 2010, se registraron 8 clases de coberturas vegetales, siendo Herbazal D.T.F.N.A. el elemento con mayor extensión seguido por el Bosque denso y por el Herbazal D.T.F.A. para los años 1998 y 1999 (

Figura 26), mientras que para el 2010 el Herbazal D.T.F.A. ocupa mayor extensión que el bosque denso.

Durante todo el periodo de tiempo las coberturas con mayor porcentaje de cambio fueron: el Bosque abierto, que paso de ocupar 467,88 (7,9 %) ha en 1988 a 610,53 (10,33 %) ha en el 2010, con un aumento de 142,68 ha, que equivalen al 30,49 % del área inicial, así mismo el Herbazal D.A que paso de 80,06 ha (1,35 %) en 1988 a 100,42 ha (1,69 %) en 2010, con un porcentaje de cambio del 25,44 %. Contario a lo que sucede con el bosque denso que paso de ocupar el 1421,30 ha (23,98%) en el año 1988 a ocupar 1259,26 ha (21,25 %) en el año 2010, con un porcentaje de cambio del 11,40 %.

De las coberturas descritas solo presentan diferencias significativas ($\chi^2=14,07$ (con 7 grados de libertad, $p=0,05$)) en los cambios ocurridos en el bosque abierto y el bosque denso.

El aumento de las coberturas de bosque abierto se debe principalmente a la disminución del bosque denso: 86,05 ha entre 1988 y 1999, y 24,04 ha entre 1999 y 2010, seguido por el paso de herbazal D.T.F.A (81 ha), en la misma temporalidad. Así mismo se debe a la continuación del paso de bosque denso (24,05 ha) entre 1999 y 2010. Por otro lado, el aumento de la cobertura de

Herbazal D.A se debe principalmente a la disminución del Herbazal D.T.F.N.A en las temporalidades evaluadas (39,66 ha).

Por otro lado, coberturas como el Herbazal D.T.F.A, Herbazal D.T.F.N.A y Bosque fragmentado fueron las que menor porcentaje de cambio presentaron (0,52 %, 0,82 %, 2,8 % respectivamente). La mayoría de los cambios se presentaron en la primera temporalidad evaluada, comprendida entre los años 1988 y 1999; el Bosque abierto bajo paso de tener 467,22 ha en 1988 a tener 587,81 ha en 1999 (con un cambio medio anual del 12,97 ha/año), mientras que para el periodo comprendido entre 1999 y 2010 el cambio medio anual fue del 2,07 ha/año. Así mismo, el cambio medio anual del bosque denso en la primera temporalidad fue de 14,76 ha/año mientras que para la segunda temporalidad fue del 6,08 ha/año. Como se relaciona en la Tabla 5

Tabla 5. Coberturas vegetales obtenidas para las tres temporalidades en el norte del PNN Puracé, cambio medio anual, porcentaje de cambio y prueba de chi-cuadrado para los años 1988, 1999 y 2010

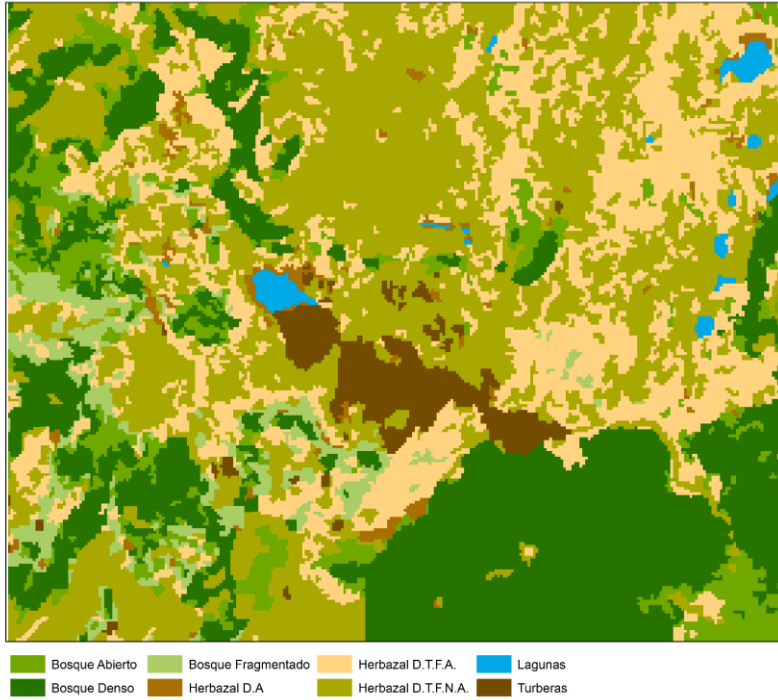
Cobertura	Área (ha)			Cambio medio anual			% de cambio	Chi-cuadrado
	1988	1999	2010	Entre 1988-1999	Entre 1999-2010	Entre 1988-2010		
Bosque Abierto	467,88	587,81	610,56	12,97	2,07	6,49	30,49	43,51
Bosque Denso	1421,30	1326,17	1259,26	-14,73	-6,08	-7,37	-11,40	18,47
Bosque Fragmentado	251,21	240,67	244,19	-0,64	0,32	-0,32	-2,80	0,20
Herbazal D.A.	80,06	69,09	100,42	1,85	2,85	0,93	25,44	5,18
Herbazal D.T.F.A.	1326,80	1308,82	1333,68	0,63	2,26	0,31	0,52	0,04
Herbazal D.T.F.N.A.	2118,08	2141,81	2135,41	1,58	-0,58	0,79	0,82	0,14
Lagunas	53,30	50,90	45,76	-0,69	-0,47	-0,34	-14,14	1,07
Turberas	207,63	200,61	196,86	-0,98	-0,34	-0,49	-5,18	0,56

Fuente: Elaboración propia

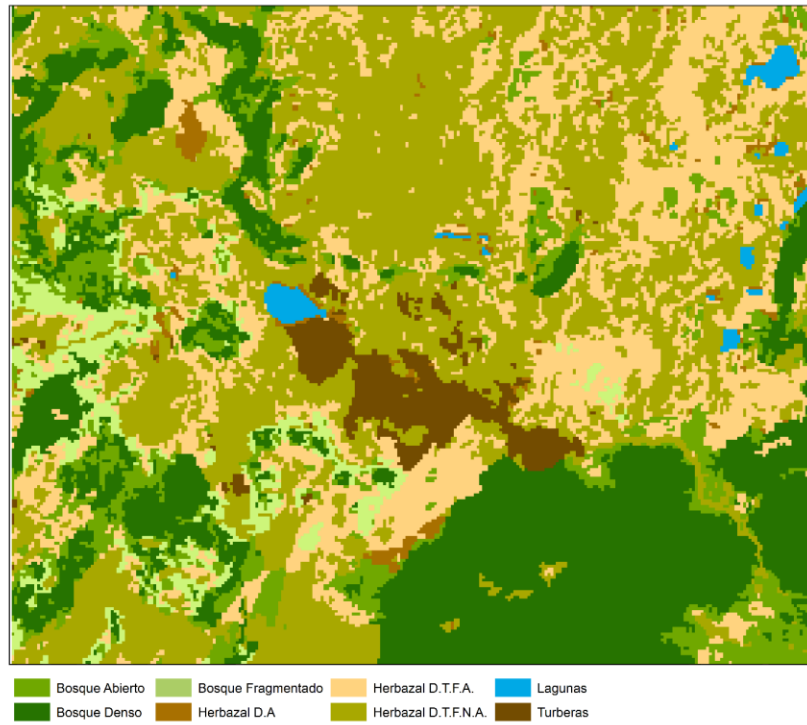
Los resultados, coinciden con los reportes de Martínez (2005); Mosquera et al.,(2014) y Muñoz (2008), encontraron reducción en las coberturas arbórea e incrementado de coberturas como arbustales y pajonal-frailejona generadas por la expansión de la frontera ganadera, quemas, pesca y actividades turísticas. La variación en las áreas de lagunas se asocia a los cambios en las precipitaciones (IDEAM, 2016). Cabe destacar que durante los 21 años analizados existen grandes áreas que han permanecido estables sin ninguna transformación (Fuente: Elaboración propia

), ubicadas principalmente hacia el sector San Juan, donde se albergan las extensiones de bosque denso bajo más grandes, así mismo extensiones de Herbazal D.T.F.N.A. y Herbazal D.T.F.A. permanecieron constantes seguramente asociadas a la figura de conservación del PNN Puracé.

1988



1999



2010

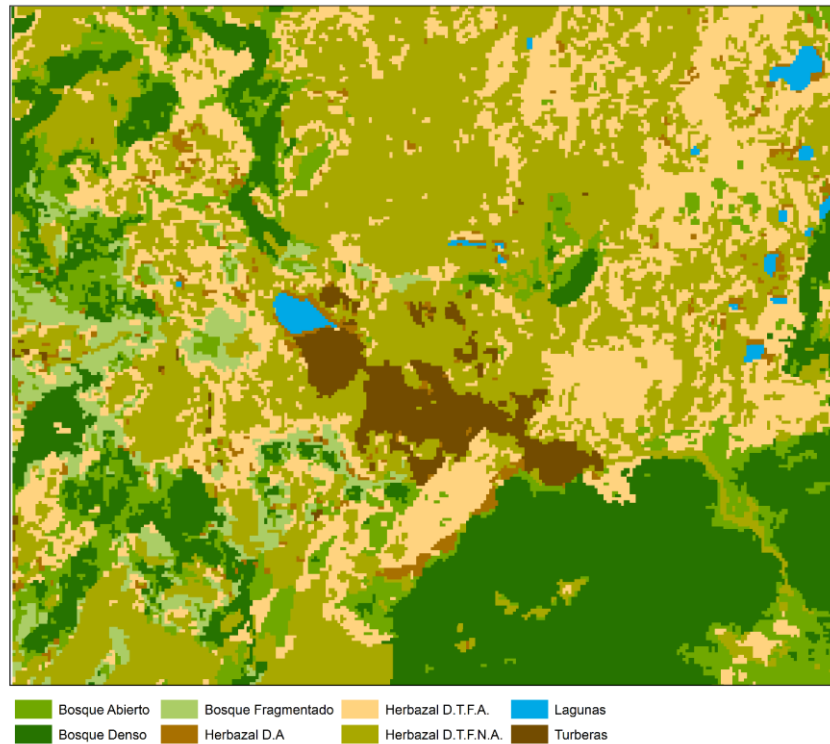


Figura 26. Coberturas vegetales del área de estudio obtenidas para los años 1988. 1999. y 2010

Fuente: Elaboración propia

Estos cambios son evidencia de una fuerte presión sobre estos ecosistemas, un aumento en la tasa de disturbio sobre las coberturas vegetales, lo que indica una mayor pérdida de la continuidad de los fragmentos y hábitat naturales. Cualquier variación en el número y área de fragmentos sobre una cobertura en particular, indica la presencia de alteraciones sobre el paisaje relacionado con procesos de transformación producto de las alteraciones a que ha sido sometido el ecosistema a través de los años (Mosquera et al., 2014), dejando los parches más pequeños más expuestos a los factores externos y al acceso de las poblaciones humanas y las actividades asociadas como la extracción de recursos, cacería, intrusión de animales domésticos, invasión de especies, entre otros, creando escenarios más complicado para la conservación (Botequilha y Ahern, 2002; Forman, 1995; Hobbs, 1997; Mosquera et al., 2014). En primer lugar es fundamental aplicar estrategias de conservación inclusiva donde las comunidades participen activamente en dichos procesos, así como crear un empoderamiento de las autoridades de injerencia en el parque, de manera que se establezca una nueva actitud conciliadora y proactiva para aumentar la participación comunitaria (Pereira y Jordán, 2017). Por otro lado, es importante que se mantenga la conectividad entre las redes de hábitat, condición crítica para muchas especies, así como para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos; ejercicios fundamentales para reducir las presiones sobre el área protegida (De Pourcq et al., 2017; Pereira y Jordán, 2017).

Tabla 6. Área de coberturas vegetales sin ningún cambio en el norte del PNN Puracé

Cobertura	Área (ha)
Bosque Abierto Bajo	336,9
Bosque Denso Bajo	1221,8
Bosque Fragmentado	137,4
Herbazal D.A.	32,7
Herbazal D.T.F.A.	1119,1
Herbazal D.T.F.N.A.	1913,6
Lagunas	42,7
Turberas	188,4

Fuente: Elaboración propia

Los resultados reflejan las tendencias a nivel nacional y regional; para Colombia cerca del 34% de los ecosistemas en territorio colombiano ha sido objeto de transformaciones, concentrándose particularmente en los Andes y el Caribe (Etter et al., 2016). Así mismo, Armenteras et al., (2013) reportan una tasa de deforestación anual para el periodo comprendido entre 1990 y 2005 del 0,62%,

mientras que para América del Sur para los años 1990 a 2010 según la FAO la tasa de deforestación es del 0,45%. Según Gomez y Moreno, (2016) a 2014 la pérdida de ecosistemas naturales fue de: 37,5% de bosques, 24,9% en sabanas y 15,9% en páramos. Por otro lado, al revisar los reportes regionales, según Galindo et al., (2014) para el departamento del Cauca para el año 2013, se encontró una pérdida de 1400 ha, y una tasa de deforestación de 0,12 % similar al porcentaje de cambio reportado en el presente estudio.

Cabe destacar que coberturas como el bosque fragmentado presentan pocos porcentajes de cambio, pero si se aumentó la cantidad de bosque abierto y herbazales. Probablemente la extracción de madera, la expansión de la agricultura y la ganadería en la zona han provocado la disminución de coberturas vegetales densas dando paso a un incremento en otros usos y en cubiertas de menor densidad. Lo que demuestra la necesidad de cooperación a nivel interdisciplinario e intersectorial, que requiere intercambios entre las disciplinas científicas, así como culturales con el fin de reducir los impactos de las actividades humanas sobre los ecosistemas (De Pourcq et al., 2017).

Tabla 7. Proyecciones de áreas de coberturas vegetales y del porcentaje de cambio a 2030 utilizando las temporalidades evaluadas

Cobertura	2010 (ha)	Proyecciones a 2030		Porcentaje de cambio proyectado	
		99-2010 (ha)	88-2010 (ha)	99-2010	88-2010
Bosque Abierto	600,2	645,7	694,1	7,57	15,64
Bosque Denso	1269,6	1149,5	1139,6	-9,46	-10,24
Bosque Fragmentado	244,2	246,0	246,0	0,76	0,76
Herbazal D.A.	104,0	123,5	105,3	18,69	1,27
Herbazal D.T.F.A.	1333,7	1390,4	1352,2	4,26	1,39
Herbazal D.T.F.N.A.	2136,0	2148,4	2167,5	0,58	1,48
Lagunas	45,1	37,6	40,4	-16,66	-10,49
Turberas	193,3	196,4	192,4	1,63	-0,46

Fuente: Elaboración propia

Al generar las proyecciones de cambio para el 2030 de las coberturas vegetales con información de los años 1988 a 2010 (Tabla 7), se prevé que el bosque abierto continua aumentando y disminuyendo el bosque denso, aunque con menor intensidad que en periodos anteriores; las proyecciones que solo tienen en cuenta la última temporalidad el porcentaje de cambios predichos son menores para el bosque denso y el bosque abierto. Estas transformaciones de los ecosistemas son un proceso acumulativo, que responde a diversos factores socioeconómicos tales como el asentamiento humano, al aprovechamiento de los recursos naturales y al

desarrollo de la infraestructura física. Lo anterior implica que los ecosistemas originales son parcial o completamente reemplazados por paisajes antropogénicos, amenazando la capacidad del ecosistema de mantener sus funciones y prestar servicios esenciales para el bienestar humano (Armenteras et al., 2011; Etter et al., 2016), esta condición pone en riesgo el bienestar de las comunidades humanas del territorio, dado que la disponibilidad de bienes y servicios ambientales en estas condiciones se limita en ocasiones a los mínimos ambientales viables para mantener las funciones ecosistémicas: por ende cualquier intervención adicional con fines extractivos puede afectar la estabilidad socioecosistémica y propiciar condiciones para la transformabilidad.

4.2.2 Aplicación de índices de paisaje para el norte del PNN Puracé

La fragmentación del paisaje tiene tres componentes principales, la pérdida del hábitat original, reducción en el tamaño del parche de hábitat, y el aumento de aislamiento de los parches de hábitat (Botequilha y Ahern, 2002), los cuales se visualizan mediante los índices aplicados. Se obtuvieron resultados para los siguientes índices de paisaje por cada tipo de cobertura; porcentaje de cobertura (PLAND), número de parche (NP), densidad de parches (DP), tamaño promedio de los parches (AREA), radio de giro (GYRATE_NM), densidad de borde (ED), un índice de forma (SHAPE) y un índice de agregación (MESH) (Tabla 8).

Se puede evidenciar incremento del número de parches en todas las coberturas, siendo más notable en el primer periodo de tiempo evaluado; se pasó de 807 parches en 1988 a 1267 parches en 1999, a diferencia del paso de 1999 a 2010 que aumento en 96 parches, las coberturas que mayor cambio en el número de parches presentaron son el bosque denso que pasó de 57 a 92 parches y el bosque abierto que paso de 173 a 314 parches, estos cambios se dieron entre la temporalidad de 1988 a 1999. Así mismo se observó un aumento en la densidad de los parches (DP), porcentaje de área (PLAND) y disminución en el tamaño promedio de los parches (AREA), este último notorio en el Bosque denso (AREA: 1988=25 ha 1999=13,2 ha 2010=13,7 ha) (Tabla 8).

Estos cambios son evidencia de una fuerte presión sobre estos ecosistemas, un aumento en la tasa de disturbio sobre las coberturas vegetales, lo que indica una mayor pérdida de la continuidad de los fragmentos y hábitat naturales. Cualquier variación en el número y área de fragmentos sobre una cobertura en particular, indica la presencia de alteraciones sobre el paisaje relacionado con procesos de transformación producto de las alteraciones a que ha sido sometido el ecosistema a través de los años (Mosquera et al., 2014), dejando los parches más pequeños

más expuestos a los factores externos y al acceso de las poblaciones humanas y las actividades asociadas como la extracción de recursos, cacería, intrusión de animales domésticos, invasión de especies, entre otros, creando escenarios más complicado para la conservación (Botequilha y Ahern, 2002; Forman, 1995; Hobbs, 1997; Mosquera et al., 2014).

Tabla 8. Índices de paisaje calculados para las tres temporalidades en el norte del PNN Puracé

AÑO	COBERTURA	PLAND	NP	DP	ED	AREA	GYRATE _MN	SHAPE _MN	MESH
1988	Bosque Abierto	8,1	173	2,9	26,6	2,8	62,0	1,4	1,7
	Bosque Denso	24,1	57	1,0	25,4	25,0	144,2	1,6	118,4
	Bosque Fragmentado	4,1	95	1,6	15,6	2,6	65,0	1,5	0,6
	Herbazal D.A.	1,3	74	1,2	6,8	1,1	43,4	1,3	0,0
	Herbazal D.T.F.A.		223	3,8	62,6	6,0	78,6	1,6	32,7
	Herbazal D.T.F.N.A.		145	2,4	63,3	14,5	97,2	1,6	227,9
	Lagunas	0,9	14	0,2	2,1	3,9	69,9	1,3	0,1
	Turberas	3,5	26	0,4	5,2	8,0	72,1	1,3	5,3
	Total	100	807		207,6		632,4	11,7	386,7
1999	Bosque Abierto	10,1	314	5,3	41,1	1,9	50,5	1,4	1,8
	Bosque Denso	22,4	101	1,7	27,7	13,2	91,4	1,5	80,8
	Bosque Fragmentado	4,0	97	1,6	17,2	2,4	60,1	1,6	1,0
	Herbazal D.A.	1,2	110	1,9	6,7	0,7	29,8	1,2	0,1
	Herbazal D.T.F.A.	22,2	378	6,4	74,4	3,5	56,0	1,5	19,6
	Herbazal D.T.F.N.A.	35,8	217	3,7	72,9	9,8	64,5	1,4	317,2
	Lagunas	0,9	17	0,3	2,0	3,0	57,5	1,2	0,1
	Turberas	3,4	33	0,6	5,6	6,0	56,9	1,3	4,8
	Total	100	1267		247,6		466,6	11,0	425,4
2010	Bosque Abierto	10,5	314	5,3	41,7	2,0	50,0	1,4	1,9
	Bosque Denso	21,3	92	1,6	26,2	13,7	91,3	1,5	77,9
	Bosque Fragmentado	4,1	111	1,9	17,0	2,2	54,8	1,5	0,6
	Herbazal D.A.	1,7	195	3,3	11,4	0,5	28,5	1,2	0,0
	Herbazal D.T.F.A.	22,6	361	6,1	73,6	3,7	55,8	1,5	21,3
	Herbazal D.T.F.N.A.	35,7	242	4,1	74,1	8,7	66,7	1,5	243,9
	Lagunas	0,8	16	0,3	1,9	2,9	59,0	1,2	0,1
	Turberas	3,3	32	0,5	5,6	6,1	55,3	1,2	4,9
	Total	100	1363		251,6		461,4	10,9	350,6

Fuente: Elaboración propia

Los cambios en el norte del PNN Puracé se deben principalmente a procesos antrópicos, esto se puede corroborar con el índice complejidad de la forma de los fragmentos (SHAPE), el cual disminuye cada año, en particular del año 1988 al año 1999 (Tabla 8). A menores valores de este índice menor complejidad de las formas de los fragmentos; disminuyendo las formas amorfas o irregulares en relación al resto de coberturas que tienen formas rectangular u oblonga, las formas irregulares se asocian a patrones históricos de fragmentación, mientras que las formas regulares están relacionadas con la intervención del ser humano en la delimitación de sus áreas (Mcgarigal et al., 2002;1995; Ruiz, 2013).

El índice MESH (Effective Mesh Size) es una medida adicional de la fragmentación y aislamiento del paisaje, al tener en cuenta el número de parches y el tamaño respecto al área de estudio; determina la posibilidad que dos individuos se puedan encontrar sin la presencia de una barrera, coberturas como el Bosque denso bajo y el Herbazal D.T.F.A. presentaron disminución del índice MESH en las tres temporalidades, con particular atención entre 1988 y 2009, mientras que elementos como el Herbazal D.T.F.N.A y el Bosque abierto bajo presentaron los mayores incrementos (Tabla 8). La disminución en los primeros se asocia al aumento de la fragmentación de este tipo de coberturas, por lo tanto, disminuye la probabilidad de encontrar dos parches de la misma cobertura en la misma área, mientras que es más probable encontrar elementos de coberturas como el Herbazal D.T.F.N.A y Bosque abierto bajo debido asociadas al aumento de procesos antrópicos.

Según el índice de densidad de borde (ED) la densidad de los bordes aumento con el tiempo, la cobertura Herbazal D.T.F.N.A. y Herbazal D.T.F.A. (Tabla 8) poseen los valor más alto respecto a las demás coberturas vegetales en todos los años, esto hace que se aumente la permeabilidad de unidades para procesos de intercambio en función del porcentaje de borde, que puede facilitar la presencia de especies generalistas (Forman, 1995).

En cuanto a la extensión o elongación medida mediante la métrica GYRATE (Radio de Giro), el cual determina la longitud de correlación debido a que es una métrica dependiente del tamaño del fragmento, según (Aguilera y Botequilha-Leitão, 2012) Aguilera Benavente y Botequilha-Leitão, (2012) necesita ser relacionada con el AREA, debido a que incrementos del área de los fragmentos se traducen en un mayor valor del GYRATE. Todas las coberturas presentan disminución en el valor de la elongación en las tres temporalidades (Tabla 8), seguramente asociado a la disminución del área de los fragmentos; a medida que transcurren las temporalidades se aumenta el NP y disminuye el AREA, aumentos en el valor del índice GYRATE se interpretan como parches más extensos

(Gonzales, 2011), Las coberturas que presentan parches más extensos son el Bosque denso y el Herbazal D.T.F.N.A, seguramente asociado a las limitaciones biofísicas y geomorfologías, climáticas y del suelo para el establecimiento de la vegetación.

La presencia de paisajes morfológicamente complejos y extensos se redujo como indican los índices GYRATE y SHAPE (Tabla 8) en su conjunto entre los tres años, en particular en el paso del año 1988 a 1999. Al comparar entre fragmentos los que tienen formas más compactas son el herbazal, el bosque fragmentado y el bosque abierto, mientras que coberturas como el bosque denso y el Herbazal D.T.F.N.A. presentan las formas más elongadas y se asocian a una mayor conectividad de estos elementos en el paisaje.

La disminución en los procesos de fragmentación y el aumento del bosque denso para el paso del año 1999 a 2010, puede estar asociado a diversas acciones, por un lado para la época ya se había consolidado un sistema socioeconómico y la mayoría de las áreas ya se habían colonizado, por otro lado a partir de 1999 se concertaron actividades en busca de procesos de conservación para el manejo del área protegida con el fin de lograr la conservación de los recursos naturales(UASPNN, 2004b; Ospina, 2013).

4.2.3 Análisis de vegetación en contexto de la riqueza y estructura

A partir del análisis de paisaje y teniendo en cuenta las actividades antrópicas a la que estaban expuestas así como su accesibilidad se seleccionó cuatro de las coberturas vegetales con diferente nivel de antropización para el análisis estructural y de diversidad funcional (Tabla 9)

Tabla 9. Coberturas, localidades seleccionadas para el análisis estructural y de diversidad funcional

Cobertura	Localidad	Actividades								Proporción P/A	Nivel
		Tala		Quema		Pastoreo		A.menores			
		P	A	P	A	P	A	P	A		
Bosque denso	San Juan		X		X		X		X	0/4	Menos antropizado
Bosque abierto	Pilimbalá		X		X		X		X	4/0	Antropizado
Herbazal D.T.F.N.A. (Páramo)	San Rafael	X		X		X		X		0/4	Antropizado
Herbazal D.T.F.A. Arbustal	San Rafael	X		X		X		X		0/4	Antropizado
Herbazal D.T.F.N.A. (Páramo)	San Juan		X		X		X	X		¼	Menos antropizado

Fuente: Elaboración propia

Riqueza y composición florística

Se registraron 78 especies de plantas distribuidas en 28 familias y 45 géneros en el total de parcelas estudiadas. En el Bosque denso se registró un total de 33 especies, 21 géneros y 16 familias. En el bosque abierto se obtuvo un total de 32 especies, 26 géneros y 19 familias (Tabla 10).

Teniendo en cuenta a Cuatrecasas, (1958) el Bosque denso y el Bosque abierto se encuentran en selva andina por la presencia de los géneros: *Weinmannia*, *Clusia*, *Miconia*, *Oreopanax*, entre otros. Así mismo, la representatividad de la familia Melastomataceae y el género *Miconia* considerados como uno de los taxa más ricos en especies para bosques andinos (Gentry et al., 1995), similar a reporte de: Araujo-Murakami, (2005), Avella-M, (2014), Duque y Rangel-Ch, (1986), Rangel-Ch y Garzon-C, (1995), Rangel-Ch y Lozano-C, (1986) 8 Sanín y Duque, (2006).

Los resultados del presente estudio coinciden con los taxones reportados por Van der Hammen et al., (1997) para bosque alto andino y los géneros encontrados por (Gentry et al., 1995) en altitudes similares (alrededor de los 3000 msnm) con la presencia de géneros como: *Ocotea*, *Weinmannia*, *Hesperomeles*, *Oreopanax*, *Myrsine*, *Miconia*, *Clusia*, entre otros.

Tabla 10. Riqueza de especies por localidad de muestreo para el norte del PNN Puracé

Localidad	Individuos	Familias	Géneros	Especies
Bosque denso	442	16	21	33
Bosque abierto	615	19	26	32
Herbazal D.T.F.N.A. (menos antropizado)	432	6	12	15
Herbazal D.T.F.N.A. (mas antropizado)	342	10	14	21
Herbazal D.T.F.A. (arbustal)	336	10	13	16
Total	2167	28	45	78

Fuente: Elaboración propia

La familia Asteraceae presentó una dominancia marcada en cuanto a riqueza de especies y géneros en el Bosque abierto, lo cual coincide con lo reportado por Araujo-Murakami et al., (2005), García et al., (2014), Paloma y Rocha-Caicedo, (2012), Rangel-Ch y Garzon-C, 1995), para bosques altoandinos. También se destaca por su representatividad como una de las familias más importantes en especies pioneras, relacionadas con la capacidad de establecimiento en

condiciones difíciles por su estrategia de dispersión. En el bosque abierto podría deberse a la actividad antrópica que genera procesos de sustitución de la vegetación boscosa por una vegetación abierta secundaria dominada por especies del páramo con buena capacidad de colonización en la alta montaña (Velasco-Linares y Vargas-Rios, 2008; Gonzales, 2011).

En el Herbazal D.T.F.N.A. (menos antropizado, páramo de San Juan) se registraron 15 especies, 12 géneros y 6 familias, para el Herbazal D.T.F.N.A. (más antropizado, páramo de San Rafael) se encontraron 21 especies, 14 géneros y 10 familias, las familias con el mayor número de especies. Las familias más ricas registradas corresponden con los registros de Rangel-Ch, (2000) y Rangel-Ch y Garzon-C, (1995) así como los reportes de Gentry et al., (1995), destacándose Asteraceae, Ericaceae, Melastomataceae, Poaceae y Bromeliaceae como las familias más ricas en especies a elevadas altitudes. Para el Para el Herbazal D.T.F.N.A. (mas antropizado) la familia con el mayor número de especies es Poaceae, característico de los páramos de gramíneas, cuyos límites varían entre 3200 (3600 msnm) y 4100 msnm. (Rangel-Ch y Velázquez, 1997). Un aspecto importante para la resiliencia de los ecosistemas es la presencia de más de una especie dominantes dentro de cada grupo funcional lo que incrementa la redundancia funcional y por tanto la capacidad de responder o adaptarse ante cambios ambientales (Hooper et al., 2005; Díaz et al., 2006). Es decir, a mayor número de especies, o familias con grupos funcionalmente similares mayor es la probabilidad de que al menos una especie sobreviva ante posibles perturbaciones, de manera que se mantengan los servicios que el ecosistema es capaz de proveer (Díaz et al., 2006; Martín-López et al., 2007). (Anexo 3).

Las condiciones altitudinales (3.000 y 3.500 msnm) así como la presencia de comunidades o asociaciones vegetales con especies características como *E. hartwegiana*, *C. effusa*, *C. tessellata*, *B. loxense* en los Herbazales corresponden a las descripciones de Rangel-Ch y Velázquez (1997), Rangel-Ch (2000) para el páramo y según Cuatrecasas (1989) para el páramo propiamente dicho (3200 - 3600 m y 4100 m) (Van der Hammen et al., 1997). (Anexo 3).

Dentro del Herbazal D.T.F.A. se encontraron 16 especies, 13 géneros y 10 familias, siendo Asteraceae (5 spp.) la familia que tiene el mayor número de especies. Las especies encontradas corresponden con los resultados obtenidos por Rangel-Ch y Velázquez (1997) que muestran la dominancia de los géneros *Diplostephium*, *Pentacalia*, *Hypericum* y *Miconia*. La presencia de dichos géneros permite clasificar los sitios de muestreo en el piso subpáramo según Cuatrecasas, (1989). (Anexo 3).

4.2.3.1 Representatividad de los muestreos

El promedio de los valores esperados de riqueza de los estimadores Chao 2, Jackknife 1 y Jackknife 2 indica que la representatividad del muestreo para el bosque denso es del 77,27 % y para el bosque abierto del 65,45 %, mientras que para el páramo de San Juan (herbazal D.T.F.N.A menos antropizado) y para el páramo de San Rafael (herbazal D.T.F.N.A mas antropizado) representan 40,76 % y 97,36 % respectivamente, el arbustal en San Rafael logro 100 % de las especies esperadas (herbazal D.T.F.A). El número de especies encontradas en el páramo ubicado en san Rafael se encuentra dentro del rango que establecen (Range- Ch y Franco, 1985; Rangel-Ch y Lozano-C, 1986); entre 18 y 23 especies por levantamiento.

Para otros bosque altoandinos se han encontrado cantidad de especies similares (Duque y Rangel-Ch, 1986; Rangel-Ch y Lozano-C, 1986; Gentry et al., 1995; Paloma y Rocha-Caicedo, 2012). La riqueza de especies se encuentra entre los rango esperados (23,1 y 34,7) para los Andes a altitudes entre los 3200 y 3400 msnm según la ecuación de regresión de Gentry et al., (1995) ($y = -0.058x + 220.3$ $R^2 0,71$ $P < 0,001$) para especies como diámetro ≥ 2.5 cm en 0.1 ha

Según Range- Ch y Franco, (1985) las áreas de páramo del sector norte del PNN Puracé son pobres florísticamente en comparación con otras regiones posiblemente debido a la inestabilidad de la región paramuna en vertientes con volcanes activos, debido a que el volcán Puracé es uno de los más jóvenes de la cadena volcánica de los Cococnucos, con importante actividad histórica (Monsalve y Arcila, 2012; Pulgarin et al., 1993). A si como también podría atribuirse a la especificidad de hábitat y la ubicación de cada transecto sobre los mismos (Gentry et al., 1995). Por lo tanto, estudios a mayor escala o inventarios generales puede mostrar un mayor número de micro hábitats e incrementar el número de especies (Figura 27).

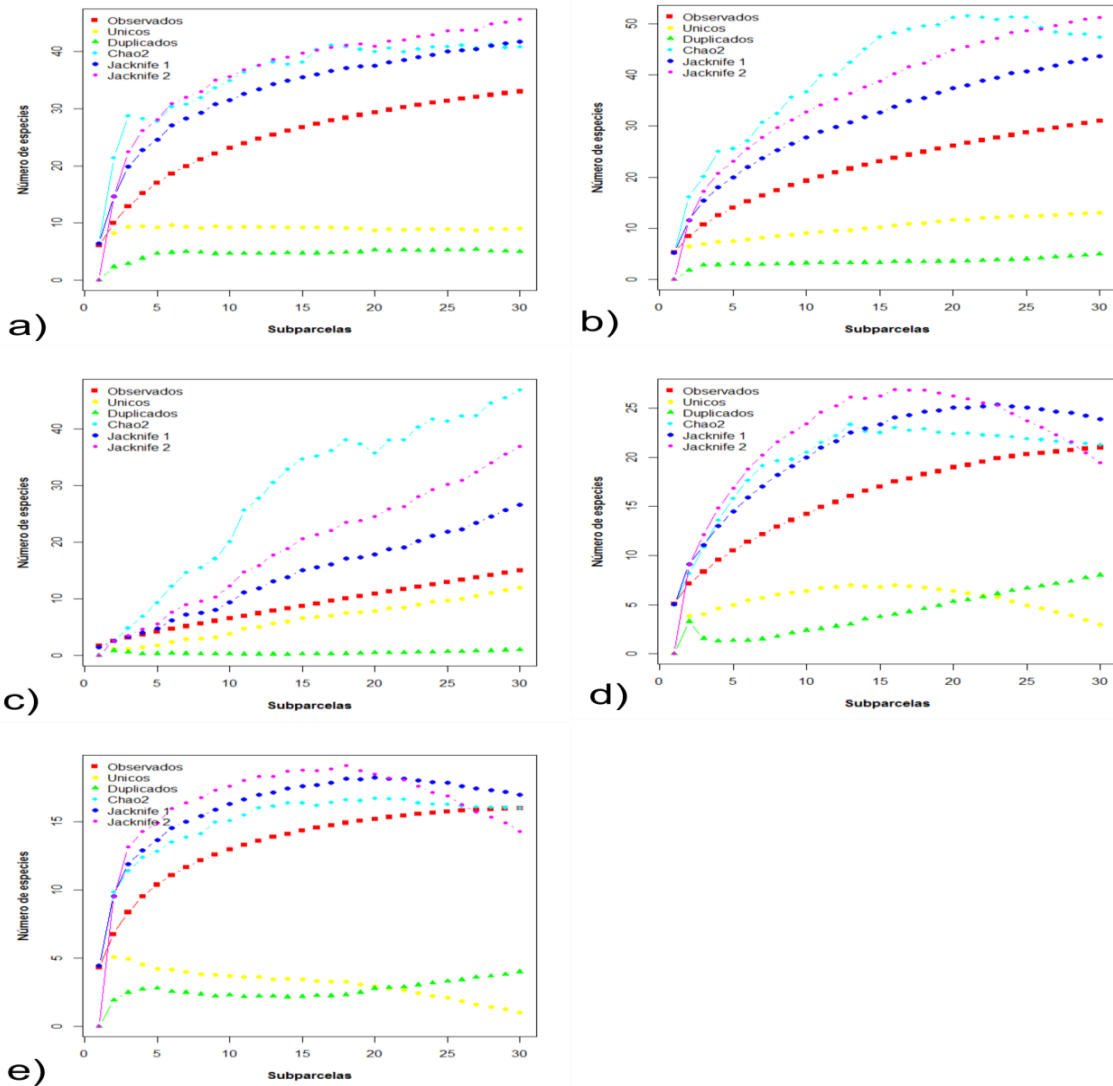


Figura 27. Curva acumulación de especies por cobertura. a) Bosque denso b) Bosque abierto c) Herbazal D.T.F.N.A. (menos antropizado) d) Herbazal D.T.F.N.A. (mas antropizado) e) Herbazal D.T.F.A

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.2 Índices de diversidad

La diversidad florística estimada mediante el Índice Alfa de Fisher es de 8,23 para el Bosque denso, 7,16 para el Bosque Abierto, y 3,5 para el Herbazal D.T.F.A, este índice es independiente del tamaño de la muestra, hecho que permite comparar sitios con porcentajes observados de sitios diferentes.

Para aproximarse a la estructura de la comunidad, se determinó el índice de dominancia de Simpson (D), el cual pondera según la abundancia de las especies más comunes, y se basa en la probabilidad de que dos individuos cualesquiera extraídos al azar de una comunidad pertenezcan a la misma especie. Los valores obtenidos muestran que la localidad con mayor homogeneidad fue el Bosque denso, seguida por el Bosque abierto, el Herbazal D.T.F.A, Herbazal D.T.F.N.A. (menos antropizado) y Herbazal D.T.F.N.A. (mas antropizado). Las especies más dominantes que estarían influyendo en el alto valor en el Herbazal D.T.F.N.A. (menos antropizado) serían *Weinmannia mariquitae*, *Miconia gleasoniana*, *Clusia multiflora*, *Miconia orcheotoma* y *Symplocos quitensis* influenciados por el área basal y la densidad (Figura 28).

El índice de Shannon-Weaver indica que la localidad con mayor uniformidad en abundancias por especies en la muestra fue el bosque denso 2,76, seguido por el Herbazal D.T.F.N.A. con 2,26, el Bosque abierto con 2,11 y por último los Herbazales D.T.F.N.A. (mas antropizado) con 1,53 y Herbazal D.T.F.N.A. (menos antropizado) con 1,21. Además indica que en casi todos los sitios las especies presentes en bosques y páramos están representadas por número de individuos semejantes. Teniendo en cuenta que a nivel ecológico la resiliencia refiere a la capacidad de un ecosistema de absorber perturbaciones y reorganizarse mientras experimenta estrés y manteniendo básicamente la misma estructura, funcionamiento (Carpenter et al., 2001; Elmquist et al., 2003; Folke et al., 2004), el posible mantenimiento de la estructura del ecosistema, implica la presencia de diferentes grupos funcionales y las interacciones entre ellos, considerados como una de las posibles fuentes de resiliencia ecológica (Martín-López et al., 2007).

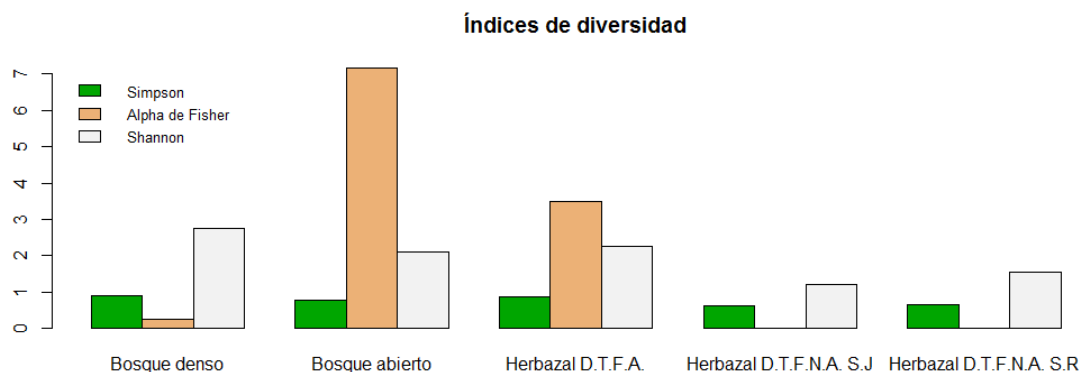


Figura 28. Índices de diversidad por tipo de cobertura evaluada

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.2 Parámetros estructurales de la vegetación

Las variables estructurales altura total, altura al fuste, área basal y el área de la copa no se ajustaron a la distribución Normal ($W=0,24$ hasta $0,90$ y $p= 6.970809e-12$ hasta $6.253241e-44$), por lo tanto, se realizaron pruebas no paramétricas. Se encontraron diferencias significativas entre altura total ($H= 1543.2,4$, $p < 2.2e-16$), altura al fuste ($H = 941.21$, $p < 2.2e-16$) área basal ($H = 152.43$, $p < 2.2e-16$) y área de la copa ($H= 1185.9$, $P < 2.2e-16$)

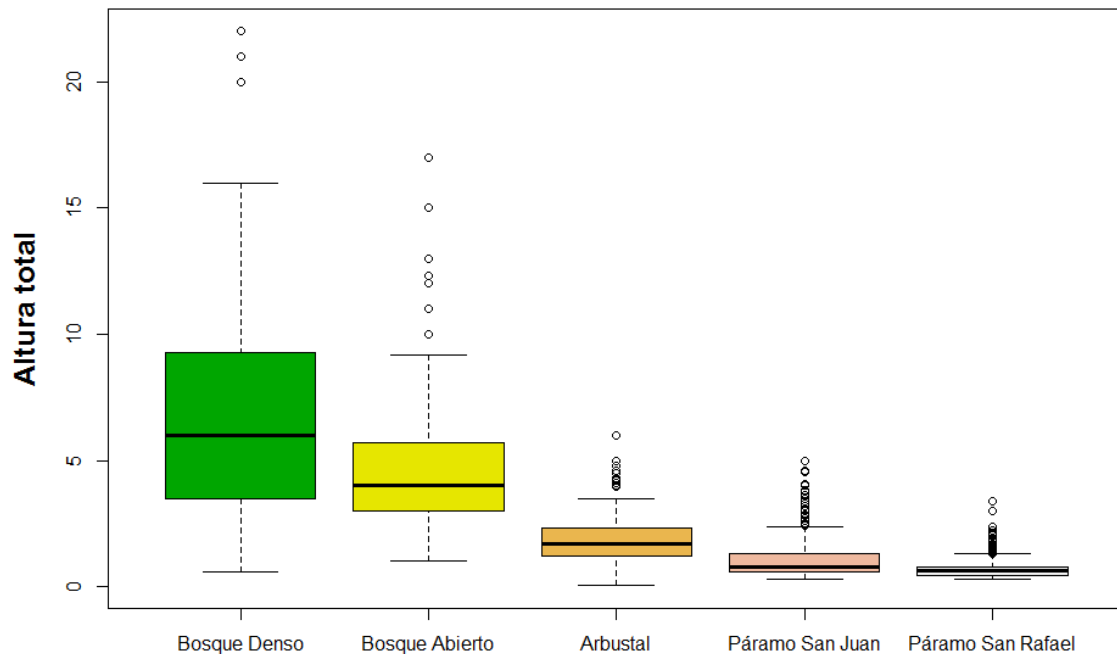


Figura 29. Altura total por tipo de cobertura evaluada

Fuente: Elaboración propia

La altura total presentó diferencias significativas entre el bosque denso (6,77 m ($\pm 3,71$)) y el bosque abierto (4,54 m ($\pm 2,1$)) ($p=1.3e-05$, Prueba de Dunnett). (Figura 29). Estas diferencias pueden estar asociadas a los procesos de intervención antrópica que ocurren en el bosque abierto, como son la tala selectiva para la obtención de madera y leña (sección servicios ecosistémicos) así como a causas geomorfológicas y altitudinales. Cabe destacar que según información de la comunidad, (Rangel-Ch y Lozano-C, 1986; Herrera y Piñeros, 1989) y los vestigios de troncos de árboles con mayor diámetro en el bosque Abierto existían árboles de mayor altura y diámetro pero fueron talados para obtener principalmente combustibles. Así mismo, se presentan diferencias significativas entre el herbazal D.T.F.N.A menos antropizado (1,11 m ($\pm 0,81$), páramo San Juan) y el páramo de

San Rafael (0,73 ($\pm 0,43$), herbazal D.T.F.N.A mas antropizado) ($p = 1.3e-05$, Prueba de dunnett). La diferencia en alturas según Premauer y Vargas, (2004) y Vargas et al., (2002) de se puede asociar al aumento de la intensidad de disturbio (fuego con pastoreo) que disminuyen la altura y cobertura de los chusques.

El valor del área basal relativa es igual a la dominancia relativa para bosques y el Herbazal D.T.F.A, mientras que para Herbazal D.T.F.N.A la dominancia relativa está determinada por la cobertura relativa de la especie. Se encontraron diferencias significativas entre bosques ($p=0.048$, Prueba de dunnett) y entre páramos ($p=0.048$ Prueba de dunnett), Esta diferencia que se presenta entre los bosques se debe principalmente al tamaño de los individuos, el cual seguramente está determinado en gran medida por los procesos de intervención antrópica; en el Bosque abierto se observa tala selectiva de individuos con mayor área basal y altura, mientras que en el bosque denso no se reporta evidencia de actividad antrópica reciente aunque se requieren más sitios de muestreo para comprobar esta afirmación (Figura 30).

El bosque denso presento un área basal total de $11,15 \text{ m}^2$ en $0,3 \text{ ha}$, donde los altos valores en las áreas basales están representados por *W. mariquitae* ($5,68 \text{ m}^2$), *M. gleasoniana* ($0,88 \text{ m}^2$), y *C. multiflora* ($0,87 \text{ m}^2$), *M. orcheotoma* ($0,41 \text{ m}^2$) y *Symplocos quitensis* ($0,39 \text{ m}^2$), estas 5 especies representan el 75 % del área basal total, mientras que en el bosque abierto el área basal total es de $5,6 \text{ m}^2$ en $0,3 \text{ ha}$, la mayor parte del área basal se encontró distribuida entre: *W. mariquitae* ($2,1 \text{ m}^2$), *M. orcheotoma* ($0,3 \text{ m}^2$), *Miconia* sp.7 ($0,44 \text{ m}^2$) y *Hesperomeles ferruginea* ($0,33 \text{ m}^2$), que representan el 76,5 % del total. En el arbustal él se encontró un AB total de $0,9 \text{ m}^2$, las especies que más aportan son *M. puracencis* ($0,20 \text{ m}^2$), *Diplostephium* cf *cinerascens* ($0,14 \text{ m}^2$), *Themistoclesia mucronata* ($0,14 \text{ m}^2$) y *Diplostephium* cf. *floribundum* ($0,17 \text{ m}^2$), que coincide con las especies que mayor cobertura de copa presentan. Según Cuatrecasas (1958) en la selva andina es común encontrar alta dominancia de los géneros *Weinmannia*, *Clusia*, *Miconia*, *Oreopanax*, a altitudes elevadas.

Las especies que presentan los valores altos de IVI tienen amplia distribución, en toda el área de estudio el género *Weinmannia* presenta 4 spp., el cual es considerado uno de los géneros característicos de la selva andina a elevadas altitudes (Cuatrecasas, 1989). Según Van der Hammen et al., (1997) la presencia comunidades dominadas por especies del genero *Weinmannia*, parecen preferir capas fumíferas gruesas, y se asocian a vertientes húmedas marcando el límite superior en la distribución de la vegetación con porte arbóreo.

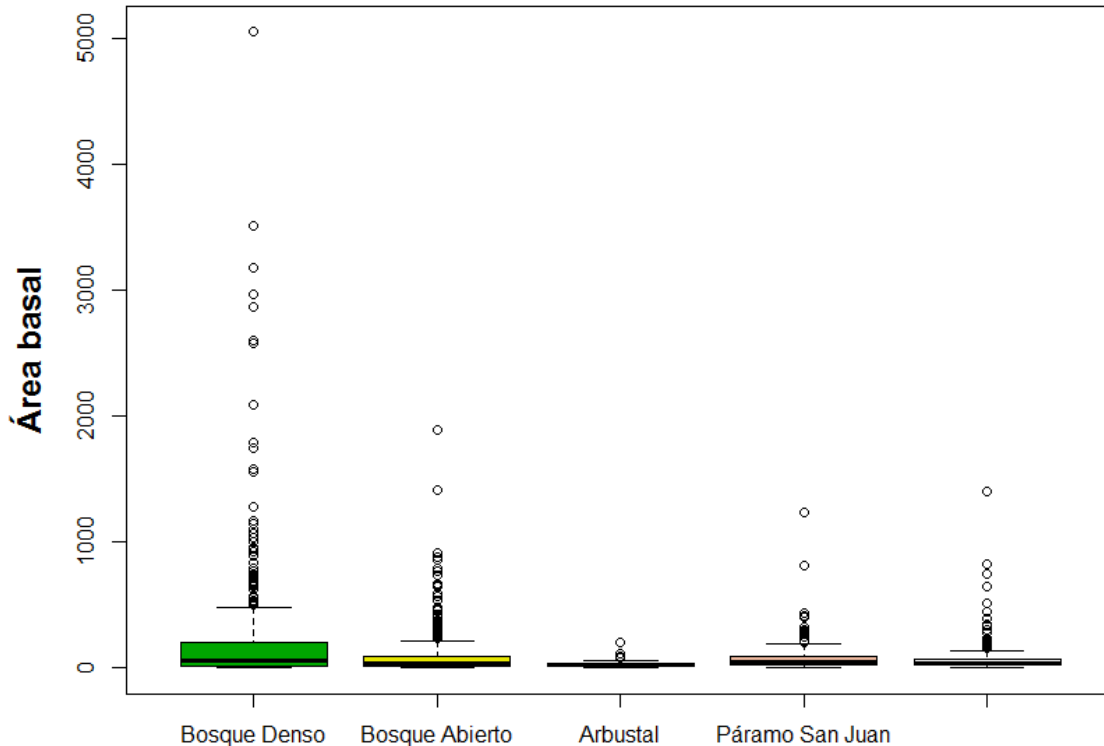


Figura 30. Área basal por tipo de cobertura evaluada
 Fuente: Elaboración propia

Los resultados reportados en el presente estudio se asemejan a los obtenidos por Araujo-Murakami et al. (2005) a 3360 msnm en individuos con DAP >2.5 cm, en cada 0,1 ha encontraron área basal que varían de 1,61 a 3,36 m². Al igual que se asemejan en parte a los resultados de Rangel-Ch y Lozano-C, (1986), con la coincidencia de especies dominantes como: *C. multiflora* para el sector San Juan a 3050 msnm. Por otro lado, el área basal obtenida es menor a la reportada por (Abud-Hoyos y Torres-González, 2015) en 0,1 ha en sector San Juan, en el que encontraron un área basal total de 6,19 m², seguramente se debe a la inclusión de lianas y especies no leñosas en el muestreo.

Son dominantes las especies con mayor biomasa total; el AB o diámetro del tronco es la variable con mayor contribución para determinare la biomasa (Álvarez et al., 2011; Chave et al., 2005; Chave et al., 2001).

Cobertura de copa relativa

La cobertura de copa tiene particular importancia en los herbazales, debido a que se utiliza para determinar la dominancia de las especies en los transecto (Rangel-Ch y Velázquez 1997). La cobertura de copa entre herbazales no presento diferencias significativas ($p=0.658$). Aunque al realizar comparaciones ente especies dominantes de acuerdo a Orlando Vargas se encontraron diferencias significativas entre *Blechnum* ($h = 104.41$, $p < 2.2e-16$) y *Chusquea tessellata* ($h= 0.0033738$, $p= 0.9537$) a diferencia de *E. hartwegiana* que no presento diferencias significativas ($h = 234.22$, $p = 0.4469$). La diferencia puede asociarse a que *E. hartwegiana* a pesar de ser afectada por los procesos antrópicas, sus hojas no son consumidas por las vacas que si ocurre por ejemplo con chusques; los Bambusoide de chusque se comportan van perdiendo estratos verticales con el aumento en la intensidad del disturbio por fuego y pastoreo (Premauer y Vargas, 2004), por otro lado, aunque *Blechnum* no es consumida por el ganado sus coberturas se ven afectadas por el fuego, debido a que sus tejidos no presentan cubierta protectora (Tabla 11, Figura 30).

Tabla 11. Cobertura de copa para las especies dominantes en los herbazales. Donde Ab: área basal, AbR: área basal relativa, Copa: Cobertura de copa de la especie y CopaR: Cobertura de copa relativa

	Herbazal D.T.F.N.A. (menos antropizado) Páramo San Juan				Herbazal D.T.F.N.A. (mas antropizado) Páramo San Rafael				
	Ab	AbR	Copa	CopaR	Ab	AbR	Copa	CopaR	
<i>Blechnum cf. Auratum</i>	1,10	42,55	42,86	31,97	<i>Calamagrostis effusa</i>	---	---	69,00	46,11
<i>Espeletia hartwegiana</i>	0,80	31,16	41,01	30,58	<i>Chusquea tessellata</i>	0,48	19,58	27,51	18,38
<i>Chusquea tessellata</i>	0,31	11,93	37,81	28,20	<i>Espeletia hartwegiana</i>	0,64	26,21	20,36	13,60
<i>Greigia sp.</i>	0,29	11,21	5,93	4,42	<i>Blechnum loxense</i>	0,85	35,05	13,34	8,92
<i>Guzmania sp.</i>	0,05	1,95	1,47	1,09	<i>Pentacalia vaccinioides</i>	0,00	0,08	4,31	2,88
<i>Baccharis genistelloides</i>	0,00	0,05	1,17	0,88	<i>Hypericum lancioides</i>	0,25	10,26	3,02	2,02
<i>Chusquea sp. 1</i>	0,00	0,00	0,85	0,63	<i>Diplostephium hartwegii</i>	0,02	0,64	2,75	1,84
<i>Weinmannia mariquitae</i>	0,01	0,23	0,53	0,39	<i>Chusquea cf. acuminata</i>	0,04	1,83	2,58	1,72
<i>Pernettya prostrata</i>	0,00	0,07	0,50	0,38	<i>Rhynchospora schiedeana</i>	0,02	0,88	1,15	0,77
<i>Pentacalia vaccinioides</i>	0,00	0,05	0,50	0,38	<i>Greigia sp.</i>	0,03	1,16	1,15	0,77
Subtotal	2,55	99,21	132,64	98,92		2,33	95,70	145,16	97,00
Otros	0,02	0,79	1,45	1,08		0,10	4,30	4,49	3,00
Total	2,57	100	134,09	100		2,44	100	149,65	100

Fuente: Elaboración propia

La dominancia de gramíneas como *Calamagrostis effusa* y *Chusquea tessellata* con coberturas que alcanzan un 64% de los transectos (Duque y Rangel-Ch, 1986) y *E. hartwegiana* con el 50% y el 80% de representatividad, coinciden con Range- Ch y Franco (1985) que reportan dominancia de dichas especies. Así como coincide con la presencia de *Blechnum loxense*, *Hypericum lancioides*, *Pentacalia vaccinioides* como especies acompañantes.

En el Herbazal D.T.F.N.A. (más antropizado) la dominancia de *Calamagrostis effusa*, seguramente relacionada con los procesos de intervención antrópica, según Vargas et al., (2002) el aumento de las intervenciones genera espacios abiertos que poco a poco han sido colonizados por el pajonal-frailejónal, en áreas que han sido muy alteradas.

A diferencia de los Herbazales, la cobertura de la copa entre bosques presento diferencias significativas entre bosque abierto y bosque denso (dunnett $p = 0.017$) (Figura 31). Para el bosque denso las especies con mayor copa son *W. mariquitae* (34,1%), *M. orcheotoma* (11,4%), *C. multiflora* (10,8%) y *M. gleasoniana* (9,7%?). En el bosque abierto las mayores coberturas de copa se presentan en *M. orcheotoma* (37,5 %), *W. mariquitae* (31,7 %). *Miconia* sp.7 (5,2%) y *Axinaea quitensis* (4,5 %). En el Arbustal las especies con mayor cobertura son *D. cf cinerascens* (25,7%), *T. mucronata* (18,4 %), *M. puracencis* (16,3 %) y *D. cf. floribundum* (15,4). que concuerdan con los reportes de Rangel-Ch y Lozano-C, (1986)

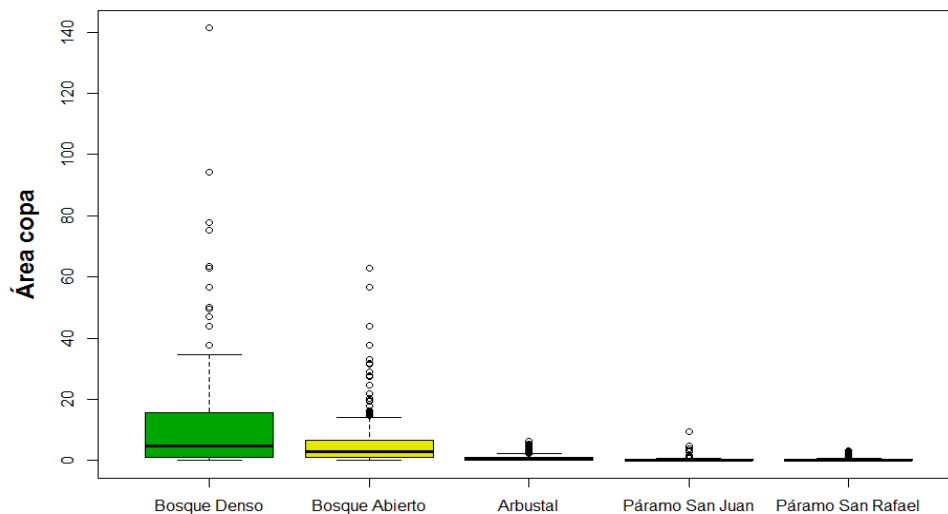


Figura 31. Área de copa por tipo de cobertura evaluada

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Aproximación a la diversidad funcional

4.2.4.1 Rasgos funcionales

La forma de crecimiento de los individuos evaluados fue principalmente arbórea (41%), arbusto (30,1 %), rosetas caulescentes (16,9 %), bambusoide (7,2 %), macolla (3,6%) y rosetas terrestres (1,2 %), está fundamentalmente determinada por la dirección y la extensión del crecimiento de dicha planta, y cualquier derivación del eje o ejes principal del tallo (Pérez-Harguindeguy et al., 2013).

La forma de crecimiento de una planta puede estar asociada con adaptaciones ecofisiológicas como la maximización de la producción fotosintética, la optimización de la altura y el posicionamiento del follaje para evitar o resistir el pastoreo (Pérez-Harguindeguy et al., 2013). Junto con la altura de planta, la forma de crecimiento determina la posición de los individuos en el estrato vertical y por lo tanto su acceso a la luz y su tasa potencial de crecimiento (Salgado et al., 2015; Carreño-Rocabado et al., 2016).

La cantidad de formas de crecimiento de las plantas de alta montaña tropical se asocia a su reciente aparición desde el punto de vista tectónico (final del cenozoico), sobre la cual se han presentado variaciones climáticas y gran cantidad de geoformas lo cual configuró un clima para cuya síntesis ambiental no habían organismos preadaptados (Monasterio, 2002). Además, la flora de alta montaña tiene un doble origen: por un lado los elementos extratropicales tanto aurales como boreales preadaptados a bajas temperaturas pero no a la isoterminia anual ni a la falta de una definición estacional de crecimiento y por el otro lado están los elementos de origen tropical preadaptados a ritmos continuos de crecimiento y funcionamiento que debieron adaptarse a las bajas temperaturas; este último elemento es el dominante para el bosque altoandino (Melastomataceae, Clusiaceae, Piperaceae, Ericaceae) (Cortés-Duque y Sarmiento, 2013).

Según la hipótesis del filtro ambiental las especies que coexisten, son más similares entre ellas de lo que se esperaría por el azar, debido a que las condiciones ambientales actúan como un filtro permitiendo que solamente algunos rasgos persistan como adaptación a las condiciones climáticas (McGill et al., 2006; Cleef, 2013). La forma de crecimiento es un rasgo que ha sido relacionado con cambios en la temperatura, la disponibilidad de nutrientes, la variación en la materia orgánica del suelo, la luminosidad y la radiación solar (Vargas et al., 2002).

Las formas de vida en roseta se caracterizan por presentar una densa masa de hojas, alta área foliar y área foliar específica, y bajos contenido foliar de materia seca, su forma parabólica se relaciona con la necesidad de luz, que actúa en los procesos de balance hídrico, mantenimiento de la temperatura y almacenamiento de carbono. Además, la gran cubierta de hojas muertas que rodean al tallo y aíslan el sistema vascular de la planta de las oscilaciones diarias de temperatura aporta carbono al ecosistema. El tallo está constituido por una médula central voluminosa, con crecimiento xilemático bien definido, de tejido parenquimatoso (bajas densidades de tallo), pero una alta capacidad para almacenar agua (Cleef y Cabrera, 2014).

Las macollas presentan hojas filiformes, con bajas áreas foliares (AF) pero cubren extensas coberturas (C.COPA), que se convierten en una trampa de niebla que tiene una alta capacidad para captar la humedad, el reducido diámetro y la disposición de sus hojas en forma casi vertical, les ayudan a evadir la intensidad de los rayos solares y probablemente a evitar los cambios de temperatura (Vargas et al., 2002; Cleef y Cabrera, 2014).

La forma de vida de arbustos se caracteriza por las presencias de tallos delgados, densos y pequeñas hojas (baja AF) rígidas, más o menos coriáceas y ramosas (Alta AFE), con ramas variablemente leñosas y cortezas delgadas. Debido a su capacidad de ramificarse (Alta C.COPA), estos arbustos y árboles pueden aumentar el número de hojas por superficie, para crear copas densas y lo cual favorece su resistencia a los vientos fuertes y a la vez aumenta la captación de energía solar y acumulación de carbono (Cornelissen et al., 2003; Cleef y Cabrera, 2014).

Las formas bambusoides, generalmente presentan esclerofilia, que se traduce en hojas endurecidas y gruesas, así como tallos sólidos. En ecosistemas de alta montaña la mayoría de las plantas presentan gran variedad de formas y tamaños de las hojas como un mecanismo para reducir la competencia entre organismos cuyos rasgos están asociados directamente con el funcionamiento ecosistémico (Cleef y Cabrera, 2014).

Respecto a los rasgos cuantitativos los coeficientes de variación de los rasgos van de 29,72% para la densidad de tallo (DT), a 169,05% para el área foliar específica (AFE), la DT presentó un valor promedio de 0.56g/cm^3 , su valor máximo corresponde a la especie *Hesperomeles ferruginea* y *Clusia multiflora* ($0,672\text{ g/cm}^3$ y $0,69\text{ g/cm}^3$) y el mínimo para *Espeletia hartwegiana* ($0,115\text{g/cm}^3$). El alto coeficiente de variación del área foliar (AF) se debe a los valores mínimos de rasgos dados por *Diplostephium* cf. *cinerascens* y valores máximos de las

especies: *Espeletia hartwegiana*, *Blechnum cf. auratum*. Por otro lado, los valores extremos de Cobertura Copa (C.Copa) están representados por las especies *Greigia sp.* (valores mínimos) e *Ilex uniflora* y *Clusia multiflora* (valores máximos) (Tabla 12). La mayoría de los rasgos presentan alta variabilidad, seguramente asociado a la heterogeneidad de coberturas muestreadas y la ubicación sobre el trópico; la variabilidad intra-poblacional en platas de los rasgos es idiosincrática respecto al tipo de rasgo, la especie y las condiciones ambientales (Aquino, 2009; Salgado-Negret y Paz, 2015). El hecho que exista variabilidad en los rasgos, implica que no todas las especies juegan el mismo papel en el funcionamiento del ecosistema, producto no sólo de los factores ambientales selectivos más importantes, sino que también influyen sobre la tasa y magnitud de los principales procesos de los ecosistemas (Grime, 1998; Díaz et al., 2006; Bennett et al., 2015)

Tabla 12. Estadística descriptiva para los rasgos funcionales cuantitativos. Dónde: Cobertura copa: C. COPA, Densidad de tallo: DT, Altura Máxima: A. MAX, Área foliar específica: AFE, Área foliar: AF, Contenido foliar de materia seca: CFMS

Variable	Media	D.S	C.V	Mínimo	Máximo	Mediana
C.COPA	11,7	15,68	134,03	0,09	76,34	4,92 2 m ²
DT	0,49	0,14	29,72	0,12	0,69	0,53
A. MAX	4,71	3,77	79,95	0,64	14,4	2,56 m
AFE	12,96	5,47	42,18	3,58	31,25	13,24 mm ² mg ⁻¹
AF	4408,97	7147,65	162,12	69,12	27001,94	996,28 mm ²
CFMS	76,77	23,18	30,19	33,5	151,91	80,35 mg g ⁻¹

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la correlaciona entre rasgos (Tabla 13), los rasgos que presentaron correlaciones positivas significativas son el C. COPA, con A. MAX y DT (0,33 y 0,75). La DT también presento correlación positiva con A. MAX (0,56), CFMS (0,4) y correlación negativa con AFE (-0,38) y con AF (-0,33). La correlación negativa entre DT con AFE y AF sugiere que las especies utilizan energía para acumulación de nutrientes en hojas para la fotosíntesis y hace que sus reservas en cuanto a tallo sean menores (Villacís et al., 2014), relacionado con la presencia de especies como *Espeletia hartwegiana* que poseen DT muy baja y AF mayores. En cuanto a la correlación positiva entre DT y CFMS se asocia a que plantas con un alto porcentaje de fibras en el tejido foliar como en la madera por unidad de volumen, tienen alta densidad de madera como también alto CFMS (Aquino, 2009), la cual se presenta como una estrategia de funcionamiento de la planta que

se manifiesta en la producción y almacenamiento de biomasa en estructuras permanentes y en el uso eficiente de nutrientes.

La altura máxima se correlaciona positivamente con CFMS (0,27), así como el C.COPA y DT, seguramente asociado, la altura corresponde con la capacidad de anticiparse a los posibles recursos de luz y para dispersar diásporas (Díaz et al., 2016).

Tabla 13. Correlaciones de Spearman para los rasgos cuantitativos (Coeficientes\ probabilidades)

	C.COPA	DT	A. MAX	AFE	AF	CFMS
C.COPA	1	2,40E-03	5,00E-03	0,72	0,99	0,1
DT	0,33	1	3,10E-08	3,40E-04	2,10E-03	1,90E-04
A. MAX	0,75	0,56	1	0,83	0,97	0,01
AFE	-0,04	-0,38	-0,02	1	0,01	0,23
AF	0	-0,33	-3,60E-03	0,3	1	1,70E-03
CFMS	0,18	0,4	0,27	-0,13	-0,34	1

*Valores en negrita son correlaciones significativas con $p < 0.05$.

Fuente: Elaboración propia

El AFE presenta correlación positiva con el AF (0,3) y este último presenta correlación negativa con el CFMS la cual se puede deber a que juntos, en distintas proporciones, participan en procesos fotosintéticos. La correlación negativa del AF con el CFMS (-0.34), seguramente se debe a que en zonas con severas limitaciones de nutrientes son comunes las especies de plantas de crecimiento lento, con hojas esclerófilas en las que se maximice la captura de luz (Pérez-Harguindeguy et al., 2013).

4.2.4.2 Aplicación de índices de diversidad funcional: Media ponderada para la comunidad

Para la diversidad funcional no todos los individuos son iguales, a diferencia de las medidas de diversidad taxonómica sí importa la talla y peso de los organismos, se determinó un índice monorrasgo; la media ponderada de la comunidad (CWM), el cual se calcula a partir de un valor representativo del rasgo y de su abundancia relativa (Casanoves et al., 2011a) (

Tabla 14).

Tabla 14. Media ponderada de la Comunidad (CWM) para los rasgos cuantitativos medidos en el área de estudio

Cobertura	Rasgo					
	C.COPA	DT	A. MAX	AFE	AF	CFMS
Herbazal D.T.F.A	2,1	0,55	2,21	9,15	407,21	81,15
Bosque abierto	19,21	0,56	8,38	13,51	1552,03	97,45
Bosque denso	27,82	0,57	9,61	13,3	2672,13	83,63
Herbazal D.T.F.N.A (menos antropizado)	2,14	0,31	1,37	17,98	15648,34	59,36
Herbazal D.T.F.N.A (más antropizado)	12,5	0,29	1,07	8,81	3828,69	71,46

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la hipótesis de relación de masa, propuesto por Grime (1998), el papel de las especies en el ecosistema es proporcional a su biomasa; por lo tanto, los valores más abundantes de los caracteres funcionales de plantas serán los principales factores determinantes de los principales procesos ecosistémicos teniendo en cuenta la dinámica la dinámica biogeoquímica de los ecosistemas, los cuales debe ser predecible desde la CWM (Chávez 2011).

Al comparar el Bosque denso con el Bosque abierto, el primero tiene los mayores valores de CWM, a excepción del AFE y CFMS, siendo el C. COPA y AF los que mayor diferencia presentaron. Podría asumirse, por un lado que las plantas que fueron retiradas del Bosque denso pertenecían a especies con valores relativamente mayores de C.COPA, A.MAX y DT, que coincide con las encuestas y lo reportado en la literatura para usos de madera (Castillo, 1986; Alcaldia Municipal Puracé, 2000). Por otro lado, el bosque abierto puede jugar un rol en la fijación de carbono, debido a que se presentan menor AF, DM, C.COPA pero presenta mayor valor de AFE y CFMS característico de especies adquisitivas relacionado con la productividad primaria, rasgos importantes en procesos de fijación de carbono (Finegan et al., 2015; Carreño-Rocabado et al., 2016; Díaz et al., 2016).

Respecto a los herbazales, el Herbazal D.T.F.N.A. (menos antropizado) presenta los mayores valores ponderados para la mayoría de los rasgos foliares a excepción de C. COPA y el CFMS los cuales son mayores para el herbazal más antropizado, en ambos herbazales se presentan altos valores de AF en comparación con los las otras coberturas y bajos valores en DT debido a la necesidad de la planta de invertir recursos en procesos fotosintéticos. Los altos valores de los rasgos foliares y cobertura copa se podrían explicar según la teoría de partición óptima la cual afirma que las plantas deberían asignar recursos para

el órgano que adquiere el recurso más limitante, que para el caso se considera las tasas fotosintéticas y el ciclaje de nutrientes (Kleyer y Minden, 2015).

Rasgos de las plantas asociados con una mayor biomasa y una mayor inversión en la estructura, tales como la altura de la planta (A.MAX), forma de crecimiento, la cobertura de la copa (C.COPA) y la densidad de tallo (DT), se espera que influyan directamente sobre el almacenamiento biológico de carbono, tanto al interior de la planta, así como en el suelo, también se espera que las plantas más grandes tengan una mayor capacidad de arrojar más biomasa en forma de hojarasca por unidad de superficie y por lo tanto contribuir directamente a la acumulación de C en el suelo (Cornelissen et al., 2003; Conti y Díaz, 2013; Lavorel, 2013), que a su vez presentan fuerte valor explicativo a propiedades ecosistémicas como la productividad primaria, y la acumulación de carbono en vegetación y en suelo que inciden en servicios como la regulación del clima a través de secuestro biológico de carbono, la provisión de madera y leña y la fertilidad del suelo (Cornelissen et al., 2003; Díaz et al., 2016). La mayoría de estos rasgos presentan medias ponderadas mayores en los sitios menos antropizados (Bosque denso, Herbazal D.T.F.N.A menos antropizado).

Un alto contenido foliar de materia seca en el bosque abierto y el herbazal más antropizado están relacionados con alta densidad de los tejidos foliares, e inversión en defensas estructurales, pero con bajas tasas de descomposición de la hojarasca así como utilización eficiente los recursos disponibles en el ambiente lo que podría explicar los altos valores en sitios antropizados (Villacís et al., 2014; Salgado y Paz, 2015), mientras que el CFMS bajo en el bosque denso es reflejo de un proceso lento de conservación de nutrientes característico de especies conservativas o de crecimiento lento (Villacís et al., 2014).

Teniendo en cuenta que el CFMS se obtiene a partir de la división entre la masa seca y la masa fresca de la hoja saturada de agua, bajos valores de CFMS en herbazales menos antropizados implican que las plantas tienen alto contenido de agua en sus estructuras internas. Además, junto con la forma de crecimiento, la cobertura de la copa y el contenido de materia seca se relacionan con procesos de interceptación y escurrimiento vertical, balance entre evaporación, infiltración y escorrentía relacionados con el servicio de regulación de la cantidad y calidad de agua (Cornelissen et al., 2003; Conti y Díaz, 2013).

Así mismo, rasgos como la forma de crecimiento, área foliar y área foliar específica y contenido foliar de materia seca se relacionan con la productividad del forraje importante para la provisión de alimento para herbívoros destacando el aporte de los herbazales del norte del PNN Puracé. En ese sentido los cambios de

coberturas vegetales estarían afectando uno de los principales servicios ecosistémicos asociados a la figura del parque, la provisión de hábitat para sostener la diversidad animal.

La altura de la planta, la cobertura de copa se relacionan con el albedo y rugosidad del dosel, intercambio de calor entre vegetación y atmósfera, evapotranspiración que a su vez inciden en el servicio de regulación climática a través de intercambios de calor con la atmósfera (Casanoves et al., 2011a; Pérez-Harguindeguy et al., 2013).

Aunque no se ha reportado una tendencia en la variación funcional con los niveles de intervención, diversos estudios han encontrado que sitios con diferente estado de intervención antrópica pueden ser similares en sus propiedades funcionales o incluso llegar a ser más diversos funcionalmente que áreas conservadas (Carreño-Rocabado et al., 2016). La poca diferenciación funcional también puede deberse que las intervenciones antrópicas no tiene la suficiente fuerza para provocar cambios importantes en la composición de los rasgos funcionales o a una consecuencia del uso de la tierra que no cambia la base de recursos con suficiente fuerza para pasar a un estado diferente del sistema y suceder en otro tipo de ecosistemas (Holling, 1973; Conti y Díaz, 2013).

Aunque existe una gran cantidad de información disponible sobre el cambio de cobertura terrestre, tanto en forma de mapas de cambios de vegetación y como proyecciones basadas en escenarios, existen pocas herramientas para traducir esta información en forma de indicadores pertinentes de procesos ecosistémicos o la provisión de servicios ecosistémicos (Díaz et al., 2007). La relación entre la diversidad funcional, los procesos ecosistémicos es una tarea compleja que implica grandes retos debido al que el funcionamiento de los ecosistemas abarca una variedad de fenómenos biofísicos, biológicos y antrópicos, que generen ciertas propiedades de los ecosistemas.

La diversidad funcional ha sido propuesta como la clave para entender la relación entre la diversidad, la estructura de las comunidades y el funcionamiento de los ecosistemas (Tilman et al., 1997), aunque aún no es claro como todos estos componentes interactúan entre ellos, se reconocen métricas como la media ponderada de la comunidad, a partir del supuesto que las especies que mayor biomasa aportan puede afectar los servicios ecosistémicos a través de su efecto sobre los procesos ecosistémicos, en particular con los procesos biogeoquímicos relacionados con el almacenamiento de carbono, el ciclaje de nutrientes y el ciclo del agua de particular importancia para el PNN Puracé.

4.1.5 Representación de los factores claves de la resiliencia mediante aplicación del índice integrado relativo de antropización (INRA)

Las caracterizaciones de las actividades antrópicas del sector como factores clave nos permite obtener una visión general de la zona en términos de la intervención, una manera de representar e integrar la información obtenida en campo es a través del método Índice Integrado Relativo de Antropización INRA (Martínez-Dueñas, 2010; Plaza-Ortega et al., 2017) se plantea un esquema de las zonas sin Intervención, poco intervenida, intervenida, muy intervenida y transformada. Con el análisis de las coberturas (teniendo en cuenta un análisis detallado realizado para una ventana de observación en términos de estructura, función y cambio de cobertura que se presenta en el acápite 4.2). Se asigna un valor entre 0 y 1 cualitativamente, donde 0 es un área sin modificación antropogénica evidente o sin intervención y 1 son áreas transformadas ver (Tabla 15).

Tabla 15. Valores de antropización parciales y coberturas correspondientes

Categoría	Rango	Cobertura predominante	Área (ha)	Valor INRA
Sin intervención	(0 – 0,24).	Lagunas, bosque denso,	2342,70	19,40
Poco intervenida	(0,25 – 0,49)	Vegetación secundaria o en transición, Pastos limpios – enmalezados y herbazales	6043,43	50,03
Intervenida	(0,50 – 0,74)	Mosaicos de pastos con espacios naturales	1233,00	10,20
Muy Intervenida	(0,75 – 0,99)	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Mosaico de cultivos	983,13	8,13
Transformada	1	Pastos limpios	1479,60	12,24

Fuente: Elaboración propia

Las ponderaciones se realizaron considerando el impacto generado en los ecosistemas de páramo por las actividades antrópicas teniendo en cuenta los recorridos de campo, el levantamiento de información, la información secundaria, conversatorios con habitantes del sector y con los representantes de las instituciones, esto permitió abstraer las categorías descritas para la evaluación del INRA. Pese a que es una valoración cualitativa permite visualizar el grado de intervención que se tiene en el sector.

Se decide trabajar con la calificación sugerida por el INRA pero se le adjetiva en términos de indicar la intervención, lo anterior se hace de la siguiente forma: a) *Sin intervención* (0 – 0,24) que corresponde a lugares donde las actividades humanas no han sido determinantes en la alteración del territorio o no son evidentes, b) *Poco intervenida* (0,25 – 0,49) esta categoría corresponde a los lugares donde la intervención humana no ha impactado significativamente, c) *Intervenida* (0,50 – 0,74), corresponde a las áreas que están siendo intervenidas pero que tienen aún tienen remanentes de vegetación natural, d) *Muy Intervenida* (0,75 – 0,99) corresponde a las áreas que han sido intervenidas y se pueden observar los cultivos y áreas productivas con algunos remanentes de vegetación natural y e) *Transformada* (1) esta corresponde al territorio que ha perdido ya su génesis y ha pasado a ser parte de otro sistema, por ejemplo las áreas urbanas, las áreas de cultivo intensivo, aquí se encuentran aquellas áreas donde la resiliencia ha sido superada.

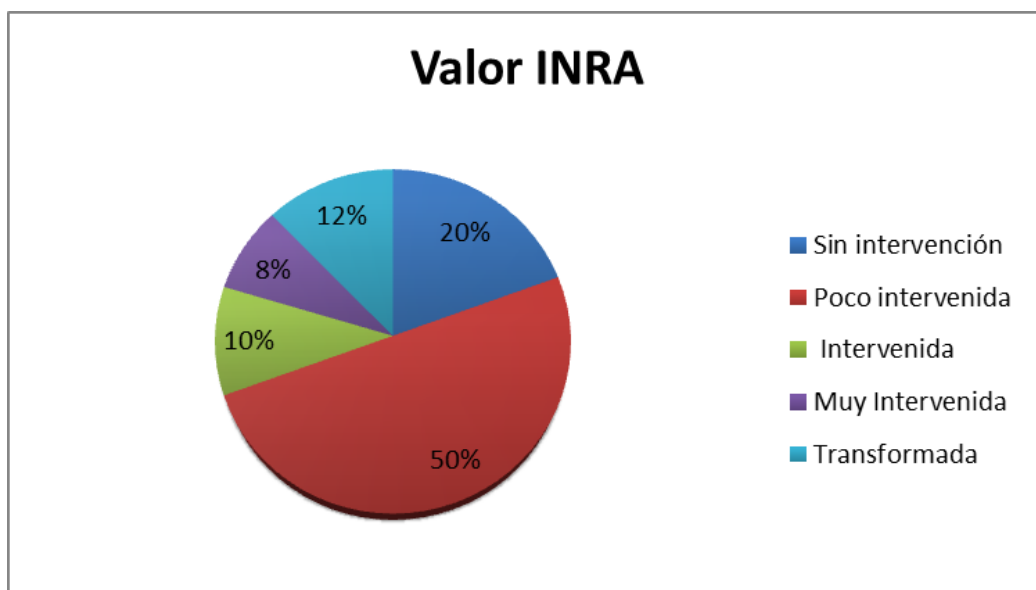


Figura 32. Resultado Método INRA

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el método INRA (

Figura 32) se observa que la categoría incidente es Poco intervenida (50,03%) donde como coberturas dominantes están la Vegetación secundaria o en transición, Pastos limpios – enmalezados y herbazales, seguida de la categoría Sin intervención (20,0%). Que corresponde a Lagunas, bosque denso como coberturas predominantes, en el siguiente orden esta la categoría Transformada

(12,0%) que son las áreas urbanas, Pastos limpios y vías, luego está la Intervenida (10,0%) donde se encuentran los mosaicos de pastos con espacios natural ales y por ultimo las Muy Intervenida (8,0 %) Mosaico de cultivos, pastos, espacios naturales y mosaico de cultivos. El mapa se representa en una grilla donde cada una tiene 1km² aproximadamente

En el mapa (

Figura **33**) se pueden apreciar la distribución del índice integrado de antropización, observamos que las áreas que se identificadas como transformadas y muy intervenidas corresponden al corredor vial y la adyacencia a la misma que facilita la entrada y salida de insumos y materiales para las diferentes actividades socioeconómicas del sector. Se asigna la calificación de transformado y muy intervenido dado que el impacto antrópico en los ecosistemas es más severo que en cualquier otro ecosistema, su fragilidad se evidencia en los lentos procesos de recuperación, y de difícil recuperación, alterando la dinámica de los servicios ecosistémicos como se observa en las evaluaciones de estos realizadas.

Importante tener estos insumos que dan cuenta del progresivo deterioro de los ecosistemas paramunos, que a pesar de tener figuras de conservación oficiales no son suficientes para detener el avance de las intervenciones que impactan este territorio; como se ha planteado en el documento es importante que se propicien espacios para el aprovechamiento de los servicios culturales que ofrece esta región como los descritos en el acápite “4.1.3.2. *Percepción de servicios ecosistémicos*” en términos de los servicios culturales: Recreación Turismo, disfrute espiritual estético e identidad cultural, estos de alguna manera son percibidos por la comunidad y pueden ser elementos para la competitividad productiva y reduciendo la presión sobre los ecosistemas y potenciando el capital natural.

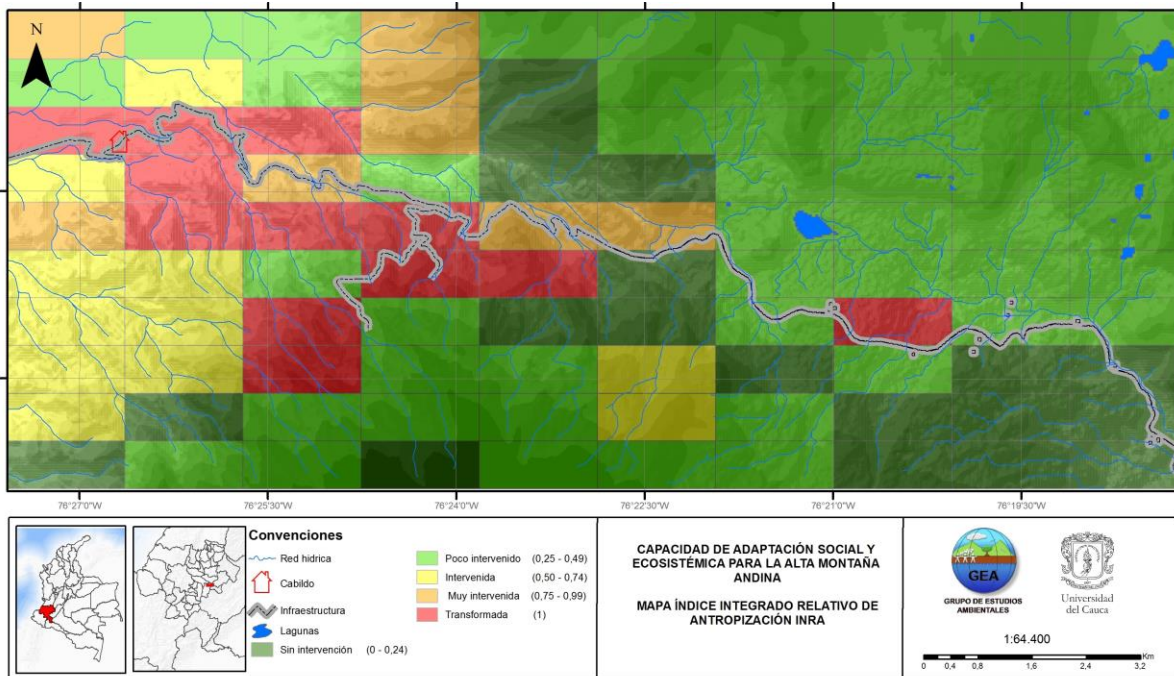


Figura 33. Mapa Índice Integrado Relativo de Antropización INRA

Fuente: Elaboración propia

En el mapa (**Figura 33**) se pueden apreciar la distribución del índice integrado de antropización, observamos que las áreas identificadas como transformadas y muy intervenidas corresponden al corredor vial y la adyacencia a la misma que facilita la entrada y salida de insumos y materiales para las diferentes actividades socioeconómicas del sector. Se asigna la calificación de transformado y muy intervenido dado que el impacto antrópico en los ecosistemas es más severo que en cualquier otro ecosistema, su fragilidad se evidencia en los lentos procesos de recuperación, y de difícil recuperación, alterando la dinámica de los servicios ecosistémicos como se observa en las evaluaciones de estos realizadas.

El hecho de presentar áreas sin intervención y poco intervenidas favorece la resiliencia del socioecosistema siendo estas proveedoras de resistencia ante las intervenciones y los impulsores tanto directos como indirectos. Las áreas asociadas a coberturas reguladoras son las que mejor características presentan respecto al valor de los índices, siendo trascendentales para la prestación de servicios ambientales y asegurar el mantenimiento de los beneficios Socioambientales. Dada la fragilidad de los ecosistemas alta montaña la productividad no debe restringirse al uso y aprovechamiento directo de los recursos: suelo, agua y vegetación; las estrategias productivas deberán encaminarse al aprovechamiento de esos intangibles, fortaleciendo los servicios

culturales como la recreación, el turismo, disfrute espiritual y estético e identidad cultural y propiciar condiciones para la promoción e inclusión en las agendas de competitividad regional servicios como el conocimiento ecológico local, conocimiento científico y educación ambiental, debido a que estos últimos tres no los reconoce la comunidad (Figura 16).

4.3 Fase III Aplicación de los conceptos en la zona norte del PNN Puracé

4.3.1 Identificación y evaluación de la capacidad adaptativa

Las comunidades que reaccionan de manera expedita al cambio tienen una gran capacidad de adaptación (Denevan, 1983). Para estos análisis también debe introducirse la sostenibilidad, ya que ambos están estrechamente vinculados (Ripken, 2009): siendo la sostenibilidad un proceso dinámico que requiere capacidad de adaptación para las sociedades (Gunderson, 2000; Folke et al., 2003), dice que la capacidad adaptativa es la robustez del sistema para los cambios en la resiliencia. también como lo manifiesta Carpenter et al. (2001) es un componente de la resiliencia en el que emerge el aprendizaje del comportamiento del sistema en respuesta a la perturbación, mientras que Walker et al. (2004) definen la adaptabilidad como la capacidad colectiva de los actores humanos en un sistema para manejar la resiliencia.

El aprendizaje, la gestión y la robustez de la resiliencia son características que emergen de los socioecosistemas y moldean la forma de enfrentarse a las adversidades, este ejercicio permitió tener una aproximación espacio de la adaptación de la zona.

La capacidad de adaptación se analiza a la luz de dos aspectos fundamentales: por un lado, la i) Capacidad socioecosistémica y la ii) Capacidad *institucional*, de la información procesada en los capítulos antecedentes.

i) Sobre la Capacidad socioecosistémica

Caracterización de los factores claves que determinan la resiliencia Socioecológica ganadería, agricultura, minería, turismo y actividades menores: cacería, pesca actividades extractivas y recolección

Servicios Ecosistémicos Provistos por los Ecosistemas de Alta Montaña, beneficios de la Madre Tierra y el Agua, entiéndase Servicios de provisión, de regulación y culturales.

Caracterización de los Comportamientos Relacionales de la Naturaleza y la Sociedad en el Marco de los Socio-ecosistema.

Y la caracterización biofísica los factores claves que determinan la resiliencia socio-ecológica.

i) Sobre la capacidad institucional

En este ítem se trabajó en:

Estrategias y herramientas para gestión ambientales en el PNN Puracé figuras de conservación asociada al Sector Norte del PNN Puracé, y Figuras de conservación asociadas al Sector Norte del PNN Puracé.

La información levantada en campo permitió abstraer las condiciones de adaptabilidad del sistema, aquí se sintetizan muchas de las condiciones que favorecen o no la adaptación, tal es el caso de las actividades antrópicas (ganadería, agricultura, minería y turismo), las cuales modifican el socioecosistema y la disponibilidad de bienes y servicios ambientales; otro factor importante para la adaptación son las estructuras de poder aquí se encuentra que el relevo generacional y la inclusión de la mujer son determinantes para la elección del cabildo, también se encuentra que las variables para lograr los objetivos del sistema son las económicas productivas y las institucionalidad.

A este respecto una de las actividades antrópicas determinante es la **ganadería**, el impacto de esta actividad es evidente, deforestación potrerización, fragmentación, alteración de los flujos de energía, pérdida de hábitats, compactación del suelo, pérdida de materia orgánica, erosión, pérdida de la capacidad de infiltración y retención de agua entre otros. La base del servicio de esta actividad es el servicio ambiental de provisión, así como también lo es la **agricultura** también ha sido clave en la configuración del socioecosistema.

Sobre la **minería** que durante su apogeo transformo drásticamente el paisaje y que hasta ahora sus impactos son significativamente adversos. El **turismo** es una actividad que ha ido retomando fuerza en los años y que, debido a la falta de condiciones técnicas, logísticas y administrativas, se manifiestan impactos en el ecosistema.

En la valoración **de los servicios ecosistémicos** provistos por los ecosistemas de alta montaña los ejercicios de percepción destacan los servicios de abastecimiento como la provisión de alimento, agua y maderas, seguido por los

servicios de regulación la purificación del aire y la regulación hídrica, en cuanto a los servicios culturales reconocen; el turismo, la identidad cultural y el valor estético de determinados sitios en el paisaje. Estos aspectos fueron clave a la hora de zonificar la adaptación.

Para los **comportamientos relacionales de la naturaleza y la sociedad**, Se evidencia una estrecha relación que se tiene las organizaciones legítimas, las relaciones de poder están marcadas por la confianza, las decisiones políticas en el territorio pasan por las instancias de cabildo, esto es el reflejo de la autonomía que tienen los pueblos indígenas sobre su territorio.

De toda esta información se espacializa y se cruzan las diferentes capas por medio de algebra de mapas para evaluar por una lado donde se encuentran las zonas más conservadas y que proveen los servicios ecosistémicos de regulación, también se tienen en cuenta cuales zonas están dotando el sistema de servicios de provisión, regulación y culturales, también se tienen en cuenta las instituciones presentes, Parque Nacional Natural de Puracé, Resguardo Indígena de Puracé, Reserva de la biosfera, con esta información se construye el mapa (

Figura 34):

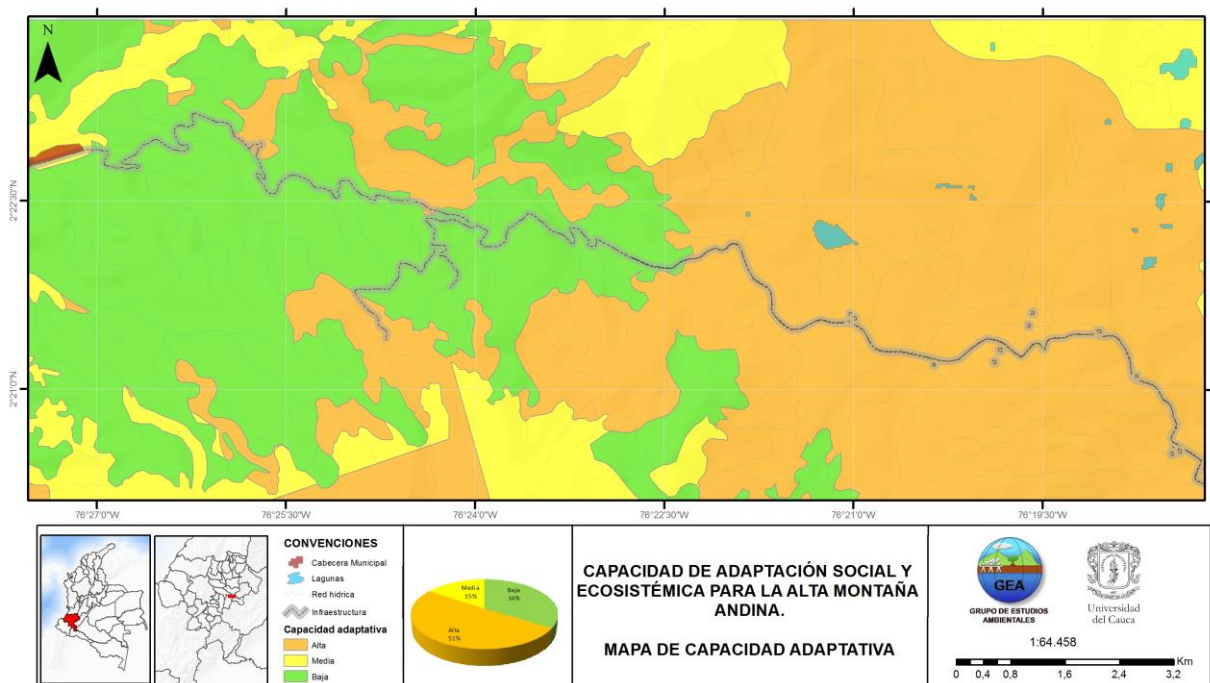


Figura 34. Mapa de Capacidad Adaptativa

Fuente: Elaboración propia

En este mapa se puede apreciar las zonas de capacidades de adaptación, se tiene que la calificación de alta 51 % sobre el área analizada, esto corresponde a zonas donde se presentan servicios de regulación, que a su vez tienen presencia de parque y que también ejerce territorio el cabildo (siendo condición para el análisis y calificación), haciendo un evaluación de estas capas desde los servicios ecosistémicos analizados, la estructura función y las caracterizaciones de las actividades antrópicas, permitieron determinar esa zona, pese a las diversas dificultades interinstitucionales que se presenta, se evidencian aun buena presencia de servicios ecosistémicos que permiten una adaptabilidad del sistema y mantenimiento de la función.

La capacidad de adaptación media con el mismo criterio que la anterior (15%), es una zona donde no ejerce el Cabildo, pero si lo hace el PNNP, sin embargo, en el análisis se obtiene esta categoría, la presencia del Cabildo puede ser determinante para el mantenimiento de las capacidades de adaptación.

Se encuentran en baja capacidad de adaptación las zonas que tienen presencia de servicios de provisión y de acuerdo al análisis hecho no hay presencia de instituciones y muy pocas acciones de las entidades territoriales que propendan por la mejora de las condiciones socio ambientales.

4.3.2 Perfil histórico socio-ecológico de transformaciones del paisaje en el marco de los ciclos de renovación adaptativa para el norte del PNN Puracé

El conocimiento y la comprensión histórica de la dinámica de los recursos naturales y su relación con el ser humano se pueden recrear a través de ciclos de renovación adaptativa (Folke et al., 2004); Un modelo originado a partir de las observaciones de la dinámica de los ecosistemas complejos en respuesta a las perturbaciones y el cambio es el ciclo adaptativo de renovación; Holling observo que los ecosistemas fluyen a través de ciclos irregulares, que permiten entender la dinámica no lineal de los sistemas adaptativos complejos como una forma de estudiar las dinámicas evolutivas de los sistemas complejos (Holling, 1973, 1986; Allen et al., 2014).

La historia ambiental permite obtener miradas en torno a la dinámica de la naturaleza, así como el papel que han jugado las actividades humanas para el establecimiento de las condiciones actuales y futuras (Berkes et al., 2003; Martín-López y Montes, 2011; Gallini et al., 2015; Petrosillo et al., 2015).

A continuación, se ajustan y analizan temporalidades en el marco de los ciclos adaptativos. Se puede identificar un ciclo general que inicia al final del Pleniglacial y termina en la época prehispánica, otro ciclo lo que inicia con la llegada de los españoles y la colonia, hasta el establecimiento de la república, un último ciclo inicia a principios del siglo XIX con la república hasta la actualidad. Todos estos ciclos están anidados dentro de un ciclo mayor que aun continua (Figura 35).

4.3.2.1 Primer ciclo. Cambios del paisaje hasta la época precolombina

Según Drennan et al., (1989); L. F. Herrera & Piñeros, (1989) la historia climática y medio ambiental se inicia al final del Pleniglacial 13.700 A.P. (11.750 A.C) la cual se caracteriza por la alta actividad volcánica con depósitos piroclásticos, a partir del cual empieza la formación del suelo y la colonización por la vegetación de sabana²³, y la posterior aparición del bosque alto andino. Se podría considerar da un aumento en la acumulación de especies y de biomasa consiste en la fase r a k, en la que el sistema invierte recursos para construir la estructura con diversos nodos. La fase k consiste en la estructura de los ecosistemas formados en la que se han dado ciclos pequeños de retroalimentación, observables en los análisis palinológicos de Drennan et al., (1989) y Herrera y Piñeros, (1989), con erupciones volcánicas y las primeras intervenciones antrópicas, aunque es posible mantener el estado del sistema debido a que se tiene un gran potencial acumulado además las intervenciones antrópicas eran mínimas que no logran generar cambios mayores. El colapso del ciclo o paso de k a Ω inicia con la llegada de los españoles a América, en el que se da un cambio de régimen y una nueva reorganización (α) (Figura 35).

Es así, como desde épocas prehispánicas los cambios climáticos mantenía estrecha relaciones con las actividades humanas, propiciando asentamientos humanos tempranos temporales donde la agricultura fue la principal actividad económica, centrándose en el cultivo del maíz (*Z. mays*), la papa (*S. tuberosum*), la quínoa (*C. quinoa*) y frijoles (*Phaseolus* sp), que mantenía estrecha relaciones con los cambios climáticos y los procesos geológicos, que a su vez repercutían en la configuración del paisaje (Herrera y Piñeros, 1989).

4.3.2.2 Desde la conquista y la colonia hasta el siglo XXI; dinámica de los procesos socio-ecológicos con énfasis en las coberturas vegetales

²³ Vegetación dominada principalmente por gramíneas, asteráceas, melastomatáceas y algunos helechos

A la llegada de los españoles a Popayán aproximadamente en 1535 inicia un nuevo régimen socio ecológico se encontraron con los indígenas Coconucos (Cieza de León, 1984), organizados en asentamientos agrícolas, con estrechas relaciones lingüísticas, culturales, sociopolíticas y económicas (Triana, 1985).

Posteriormente con el proceso de ocupación por parte de los españoles se inicia un nuevo ciclo (Fase r) hasta que logran incorporarse generando un proceso de descomposición cultural que tiene entre sus consecuencias cambios de las relaciones humano naturaleza originados por cambios demográficos, tecnológicos, introducción de especies de animales y plantas, cambios en el uso del fuego, que genero la pérdida de las instituciones organizativas, reemplazándolas por formas de sostenimiento como la encomienda²⁴ y la hacienda producto del declive de la encomienda (k) por muertes de la mano de obra (Cajas, 1982; Triana, 1985; Castillo, 1986; Alcaldía Municipal Puracé, 2000; Etter, 2015) .

Estos procesos generan una fuerte presión sobre la vegetación nativa debido a que los indígenas son desplazados hacia las zonas montañosas, además junto con los colonos pasan a ser terrajeros convertir los ecosistemas naturales en potreros, obligando a que los grupos indígenas se dediquen a actividades pecuarias, agrícolas y domésticas (Alcaldía Municipal Puracé, 2000), consolidándose la ganadería en la región como una de las principales fuentes económicas (Alcaldía Municipal Puracé, 2000). Es así como para el siglo XVIII los indígenas ya habían cambiado su forma de vida y su relación humano naturaleza (Galeano, 2011), aunque aún se mantenía variedad de cultivos, llegando a una nueva fase de conservación (k)(Velazco, 1980).

Producto de dinámicas nacionales e internacionales se inicia un nuevo ciclo con la aparición de la nueva república y sus formas de pensamiento, (Castillo, 1986; Cardona, 2012), y establecimiento de sus estructuras económicas y sociales (Ospina, 2013; Etter, 2015) (Fase r a α).

4.3.2.3 La república y el posterior inicio de los procesos de gestión ambiental

El último ciclo inicia en el siglo XIX con el establecimiento de la nueva república, hubo una reorganización institucional que marca el comienzo de una fase de reorganización, el sistema tiende a la pérdida completa de los recursos naturales,

²⁴ La encomienda permitía a personas privadas o jurídica recibir de la corona los privilegios de percibir los tributos de los indios de una determinada región a cambio el encomendero debería proteger y educar en la fe cristiana Cardona, C. H. V. (2012). USO DEL ESPACIO Y RELACIONES DE PODER Arqueología Histórica en las Haciendas Caucanas de Calibío y Coconuco (Siglo XVII-XIX). Departamento de Antropología, Facultad de Ciencias Humanas y Sociales. Popayán Universidad del Cauca Trabajo de grado 109. Cardona, C. H. V. (2012).

paralelo al desarrollo de la agricultura se dio una fuerte inclusión de la ganadería extensiva que convirtió la región en potreros (Arboleda, 1990), se introdujeron pastizales y se intentó ocupar el páramo para la producción ganadera principalmente como sitio de engorde y de levantamiento (Otero, 1952).

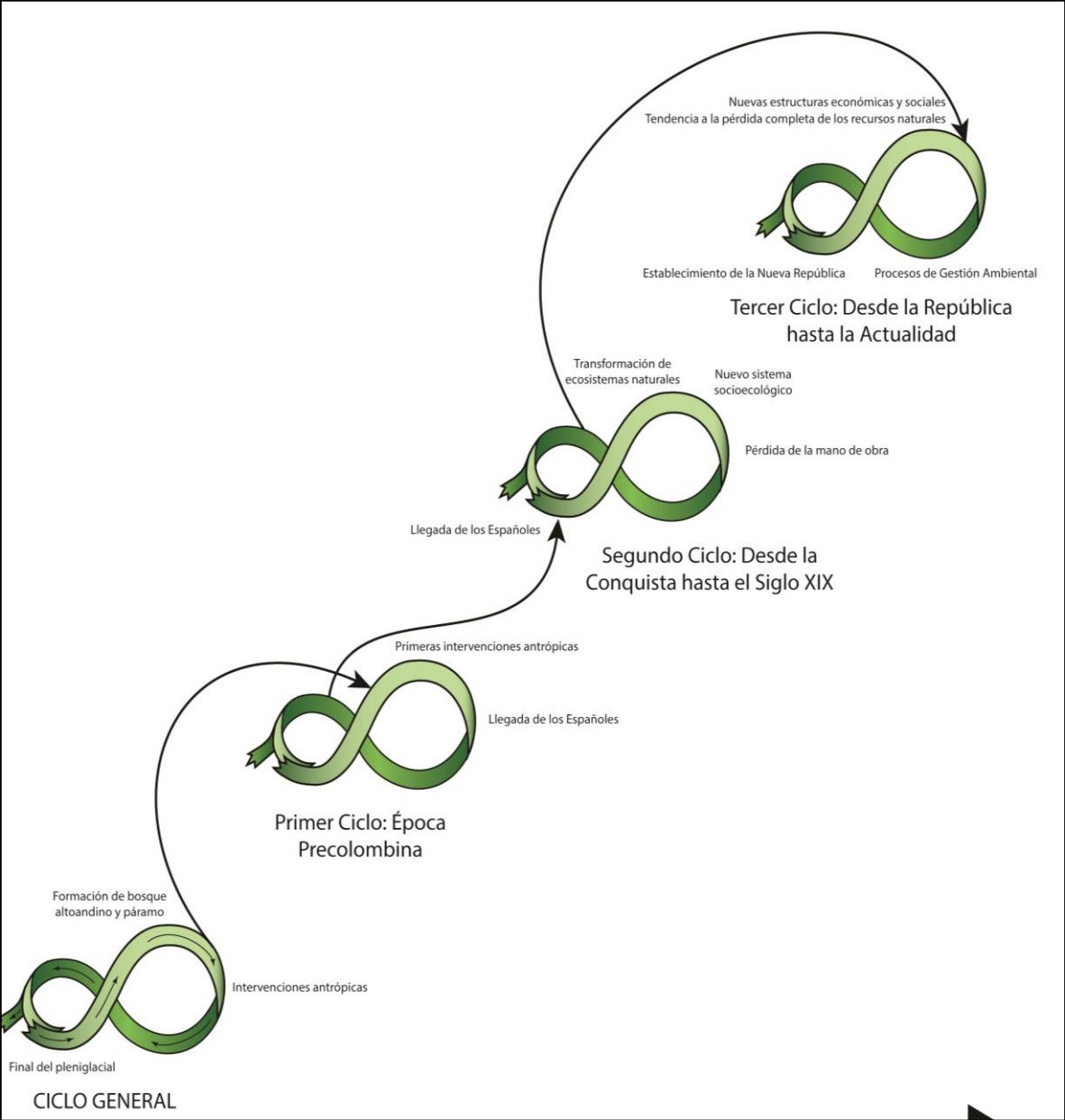


Figura 35. Ciclos de renovación adaptativa para el norte del PNN Puracé
 Fuente: Elaboración propia

Se identifican tres ciclos principales anidados en un ciclo general: El primer ciclo se presenta hasta la época Precolombina, el segundo se genera con la llegada de

los españoles a la región y el tercer ciclo se genera con la aparición de la república y sus formas de pensamiento, hasta la actualidad.

La aparición de la mina de azufre aproximadamente en 1946, la intensificación de la ganadería a partir de 1955 con la llegada de la revolución verde impulsada por el Instituto Colombiano de Reforma Agraria (INCORA) en 1971, y las dinámicas de cambio climático global generaron fuertes cambios en el paisaje, disminuye la biomasa y la complejidad de los ecosistemas (todos estos cambios se podrían considerar como el paso de α a R , en la que se busca construir un sistema basándose en la explotación extensiva de los recursos). La intensificación agrícola implicó cambios tecnológicos y centro la economía familiar en la venta de leche que en gran medida enmascaraban la degradación de los recursos naturales y ayudó a producir la percepción de estabilidad en el sistema (fase K , se establecen especies adaptadas a la variabilidad externa, nuevas asociaciones y se fortalece el nuevo sistema).

Este sistema debido a su insostenibilidad empieza a decaer (paso de k a Ω), se genera fuertes impactos que se visualizaron entre los años 1970 – 1980 en el sector social, económico como ecológico, ocasionado por múltiples factores. A partir de 1980 se presentaron fuertes variaciones en el clima que generan pérdidas en los cultivos, así mismo se generó un fuerte deterioro ambiental evidenciables a través de los fuertes cambios en las coberturas vegetales, ocupación de áreas naturales para la ganadería, aceleración de procesos erosivos, y pérdida de fertilidad del suelo que se refleja en la disminución de la producción llevando a la utilización de productos químicos (Hamilton, 1955; Cajas, 1982; Castillo, 1986; Arboleda, 1990; Cerón, 1996; Faust, 2010) (Informe Taller cabildo GEA), GEA.

En este periodo se da inicio de los procesos de gestión ambiental, buscando establecer un nuevo régimen con la declaración del actual PNN Puracé como área protegida y el aprovechamiento turístico de Pilimbalá. El parque es manejado por el INDERENA a partir de 1969 y en 1975 el INDERENA declara el PNN Puracé con una extensión de 64 000 ha y entra a ser parte del SINAP, en 1977 el PNN Puracé tiene una nueva ampliación llegando a las 83.000 ha dos años después es cobijado por la Reserva de la Biosfera Cinturón Andino (Castillo, 1986; UASPNN, 2004a) . La ampliación del PNN Puracé traslapa con resguardos indígenas que generaron problemas entre dichas instituciones, además para 1983 con el terremoto de Popayán se da un agrietamiento de los termales en Pilimbalá, llevando al turismo prácticamente a la desaparición (Cerón, 1996; Ospina, 2013).

En los años 1985 se elabora el primer plan de Manejo del parque, posteriormente en 1993 el INDERENA se convirtió en Parques Nacionales Naturales, institución con la que inicialmente mejoraron las relaciones con los indígenas. La aparición de estas instituciones disminuyó la cacería, la pesca y procesos de deforestación. En el año 1995 aparece la Corporación Autónoma Regional de Cauca-CRC. Aunque solo hasta el año 1998 se empezó a vincular el cabildo (UASPNN, 2004a; Galeano, 2011).

En respuesta a la problemática por las áreas de traslape se estableció el régimen de manejo especial que coordinaba las autoridades indígenas con el PNN Puracé para el manejo del territorio como una estrategia de co-manejo. En este contexto, se construye la Agenda Ambiental Comunitaria del RI de Puracé en 1997 como el primer intento de construcción de políticas ambientales en articulación de entidades del estado con la participación de la comunidad y sus organizaciones sociales (Galeano, 2011). En el marco de la agenda se elabora el plan de vida del RI de Puracé (1999). Se formula el segundo plan de manejo del parque (1998) en consulta con actores sociales y sumisito la línea base para la elaboración de proyectos de carácter local. En el año 2000 se elabora el actual Esquema de Ordenamiento Territorio (EOT). Según Ospina (2013) en el año 2000 es donde los indígenas empiezan a concientizarse en aspectos ambientales por influencia de instituciones externas.

Es así como durante un periodo de tiempo se desarrollaron proyectos entre diversas instituciones con el fin de coordinar el manejo socioambiental del territorio (Galeano, 2011), en el que se mantuvieron relaciones entre comunidad y autoridades indígenas e instituciones de manera intermitente hasta que en el 2002 EMICAUCA (Empresa Minera Indígena del Cauca) solicitó un área para posible explotación frente a este pedido, Parques Nacionales se opuso lo que generó confrontaciones entre dichas instituciones, echo que terminó con el régimen de manejo especial que duró aproximadamente hasta 2004 (Bravo, 2011). Durante la ruptura de las relaciones entre estas dos autoridades, aumentó la desconfianza entre instituciones, así como los impactos ambientales en el PNN Puracé y sus alrededores. En 2010 aparece empresa de papa a arrendar tierras para el cultivo bajo autorización del cabildo que causó grandes problemas ambientales en la zona, debido a que se establecieron algunas parcelas en zonas de PNN. En 2011 de nuevo, reaparece la tensión entre PNN y el Resguardo por la propiedad de Pilimbalá, uno de los centros turísticos de ese territorio, del cual los indígenas toman posesión para su administración hasta la actualidad (Galeano, 2011; Ospina, 2013). El sistema se encuentra en un dominio de atracción en el que predominan los conflictos que van y vuelven sin lograr una gestión adecuada, los

cuales dependen de la capacidad de una sociedad para gestionar la resiliencia (Lebel et al., 2006).

Es así como a partir de 2000 se evidencia una disminución en los cambios de coberturas vegetales por actividad antrópica, seguramente asociado a los diversos procesos y articulaciones que se desarrollaron en busca de la gestión ambiental. En la actualidad el cabido ha trabajado proyectos con Asprolepur (Asociación de productores de leche de Puracé) con la fundación Alpina, la CRC y el Proyecto Termacolor, que buscan generar alternativas económicas viables y manejo de problemáticas ambientales (Ospina, 2013). A pesar de que los objetivos de estos programas, independientemente de la institución que lo ejecute buscaban soluciones a problemas ambientales y sociales, y proporcionan un estímulo económico para iniciar los cambios que de otro modo carecen de recursos para emerger, se presenta una trampa de pobreza; usualmente como resultado trampas sociales desafiantes que pueden limitar las opciones para las generaciones futuras (Beier et al., 2009).

En los territorios indígenas del resguardo la frontera agropecuaria continúa expandiéndose, aunque con menores proporciones que en épocas anteriores. Aunque la población está adquiriendo “conciencia” de las intervenciones que se han realizado y sus efectos sobre el ambiente, influenciada por las instituciones que anteriormente no eran aceptadas. Se exhibe el patrón común de sistemas de consumo occidentales en los que la estabilización de las actividades agrícolas (fase k) ha dado lugar a la disminución progresiva de todo el sistema. Es así como por medio del ciclo de adaptación, Hollín et al. (2002) propone que los colapsos ecológicos y la consiguiente necesidad de innovar, crear, reorganizar y reconstruir, son consecuencias inevitables de las interacciones humanas con la naturaleza.

En el norte del PNN Puracé los ciclos sucesivos en el sistema socio-económico continuarán impactando sobre las variables ecológicas reduciendo el potencial o el capital a través del tiempo. La aplicación de los instrumentos de política destinados a la mitigación de los problemas ambientales puede producir cambios a corto plazo, sin embargo, lo más probable es que se presente resistencia política, y dependiendo de las capacidades acumuladas el sistema pasaría a condiciones peores o mejores que las actuales. Por el contrario, para que se produzca un cambio sistémico Gallopín, (2006) sugiere que los tres pilares de la toma de decisiones se deben aplicar: la voluntad o disposición, la capacidad y la comprensión o entendimiento.

Para lograr cambios en el sistema de acuerdo a Gunderson y Holling, (2001), se deben realizar procesos a largo plazo, empezando por los niveles inferiores de los

ciclos, los cuales estarían representados por las decisiones individuales y de pequeños grupos de la sociedad, ascendiendo en la jerarquía encontraríamos las políticas locales, regionales y nacionales que implican a un mayor número de individuos y requieren un mayor tiempo para su elaboración, hasta llegar al nivel superior de las tradiciones y de la cultura de la sociedad. Es así que si queremos lograr cambios se debe trabajar por muchos años debido a que implicaría no solo cambios en los niveles inferiores y en pequeños grupos pasando por cambios en la normatividad sino también cambios culturales.

CONCLUSIONES

La presente tesis ofrece una conceptualización acerca de la adaptabilidad, la resiliencia y transformabilidad planteando una estratégica metodológica para el

abordaje en los ecosistemas altoandinos; considerando que los procesos tradicionales de gestión y planificación que han tenido un enfoque disciplinar para enfrentar problemáticas ambientales como el cambio climático en la alta montaña andina, y cuyo propósito se ha centrado en el manejo o mitigación de los impactos ambientales generados por las actividades antrópicas. Sin embargo, el deterioro ecológico aumenta debido a que las bases conceptuales en las que se fundamentan las herramientas de gestión por lo general son descontextualizadas, asumiendo que las relaciones socio ecológicas se pueden desagregar para ser estudiadas y que los fenómenos de la naturaleza son predecibles y controlables.

El abordaje metódico de la investigación en algunos aspectos refirió observación participante, se usaron técnicas mixtas (cuantitativas y cualitativas), incorporando datos e información para llegar a una caracterización de la estructura de los ecosistemas altoandinos del área de estudio como un sistema socioecológico; se incorporó información primaria, así como también información secundaria. En este sentido para el desarrollo del modelo se trabajó en las siguientes fases: a) Caracterización de los factores claves que determinan la resiliencia Socioecológica, b) Caracterización biofísica los factores claves (fragmentación, cambios en la estructura de la vegetación y los rasgos funcionales) que determinan la resiliencia socio-ecológica, c) Análisis de los conceptos de resiliencia y renovación adaptativa y procesos históricos que han determinado las transformaciones para el área de estudio en la zona norte del parque nacional natural de Puracé.

Analizando los mecanismos tradicionales de gestión y planificación ambiental para enfrentar problemáticas como el cambio climático en la alta montaña andina, se encuentra que su accionar se ha centrado en el manejo o mitigación de los impactos ambientales generados por las actividades antrópicas; en este sentido es procedente la caracterización de las actividades socioeconómicas, para este caso se encuentra que las más influyentes son la agricultura, la ganadería, la minería y el turismo, siendo estas los detonantes de los procesos de deterioro que suceden en estos orobiomas. Esta caracterización debe hacerse teniendo en cuenta el contexto normativo e incidencia de políticas nacionales e internacionales en los procesos de gestión local, pues muchas de las prácticas y problemáticas subyacen aquí, para comprender mejor y tener un referente histórico de lo transcurrido, haciendo una recopilación detallada de los hitos que han sido determinantes en la desarrollo y aplicación de políticas de gestión en el páramo.

La organización comunitaria, participación, la autonomía y gobernanza determinan el funcionamiento del sistema, son las fuerzas motrices que impulsan el territorio, se encuentran que las actividades económicas son las llaves de paso que les permite alcanzar el cumplimiento de los objetivos como cabildo, en esta parte sobresale que aparece el relevo generacional y la inclusión de género, esto se debe a la importancias que se le está dando desde las estructuras del cabildo para que sean jóvenes y con participación de la mujer en las instancias de decisión como lo son las figuras de gobernador indígena y así permanecer en tiempo y espacio con las estructuras de cabildeo.

Sin embargo, las cosmovisiones de las comunidades se han visto sometidas por un modelo económico capitalista, producto de esto se encuentran disparidades en los discursos de conservación y lo que se encuentra en la zona. A lo largo del documento se evidencian los procesos históricos de intervención y sus efectos, los cuales son analizados por medio de imágenes satelitales y fotográficas aéreas, dando cuenta del deterioro de la región. Se hace necesario entonces promover acciones coordinadas entre autoridades indígenas, gubernamentales, sociedad civil, empresa y academia, en contextos territoriales comunes para planificar y pensar el territorio, en procura de una armonía humana que se traducirá en un beneficio ecosistémico.

Sobre la valoración de los servicios ecosistémicos provistos por los ecosistemas de alta montaña; identificarlos y caracterizarlos permiten obtener una alternativa que emerge de la relación hombre naturaleza y oriente la visión para conservación de la naturaleza por los valores intrínsecos en términos de gestionar la función de los ecosistemas; aquí la comunidad percibe 11 servicios ecosistémicos entre los que se destacan los servicios de abastecimiento como la provisión de alimento, agua y maderas, seguido por los servicios de regulación la purificación del aire y la regulación hídrica, en cuanto a los servicios culturales reconocen; el turismo, la identidad cultural y el valor estético de determinados sitios en el paisaje. La mayoría de las personas en la región perciben el deterioro de los servicios ambientales ocasionados por factores globales como el cambio climático y factores locales como la deforestación y degradación de los ecosistemas de alta montaña también por la expansión de la agricultura y la ganadería extensiva.

Referente al análisis de las dinámicas de cambio en el paisaje direccionadas por las intervenciones humanas, mediante la caracterización de los cambios en las coberturas vegetales; se encuentra que el deterioro de los ecosistemas naturales afecta la estructura, patrones y procesos de los ecosistemas dentro del paisaje los cuales a su vez determinan servicios ecosistémicos fundamentales para el

bienestar humano. Cuando se evidencia una disminución de las coberturas naturales a causa de las diferentes actividades antrópicas de la zona principalmente expansión de la frontera ganadera, quemadas, pesca y actividades turísticas.

La presión sobre estos ecosistemas y sus consecuentes alteraciones y transformaciones, dan como resultado una pérdida de la continuidad de los fragmentos y hábitat naturales. En este sentido variaciones en el número y área de fragmentos sobre una cobertura en particular, demuestra las alteraciones sobre el paisaje, donde los parches o fragmentos más pequeños facilitan el acceso de las poblaciones humanas y las actividades asociadas como la extracción de recursos, cacería, intrusión de animales domésticos, invasión de especies, entre otros, esto pone en riesgo la integridad del socioecosistema y la disponibilidad de bienes y servicios ambientales. Aquí es importante involucrar a las comunidades locales con sus saberes del territorio en programas de conservación, formando parte activa en estos procesos pues su saber es tan válido como el conocimiento técnico, desde el punto de vista ecosistémico es necesario mantener la conectividad entre fragmentos facilitando el intercambio genético de especies.

Así mismo, se busca aproximarse a las interacciones entre el sistema social y el sistema natural mediante el análisis de las intervenciones antrópicas, la percepción de los servicios que brinda el ecosistema y los procesos de gestión sobre el sistema, con la utilización de entrevistas semiestructuradas e información histórica de la incidencia de diversos factores sobre la configuración actual del paisaje.

Sobre la infraestructura de conectividad, se encuentra que, tradicionalmente los corredores viales son áreas de afluencia de actividades, pues a su cercanía propician condiciones para sacar los diferentes productos a los medios de transporte y posterior comercio o distribución, en el sector se identificaron la mayor parte de áreas como transformadas y muy intervenidas en el corredor vial. Este trabajo se realiza con insumos espaciales, sobre posición de capas y álgebra de mapas, y permiten de alguna manera darles una calificación en términos de escalas de intervención. Importante tener estos insumos que dan cuenta del progresivo deterioro de los ecosistemas paramunos, que a pesar de tener figuras de conservación oficiales no son suficientes para detener el avance de las intervenciones que impactan este territorio; como se ha planteado en el documento es importante que se propicien espacios para el aprovechamiento de los servicios culturales que ofrece esta región: Recreación Turismo, disfrutes espiritual estético e identidad cultural, estos de alguna manera son percibidos por

la comunidad y pueden ser elementos para la competitividad productiva y reduciendo la presión sobre los ecosistemas y potenciando el capital natural.

BIBLIOGRAFÍA

Abud-Hoyos M, Torres-González A. 2015. Caracterización florística de un bosque alto andino en el Parque Nacional Natural Puracé, Cauca, Colombia. En: Guapacha JR, editor. Memorias Congreso Colombiano de Botánica. Vol. 8 (1).

- Manizales: Asociación Colombiana de Botánica-ACB. p 271.
- Acevedo-Osorio Á, Leiton AA, Durán MVL, Quiroga KLF. 2017. Sustentabilidad y variabilidad climática: acciones agroecológicas participativas de adaptación y resiliencia socioecológica en la región alto-andina Colombiana. *Rev. Luna Azul*:6-26.
- Achu C. 2003. Determinación de la composición botánica y química de la dieta seleccionada por la llama (*Llama glama*) en pastoreo durante la época lluviosa en la Comunidad Pujrata. Brigham Young Univ.
- Aguilera F, Botequilha-Leitão A. 2012. Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del Algarve, Portugal. *GeoFocus* 12:93-121.
- Alcaldía Municipal Puracé. 2000. Esquema de ordenamiento territorial. Municipio de Purace-Coconuco (Cauca) 2000 - 2009.
- Alcaldía Municipal Puracé. 2012. Plan de Desarrollo Municipal Puracé -Cauca 2012 - 2015. :504.
- Alfaro JI, Fernández C de J, González M de J. 2016. El diálogo transdisciplinario un enfoque de abordaje del cambio climático. *Rev. Científica FAREM-Estelí*:72-85.
- Alier J. 2008. Conflictos ecológicos y justicia ambiental. *Papeles Relac. ecosociales y cambio Glob.* 103:11-28.
- Allen C, Angeler D, Garmestani A, Gunderson L, Holling C. 2014. Panarchy: theory and application. *Ecosystems* 17:578-589.
- Altamirano A, Miranda A, Jiménez C. 2012. Incertidumbre de los índices de paisaje en el análisis de la estructura espacial. *Bosque (Valdivia)* 33:171-181.
- Álvarez J-M, Suárez-Seoane S, De Luis Calabuig E. 2011. Modelling the risk of land cover change from environmental and socio-economic drivers in heterogeneous and changing landscapes: The role of uncertainty. *Landsc. Urban Plan.* 101:108-119.
- Alvear N. 2006. Análisis Espacio Temporal del Proceso de Fragmentación de la Vegetación en la Parte Media de la Cuenca del Río Palacé, Municipio de Popayán, Cauca.
- Anderies J, Janssen M, Ostrom E. 2004. A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecol. Soc.* 9.
- Andrade A, Vides R. 2011. Enfoque ecosistémico y políticas públicas: aportes para la conservación de la biodiversidad y la adaptación al cambio climático en Latinoamérica. IAI, CIIFEN, John D. & Catherine T. mac Arthur Found. São José dos Campos, Brazil.
- Aquino S. 2009. Impactos humanos en la provisión de servicios ecosistémicos por bosques tropicales muy húmedos: un enfoque de ecología funcional.
- Araujo-Murakami A, Jørgensen P, Maldonado C, Paniagua-Zambrana N. 2005. Composición florística y estructura del bosque de ceja de monte en Yungas,

- sector de Tambo Quemado-Pelechuco, Bolivia. *Ecol. en Bolív.* 40:325-338.
- Arboleda J. 1990. En la montaña del hielo y el fuego- la mina de azufre de Puracé en la vision de los habitantes de la region. Trabajo de.
- Armenteras D, Cabrera E, Rodríguez N, Retana J. 2013. National and regional determinants of tropical deforestation in Colombia. *Reg. Environ. Chang.* 13:1181-1193.
- Armenteras D, Gast F, Villareal H. 2003. Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. *Biol. Conserv.* 113:245-256.
- Armenteras D, Rodríguez N, Morales J. 2011. Understanding deforestation in montane and lowland forests of the Colombian Andes. *Reg. Environ. Chang.*:693-705.
- Audouin M, Preiser R, Nienaber S, Downsborough L, Lanz J, Mavengahama S. 2013. Exploring the implications of critical complexity for the study of social-ecological systems. *Ecol. Soc.* 18.
- Avella-M A, Torres-R S, Gómez-A W, Pardo-P M. 2014. Los páramos y bosques altoandinos del pantano de Monquentiva o pantano de Martos (Guatavita, Cundinamarca, Colombia): caracterización ecológica y estado de conservación. *Biota Colomb.* 15.
- Avellaneda A. 2000. Alteración del Páramo de Chontales en Boyacá por ganadería y aplicación de plaguicidas en papa. En: MMA, CAR I, editor. Congreso Mundial de Páramos. Paipa, Boyacá - Colombia. p 812-816.
- Becker E. 2012. Social-ecological systems as epistemic objects. *Human-Nature Interact. Anthr. Potentials Soc. Syst. Anal.* London Routledge:37-59.
- Beier C, Lauren A, Chapin FS. 2009. Growth and collapse of a resource system: an adaptive cycle of change in public lands governance and forest management in Alaska.
- Bennett EM, Cramer W, Begossi A, Cundill G, Díaz S, Egoh BN, Geijzendorffer IR, Krug CB, Lavorel S, et al. 2015. Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* [Internet] 14:76-85. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343515000366>
- Berkes F, Colding J, Folke C. 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecol. Appl.* 10:1251-1262.
- Berkes F, Colding J, Folke C eds. 2003. Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change. Cambridge University Press.
- Berkes F, Seixas C. 2005. Building resilience in lagoon social-ecological systems: a local-level perspective. *Ecosystems* 8:967-974.
- Botequilha A, Miller J, Ahern J, McGarigal K. 2012. Measuring landscapes: A planner's handbook. Island press.
- Botequilha Leitão A, Ahern J. 2002. Applying landscape ecological concepts and

- metrics in sustainable landscape planning. *Landsc. Urban Plan.* 59:65-93.
- Botkin DB. 1980. A grandfather clock down the staircase: stability and disturbance in natural ecosystems. *For. fresh Perspect. from Ecosyst. Anal.:*1-10.
- Brand F. 2009. Critical natural capital revisited: Ecological resilience and sustainable development. *Ecol. Econ.* 68:605-612.
- Brauman K, Daily G, Duarte TK, Mooney H. 2007. The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 32:67-98.
- Bravo N. 2011. La Autoridad Territorial Ambiental Indígena y el caso del Parque Nacional de Puracé en el Departamento del Cauca, Colombia. En: Díaz R, Pereira M, Bravo N, editores. *Experiencias Organizativas Hacia la Gobernanza Indígena de las Áreas Protegidas.* Grupo Intercultural Almaciga. p 63. 45-58.
- Brink E, Aalders T, Ádám D, Feller R, Henselek Y, Hoffmann A, Ibe K, Matthey-Doret A, Meyer M, et al. 2016. Cascades of green: a review of ecosystem-based adaptation in urban areas. *Glob. Environ. Chang.* 36:111-123.
- Buytaert W, Céleri R, De Bièvre B, Cisneros F, Wyseure G, Deckers J, Hofstede R. 2006. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Rev.* 79:53-72.
- Cajas J. 1982. Industrias Puracé S.A. Sobre el proceso de transformación de indígenas a obreros y crisis medioambiental.
- Calvente A. 2007. Ciclo de renovación adaptativa.
- Cardona C. 2012. Uso del Espacio y Relaciones de Poder. *Arqueología Histórica en las Haciendas Caucanas de Calibío y Coconuco (Siglo XVII-XIX).*
- Carpenter S, Walker B, Anderies JM, Abel N. 2001. From metaphor to measurement: resilience of what to what? *Ecosystems* 4:765-781.
- Carreño-Rocabado G, Peña-Claros M, Bongers F, Díaz S, Quétier F, Chuvina J, Poorter L. 2016. Land-use intensification effects on functional properties in tropical plant communities. *Ecol. Appl.* 26:174-189.
- Casanoves F, Pla L, Di Rienzo J. 2011a. Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. *Ser. Técnica. Inf. Técnico.*
- Casanoves F, Pla L, Di Rienzo J, Díaz S. 2011b. FDiversity: a software package for the integrated analysis of functional diversity. *Methods Ecol. Evol.* 2:233-237.
- Castaño C. 2002. Colombia alto andina y la significancia ambiental del bioma páramo en el contexto de los andes tropicales: una aproximación a los efectos de un tensor adicional por el cambio climático global (Global Climatic Tensor).
- Castillo D. 1986. Monografía del Municipio de Puracé.
- Centro de Cooperación Indígena CECOIN. 2008. ¿Son compatibles los territorios indígenas y los parques nacionales? Aproximaciones jurídicas.

- Cerón C. 1996. Los Coconucos. En: Correa F, editor. Geografía Humana de Colombia Region Andina central. Santafe de Bogota, D.C.: Instituto Colombiano de Cultura Hispanica. p 179-220.
- Chave J, Andalo C, Brown S, Cairns M, Chambers J, Eamus D, Fölster H, Fromard F, Higuchi N, et al. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145:87-99.
- Chave J, Riéra B, Dubois M-A. 2001. Estimation of biomass in a neotropical forest of French Guiana: spatial and temporal variability. *J. Trop. Ecol.* 17:79-96.
- Cieza de León P. 1984. La Cronica del Perú. Madrid: Instituto Gonzalo Fernández de Oviedo, pp 45-46 (Obras completas, Tomo I) . (Palacios E, editor.).
- Cleef A. 2008. Influencia Humana en los Páramos. En: Agrarios PD para AA y, editor. Panorama y Perspectivas sobre la Gestión Ambiental de los Ecosistemas de Páramo. Vol. 1. Bogota. p 26-33.
- Cleef A. 2013. Origen, evolución, estructura y diversidad biológica de la alta montaña Colombiana. En: Cortés-Duque J, Sarmiento-Pinzón C, editores. Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana:memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos. Bogota D.C: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. p 235. 3-21.
- Cleef A, Cabrera M. 2014. No Title. En: Cabrera M, Ramírez W, editores. RestauRación ecológica de los páRamos de colombia: Transformación y herramientas para su conservación. Bogota, D.C. Colombia.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). p 296 pp.
- Colwell R. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.0. Available from: <http://purl.oclc.org/estimates>
- Connell J. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* (80-.). 199:1302-1310.
- Conti G, Díaz S. 2013. Plant functional diversity and carbon storage—an empirical test in semi-arid forest ecosystems. *J. Ecol.* 101:18-28.
- Contreras P, De Los Ríos B, Montes M, Ramos E. 2013. Consumo y valor nutritivo del ensilado de Calamagrostis antoniana y Avena sativa asociada en diferentes proporciones en alpacas (Vicugna pacos)/intake and nutritional value of silage Calamagrostis antoniana AND Avena sativa associated in different proport. *Rev. Complut. Ciencias Vet.* 7:50.
- Cornelissen J, Lavorel S, Garnier E, Diaz S, Buchmann N, Gurvich D, Reich P, Ter Steege H, Morgan H, et al. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Aust. J. Bot.* 51:335-380.
- Cortés-Duque J, Sarmiento C. 2013. Visión socioecosistémica de los páramos y la

- alta montaña Colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Primera Ed. Bogotá, D.C. Colombia.
- Cuatrecasas J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Rev. la Acad. Colomb. Ciencias Exactas, Físicas y Nat.* 10:221-268.
- Cuatrecasas J. 1989. Aspectos de la vegetación natural en Colombia.
- Davis M. 2008. Bienvenidos al Antropoceno. *Rev. Digit. Sinpermiso.*
- Denevan W. 1983. Adaptation, variation, and cultural geography. *Prof. Geogr.* 35:399-407.
- Díaz S, Fargione J, Chapin FS, Tilman D. 2006. Biodiversity loss threatens human well-being. *PLoS Biol.* 4:e277.
- Díaz S, Kattge J, Cornelissen JH, Wright I, Lavorel S, Dray S, Reu B, Kleyer M, Wirth C, et al. 2016. The global spectrum of plant form and function. *Nature* [Internet] 529:167-171. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nature16489>
- Díaz S, Lavorel S, de Bello F, Quétier F, Grigulis K, Robson TM. 2007. Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 104:20684-20689.
- Drennan R, Herrera L, Piñeros F. 1989. El Medio Ambiente y la Ocupación Humana. En: Herrera L, Drennan R, Uribe C, editores. *Prehispanic Chiefdoms in the Valle de la Plata: The environmental context of human habitation Cacicazgo Prehispanico del Valle de La Plata: El Contexto Medioambiental de Ocupación Humana. Vol. 1.* Bogotá: University of Pittsburgh, Department of Anthropology, Universidad de los Andes Departamento de Antropología. p 238.
- Duarte C, Alonso S, Benito G, Dachs J, Montes C, Pardo Buendía M, Ríos A, Simó R, Valladares F. 2006. Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra.
- Duque A, Rangel-Ch O. 1986. Analisis fitosociologico del la vegetación paramuna del Parque Nacional Natural Puracé. *Caldasia*:70-.
- Duran C. 2013. La Reserva de la Biósfera Cinturón Andino, Colombia: reflexiones a partir del caso de la comunidad Orika y su participación en la conservación del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo. *Rev. Geogr. Norte Gd.*:7-18.
- Duran CA. 2009. Gobernanza en los Parques Nacionales Naturales colombianos: reflexiones a partir del caso de la comunidad Orika y su participación en la conservación del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo. *Rev. Estud. Soc.*:60.
- Eastman J. 2012. *Idrisi Selva.* Worcester, MA Clark Univ.
- Elmqvist T, Folke C, Nyström M, Peterson G, Bengtsson J, Walker B, Norberg J. 2003. Response diversity, ecosystem change, and resilience. *Front. Ecol. Environ.* 1:488-494.

- Etter A. 2015. Las Transformaciones del Uso de la Tierra y los Ecosistemas Durante El Período Colonial en Colombia. En: Meisel RA, Ramírez GMT, editores. La economía colonial de la Nueva Granada. Bogotá: Banco de la Republica.
- Etter A, Amaya P, Arévalo P. 2016. Bosques, sabanas y páramos. Cincuenta años de transformación en los ecosistemas en Colombia. Biodivers. 2015. Estado y tendencias la Biodivers. Cont. Colomb. Inst. Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colomb.
- Etter A, McAlpine C, Wilson K, Phinn S, Possingham H. 2006. Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. Agric. Ecosyst. Environ. 114:369-386.
- Faust F. 2004. Un viaje por los paisajes míticos de Colombia. Popayán: Editorial Universidad del Cauca.
- Faust F. 2010. La cosmovisión de los coconucos y los yanaconas en su arquitectura. Boletín Antropol. 18:350-360.
- Fernández DR. 2010. El Antropoceno: la crisis ecológica se hace mundial. La expansión del capitalismo global choca con la Biosfera, Madrid. Coeditores. Virus y Libros en Acción.
- Figuroa A, Valencia M. 2009. Ecología y fragmentación. En: Figuroa A, Valencia M, editores. Fragmentación y coberturas vegetales de ecosistemas andinos, departamento del Cauca. Popayán-Colombia: Sello Editorial Universidad del Cauca. p 400. 17-45.
- Figuroa C, Martínez J, Joaquín S. 2005. Cauca Región Líder en el Manejo Integral del Agua, Recurso Articulador entre el Entorno Natural y la Actividad Humana para la Competitividad Regional. Popayan Univ. del Cauca.
- Finegan B, Peña-Claros M, Oliveira A, Ascarrunz N, Bret-Harte S, Carreño-Rocabado G, Casanoves F, Díaz S, Eguiguren P, et al. 2015. Does functional trait diversity predict above-ground biomass and productivity of tropical forests? Testing three alternative hypotheses. J. Ecol. 103:191-201.
- Folke C. 2006. Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. Glob. Environ. Chang. 16:253-267.
- Folke C, Berkes F, Colding J. 1998. Ecological practises and social mechanisms for building resilience and sustainability.
- Folke C, Carpenter S, Elmqvist T, Gunderson L, Holling C, Walker B. 2002. Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. AMBIO A J. Hum. Environ. 31:437-440.
- Folke C, Carpenter S, Walker B, Scheffer M, Chapin T, Rockström J. 2010. Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. Ecol. Soc. 15:20.
- Folke C, Carpenter S, Walker B, Scheffer M, Elmqvist T, Gunderson L, Holling C. 2004. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management.

- Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.:557-581.
- Folke C, Colding J, Berkes F. 2003. Synthesis: building resilience and adaptive capacity in social-ecological systems. En: Berkes F, Colding J, Folke C, editores. Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change. . p 352-387.
- Forman R. 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landsc. Ecol.* 10:133-142.
- Galeano LM. 2011. Políticas ambientales de los indígenas Coconucos del resguardo de Purace, departamento del Cauca, desde 1974 hasta el 2011: una aproximación desde el enfoque interdisciplinario.
- Galeano M. 2012. Políticas ambientales de los indígenas Coconucos del resguardo de Purace, departamento del Cauca, desde 1974 hasta el 2011: una aproximación desde el enfoque interdisciplinario.
- Galindo G, Espejo O, Ramírez J, Forero C, Valbuena C, Rubiano J, Lozano R, Vargas K, Palacios A, et al. 2014. Memoria técnica de la Cuantificación de la superficie de bosque natural y deforestación a nivel nacional. Actualización Periodo 2012 – 2013. :56 pp.
- Gallini S, De la Rosa S, Abello R. 2015. Historia ambiental. En: Ungar P, editor. Hojas de ruta. Guías para el estudio socioecológico de la alta montaña en Colombia. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Gallopín G. 1991. Human dimensions of global change-linking the global and the local processes. *Int. Soc. Sci. J.* 43:707-718.
- Gallopín G. 2006. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Glob. Environ. Chang.* 16:293-303.
- Gentry A. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. En: *Evolutionary biology*. Springer. p 1-84.
- Gentry A. 1993. A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru) with supplementary notes on herbaceous taxa. Washington, DC.
- Gentry A, Churchill S, Balslev H, Forero E, Luteyn J. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests. En: Churchill SP, Balslev H, Forero E, Luteyn JL, editores. Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests. Proceedings of a symposium, New York Botanical Garden, 21-26 June 1993. New York Botanical Garden. p 103-126.
- Gómez-Baggethun E. 2009. Perspectivas del conocimiento ecológico local ante el proceso de globalización. *Papeles Relac. ecosociales y cambio Glob.* 107:57-67.
- Gomez M, Moreno L. 2016. Biodiversidad 2015 en cifras. *Biodivers.* 2015. Estado y tendencias la Biodivers. Cont. Colomb. Inst. Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colomb.

- Gonzales L. 2011. Viabilidad de las técnicas de ecología del paisaje, en el proceso de toma de decisiones del uso del terreno.
- Gotts N. 2007. Resilience, panarchy, and world-systems analysis. *Ecol. Soc.* 12.
- Grime J. 1998. Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. *J. Ecol.* 86:902-910.
- Guhl-Nannetti E. 2002. La sostenibilidad y los páramos. En: Jaramillo C, editor. Congreso Mundial de Páramos. Paipa, Boyacá - Colombia. p 110-121.
- Gunderson L. 2000. Ecological resilience--in theory and application. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*:425-439.
- Gunderson L, Holling C. 2001. Panarchy: understanding transformations in human and natural systems. Island Press.
- Gunderson L, Pritchard Jr L. 2003. Resilience and the Behavior of Large-Scale Systems. *Manag. Environ. Qual. An Int. J.* 14:423-424.
- Gunderson L, Pritchard Jr L, Pritchard L. 2012. Resilience and the Behavior of Large-Scale Systems. Island Press.
- Gutiérrez H. 2002. Modelo para evaluar la vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia ante un posible cambio climático utilizando SIG con énfasis en las coberturas nival y de páramo.
- Hamilton J. 1955. Viajes por el interior de las provincias de Colombia.
- Van der Hammen T, Rangel-Ch O, Lowy-C P, Aguilar-P M. 1997. El estudio de la vegetación en Colombia. *Colomb. Divers. Biótica II, Tipos Veg.*:17-57.
- Harden CP. 2006. Human impacts on headwater fluvial systems in the northern and central Andes. *Geomorphology* 79:249-263.
- Heck V, Figueroa A. 2009. Climatología de la zona norte del parque nacional natural Puracé y su análisis en el marco de los datos históricos existentes. En: Figueroa Casas A, Valencia M, editores. Fragmentación y Coberturas Vegetales en Ecosistemas Andinos, Departamento del Cauca. Popayán: Universidad Del Cauca. p 57-75.
- Herrera L, Piñeros F. 1989. 4.2 Pollen Analysis of Pilimbala (Profile 15) and Laguna San Rafael (Profile 16). Análisis Palinológico de los sitios de Pilimbala (Perfil 15) y Laguna de San Rafael (Perfil 16). En: Herrera LF, Drennan RD, Uribe CA, editores. Prehispanic Chiefdoms in the Valle de la Plata: The environmental context of human habitation Cazicazgo Prehispanico del Valle de La Plata: El Contexto Medioambiental de Ocupación Humana. Vol. 1. Bogotá: University of Pittsburgh, Department of Anthropology-Universidad de los Andes Departamento de Antropología. p 238.
- Herzog S, Martinez R, Jørgensen P, Tiessen H. Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales.
- Hobbs R. 1997. Future landscapes and the future of landscape ecology. *Landsc. Urban Plan.* 37:1-9.
- Hofstede R. 2001. El impacto de las actividades humanas sobre el páramo. En:

- Mena P, Medina G, Hofstede R, editores. Los páramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas. Abya Yala/Proyecto Páramo. Quito, Ecuador. p 161-185.
- Hofstede R, Segarra P, Vásconez P. 2003. Los páramos del mundo: Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. UICN; Global Peatland Initiative; Ecociencia.
- Holling C. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*:1-23.
- Holling C. 1986. The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change. *Sustain. Dev. Biosph.*:292-317.
- Holling C. 1992. Cross-scale morphology, geometry, and dynamics of ecosystems. *Ecol. Monogr.* 62:447-502.
- Holling C. 1996. Surprise for science, resilience for ecosystems, and incentives for people. *Ecol. Appl.* 6:733-735.
- Holling C. 2001. Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems* 4:390-405.
- Hooper D, Chapin Iii F, Ewel J, Hector A, Inchausti P, Lavorel S, Lawton J, Lodge D, Loreau M, et al. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol. Monogr.* 75:3-35.
- IDEAM. 2002. Colombia alto andina y la significancia ambiental del bioma páramo en el contexto de los Andes tropicales: una aproximación a los efectos de un tensor adicional por el cambio climático global (Global Climatic Tensor).
- IDEAM. 2015a. Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, D. C.
- IDEAM. 2015b. Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono Actualización de cifras 2015.
- IDEAM. 2016. Registro historico estaciones meteorologicas: San Juan, Termales Pilimbalá, San Rafael y PNN Puracé. Sistema de información.
- Imbachi D. 2014. Integridad ecologica de la laguna San Rafael Parque Nacional Natural Puracé, Cauca. *Dep. Biol. Biólogo.*
- Jaeger J. 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landsc. Ecol.* 15:115-130.
- Joaqui S. 2005. Analisis multitemporal de las coberturas vegetales para ecotopos paramunos caracterizando las intervenciones antropicas, en una ventana del Parque Nacional Natural Puracé.
- Joaqui S, Figueroa A, Ramirez B. 2009. Análisis multitemporal de coberturas vegetales para ecotopos paramunos. Parque Nacional Natural Puracé. En: Figueroa A, Valencia M, editores. Fragmentación y coberturas vegetales de ecosistemas andinos, departamento del Cauca. Popayan, Cauca: Sello Editorial Universidad del Cauca. p 400. 119-135.
- Kawulich B. 2005. La observación participante como método de recolección de datos. En: *Forum: qualitative social research.* Vol. 6. . p 1-32.
- Kleyer M, Minden V. 2015. Why functional ecology should consider all plant

- organs: An allocation-based perspective. *Basic Appl. Ecol.* 16:1-9.
- Laurance W, Yensen E. 1991. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. *Biol. Conserv.* 55:77-92.
- Lavorel S. 2013. Plant functional effects on ecosystem services. *J. Ecol.* 101:4-8.
- Lebel L, Anderies J, Campbell B, Folke C, Hatfield-Dodds S, Hughes T, Wilson J. 2006. Governance and the capacity to manage resilience in regional social-ecological systems. *Ecology* 11:19.
- Lebel L, Daniel R. 2009. The governance of ecosystem services from tropical upland watersheds. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 1:61-68.
- Leff E. 2006. Complejidad, racionalidad ambiental y diálogo de saberes. Carpeta del Ceneam, enero. Madrid.
- Lhumeau A, Cordero D. 2012. Adaptación basada en ecosistemas: una respuesta al cambio climático. UICN, Quito, Ecuador.
- López-Arevalo H, Morales-Jimenez A, Matallana C. 2002. Aproximaciones a los efectos de las actividades antrópicas sobre la fauna de vertebrados del páramo Colombiano.
- Ludwig D, Mangel M, Haddad B. 2001. Ecology, conservation, and public policy. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 32:481-517.
- Marín C, Medina G, Jiménez D, Sarmiento M, León O, Díaz J, Paiba J. 2016. Protocolos metodológicos para la caracterización de las comunidades bióticas a lo largo del gradiente altitudinal bosque-páramo.
- Martín-López B, Gómez-Baggethun E, Montes C. 2009. Un marco conceptual para la gestión de las interacciones naturaleza-sociedad en un mundo cambiante. *Cuid. Cuad. Interdiscip. Desarro. Sosten.*:229-258.
- Martín-López B, González J, Díaz S, Castro I, García-Llorente M. 2007. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Rev. Ecosistemas* 16.
- Martín-López B, González J, Vilarly S. 2012. Ciencias de la sostenibilidad: guía docente. Universidad del Magdalena.
- Martín-López B, Montes C. 2011. 5.1. Los sistemas socio-ecológicos: entendiendo las relaciones entre la biodiversidad y el bienestar humano.
- Martínez-Dueñas W. 2010. INRA-Índice integrado relativo de Antropización: Propuesta técnica-conceptual y aplicación. *Intropica* 5:37.
- Martínez J. 2005. Estudio espacio temporal del proceso de fragmentación en la zona Nor- Oriental del Parque Nacional Natural Puracé, Mediante el analisis de las comunidades vegetales.
- Martinez J, Figueroa A, Ramirez B. 2009. Cambio de cobertura y fragmentación a través de un análisis espacio temporal en el Parque Nacional Natural Puracé. En: Figueroa A, Valencia M, editores. Fragmentación y coberturas vegetales de ecosistemas andinos, departamento del Cauca. Popayan, Cauca: Sello Editorial Universidad del Cauca. p 400. 137-155.

- May R. 1973. *Stability and Complexity in Model Ecosystems* Princeton University Press Princeton Google Scholar.
- McGarigal K, Cushman S, Maile N. 2012. FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: Available from: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- Mcgarigal K, Cushman S, Neel M, Ene E. 2002. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps.
- McGarigal K, Marks BJ. 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure.
- McGill B, Enquist B, Weiher E, Westoby M. 2006. Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends Ecol. Evol.* 21:178-185.
- Miller F, Osbahr H, Boyd E, Thomalla F, Bharwani S, Ziervogel G, Walker B, Birkmann J, van der Leeuw S, et al. 2010. Resilience and vulnerability: complementary or conflicting concepts. *Ecol. Soc.* 15:11.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2012. Política Nacional para la gestión integral de la biodiversidad y de sus servicios ecosistémicos. Ministerio del Medio Ambiente.
- Mittelbach G, Turner A, Hall D, Rettig J, Osenberg C. 1995. Perturbation and resilience: a long-term, whole-lake study of predator extinction and reintroduction. *Ecology* 76:2347-2360.
- Molina R. 2005. Dinámicas del Impacto Ambiental de la Ganadería en el Ecosistema de Páramo, Desde la Economía Ecológica. Resguardo de Purace, Zona de San Rafael, Municipio de Puracé, Departamento del Cauca.
- Molinillo M, Monasterio M. 2002. Patrones de vegetación y pastoreo en ambientes de páramo. *Ecotropicos* 15:19-34.
- Monasterio M. 2002. Evolución y Transformación de Los y, Páramos en la Cordillera de Mérida: Paisajes Naturales Culturales en Venezuela. En: Paisajes Culturales en los Andes. Mujica, E. UNESCO, Lima. p 99-109.
- Monsalve M, Arcila M. 2012. Contexto tectónico de la zona volcánica del Puracé y provincia alcalina del valle superior del Magdalena. *Ing. Investig. y Desarro.* 8.
- Morin E. 1994. *Introducción al pensamiento complejo*: Barcelona.
- Mosquera A. 2009. Caracterización de dos zonas de transición, mediante el análisis de las coberturas vegetales y variables microambientales en una zona de paramo, en el sector Nororiental del Parque Nacional Natural Puracé.
- Mosquera A, Martínez J, Figueroa A. 2014. Microclimatic gradients in transition zones of Andean forest: A case study of Purace National Park. *Sci. Res. Essays* 9:703-715.
- Mujica L. 2002. Aculturación, Inculturación e Interculturalidad Los supuestos en las relaciones entre «unos» y «otros». *Fénix* 43-44 Rev. del a Bibl. Nac. del

- Perú,:55-78.
- Muñoz F. 2007. Evaluación de la Susceptibilidad a la Erosión en Dos Tipos e Agroecosistemas Altoandinos en la Cuenca del Río Palacé.
- Muñoz F. 2008. Caracterización biofísica, análisis espacio temporal y de intervenciones antrópicas, para humedales altoandinos caso tipo, laguna de San Rafael, (zona norte) Parque Nacional Natural Puracé y humedal de Calvache.
- Muñoz F, Figueroa A, Vergara H. 2009. Análisis espacio temporal de humedales altoandinos: laguna de San Rafael y humedal de Calvache. En: Figueroa A, Valencia M, editores. Fragmentación y coberturas vegetales de ecosistemas andinos, departamento del Cauca. Popayan, Cauca: Sello Editorial Universidad del Cauca. p 400. 159-188.
- Novoa JAG, Molina IS. 2010. Cuatro grandes retos, una solución global: Biodiversidad, cambio climático, desertificación y lucha contra la pobreza. Fundación Ipade.
- Odum EP, Odum HT, Andrews J. 1971. Fundamentals of ecology. Saunders Philadelphia.
- Ospina D. 2013. La Identidad Indígena de los Coconucos de Puracé: ¿Ecología u Organización Política?
- Otero J. 1952. Etnología caucana: estudio sobre los orígenes, vida, costumbres y dialectos de las tribus indígenas del Departamento del Cauca. Editorial Universidad del Cauca.
- Otero J, Figueroa A, Muñoz F, Peña M. 2011. Loss of soil and nutrients by surface runoff in two agro-ecosystems within an Andean paramo area. *Ecol. Eng.* 37:2035-2043.
- Otero JD. 2009. Evaluación del arrastre de nutrientes en la zona de ladera generado por escorrentía superficial en dos agro ecosistemas dentro de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural Puracé.
- Paiva J. 2004. Edgar Morin y el pensamiento de la complejidad. *Rev. ciencias la Educ.*:14-23.
- Pakeman R, Quested H. 2007. Sampling plant functional traits: What proportion of the species need to be measured? *Appl. Veg. Sci.* 10:91-96.
- Paloma I, Rocha-Caicedo C. 2012. Estado de Conservación y cobertura vegetal de la vereda Busaga (Iza-Boyacá). *Rev. la Fac. Ciencias Básicas* 10:9-18.
- Parrish J, Braun DP, Unnasch R. 2003. Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *Bioscience* 53:851-860.
- Pereira J, Jordán F. 2017. Multi-node selection of patches for protecting habitat connectivity: Fragmentation versus reachability. *Ecol. Indic.* 81:192-200.
- Pérez-Harguindeguy N, Díaz S, Garnier E, Lavorel S, Poorter H, Jaureguiberry P, Bret-Harte M, Cornwell W, Craine J, et al. 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Aust. J. Bot.*

- Peterson G, Allen C, Holling C. 1998. Ecological resilience, biodiversity, and scale. *Ecosystems* 1:6-18.
- Petrosillo I, Aretano R, Zurlini G. 2015. *Socioecological Systems* ☆.
- Pickover C. 1990. *Computers, Pattern, Chaos and Beauty: Graphics flmm arl Unseen World*.
- Plaza-Ortega V, Valencia-Rojas M, Figueroa-Casas A. 2017. Aplicación del índice integrado relativo de antropización (INRA), en un ecosistema de alta montaña. *Rev. Luna Azul*:80-93.
- PNUD. 2010. Programa Conjunto: Integración de ecosistemas y adaptación al cambio climático en el macizo colombiano. Available from: http://www.pnudcolombia.org/cambioclimaticomacizo/documentos/adaptacion_al_cambio_climatico/ruta_de_adaptacion_15_marzo.pdf
- De Pourcq K, Thomas E, Arts B, Vranckx A, Léon-Sicard T, Van Damme P. 2017. Understanding and Resolving Conflict Between Local Communities and Conservation Authorities in Colombia. *World Dev.* 93:125-135.
- Poveda G, Pineda K. 2009. Reassessment of Colombia's tropical glaciers retreat rates: Are they bound to disappear during the 2010-2020 decade? *Adv. Geosci.* 22:107.
- Premauer J, Vargas O. 2004. Patrones de diversidad en vegetación pastoreada y quemada en un páramo húmedo (Parque Natural Chingaza, Colombia). *Ecotropicos* 17:52-66.
- Pulgarin B, Monsalve M, Arcila M, Cepeda H. 1993. Actividad histórica y actual del volcán Puracé, Colombia. *Bol. Geol. Ingeominas* 34:39-53.
- Ramirez B. 1995. Principios y metodos en ecología vegetal. Popayán: Univerisdad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educacion. Departamento de Biología.
- Range- Ch O, Franco P. 1985. Observaciones fitoecológicas en varias regiones de vida de la Cordillera Central de Colombia. *Caldasia* 14:211-249.
- Rangel- Ch O. 2000. Colombia, diversidad biótica III, La región de vida paramuna de Colombia. (Universidad Nacional de Colombia Instituto de Ciencias, editor.). Universidad Nacional de Colombia.
- Rangel-Ch O, Garzon-C A. 1995. Macizo Central Clombiano, (Con especial referencia al transecto desde el Valle del río Magdalena hasta el Volcán del Puracé). En: Rangel CO, editor. Colombia: diversidad biotica I. Vol. 1. Instituto de Ciencias Naturales. Convenio Inderena. Universidad Nacional de Colombia.
- Rangel-Ch O, Lozano-C G. 1986. Un perfil de vegetación entre La Plata (Huila) y el volcán del Puracé. *Caldasia*:503-547.
- Rangel-Ch O, Velázquez A. 1997. Métodos de estudio de la vegetación. Colomb. Divers. biótica II. Tipos Veg. en Colomb. Inst. Ciencias Nat. Univ. Nac.

- Colomb. Bogotá, Colomb.
- Rangel O. 2002. Biodiversidad en la región del páramo: con especial referencia a Colombia. En: Congreso Mundial de Páramos. MMA, CAR, IDEAM y Colombia, C. Paipa. I. . p 168-200.
- Rathe L. 2017. La sustentabilidad en los sistemas socio-ecológicos. Utopía y Prax. Latinoam. 22:65-78.
- Resilience Alliance. 2007. Assessing and managing resilience in social-ecological systems: A practitioners workbook (Version 1.0).
- Reyes-García V. 2009. Conocimiento ecológico tradicional para la conservación: dinámicas y conflictos. Papeles Relac. ecosociales y cambio Glob. 107:39-55.
- Reyes JE, Ballesteros ER. 2011. Resiliencia Socioecológica: aportaciones y retos desde la Antropología/Socioecological Resilience: contributions and challenges from Anthropology. Rev. Antropol. Soc. 20:109.
- Rincón-Ruíz A, Echeverry-Duque M, Piñeros AM, Tapia CH, David A, Arias-Arévalo P, Zuluaga PA. 2014. Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C. Colombia.
- Ripken C. 2009. Resilience and Vulnerability of Wetlands. Fac. Agric. Rheinische Friedrich–Wilhems–Universität zu Bonn, Ger.:122.
- Rodríguez N, Pabón J, Bernal N, Martínez J. 2010. Cambio climático y su relación con el uso del suelo en los Andes colombianos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rosas H, Kandel S, Dimas L. 2004. Compensación por servicios ambientales y comunidades rurales: lecciones de las Américas y temas críticos para fortalecer estrategias comunitarias. Instituto Nacional de Ecología.
- Rudas G, Marcelo D, Armenteras D, Rodríguez N, Morales M, Delgado L, Sarmiento A. 2007. Biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia. Bogota D.C.
- Ruiz D. 2009. Determinación del Impacto Ambiental Sobre el Recurso Hídrico Para Consumo Humano Generado por el Establecimiento de Actividades Antrópicas en la Parte Alta de la Subcuenca Rio San Francisco, Municipio Purace.
- Ruiz D, Martinez J, Figueroa A. 2015. Agricultura sostenible en ecosistemas de alta montaña. Biotecnol. en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial 13.
- Ruiz E. 2013. Impacto potencial del cambio climático en bosques de un gradiente altitudinal a través de rasgos funcionales.
- Salgado-Negret B, Paz H. 2015. Escalando de los rasgos funcionales a procesos poblacionales, comunitarios y ecosistémicos. pp 12-35. En: Salgado-Negret B, editor. La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. Instituto de

- Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia. p 236.
- Salgado B, Paz H. 2015. La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. (Salgado-Negret B, editor.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia.
- Salgado B, Pulido N, Cabrera M, Ruiz C, Paz H. 2015. Protocolo para la medición de rasgos funcionales en plantas. En: Salgado-Negret B, editor. La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia. p 236.
- Salinas Z, Hernández P. 2008. Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía.
- Sánchez-Cuervo A, Aide TM, Clark M, Etter A. 2012. Land cover change in Colombia: surprising forest recovery trends between 2001 and 2010. *PLoS One* 7:e43943.
- Sanín D, Duque C. 2006. Estructura y composición florística de dos transectos localizados en la Reserva Forestal Protectora de Río Blanco (Manizales, Caldas, Colombia). *Boletín Científico Cent. Museos Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas* 10:47-48.
- Schwarz E. 1994. Un modèle générique de l'émergence, de l'évolution et du fonctionnement des systèmes naturels viables.
- Solis L. 2009. El pensamiento complejo. Buenos Aires Argentina.
- Sousa WP. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 15:353-391.
- Tandioy W. 2008. Análisis comparativo de los patrones de cambio naturales y antrópicos en un ecosistema altoandino, en la parte alta de la cuenca río Palacé.
- Thonicke K, Bahn M, Bardgett R, Bloemen J, Chabay I, Erb K, Giamberini M, Gingrich S, Lavorel S, et al. 2017. Advancing the adaptive capacity of social-ecological systems to absorb climate extremes. En: EGU General Assembly Conference Abstracts. Vol. 19. . p 12441.
- Tilman D, Knops J, Wedin D, Reich P, Ritchie M, Siemann E. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* (80-.). 277:1300-1302.
- Torres S, Murcia M, Sánchez L. 2014. Composición florística y estructura del matorral de la franja altoandina en la cuenca del río Pamplonita. *Rev. Ambient. Agua, Aire y Suelo* 4.
- Tovar C, Arnillas CA, Cuesta F, Buytaert W. 2013. Diverging responses of tropical Andean biomes under future climate conditions. *PLoS One* 8:e63634.
- Triana A. 1985. El caso del resguardo de Puracé. pp. 289-303. En: Jimeno M,

- Triana A, editores. Estado y minorías étnicas en Colombia. Bogotá: Cuadernos del Jaguar. p 343.
- Turner M. 2005. Landscape ecology: what is the state of the science? *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*:319-344.
- UASPNN. 2004a. Plan de Manejo Parque Nacional Natural Puracé. :225.
- UASPNN. 2004b. Plan de Manejo Parque Nacional Natural Puracé. Informe técnico. Unidad Especial Administrativa de Parques Nacionales Naturales, Territorial SurAndina (UASPNN). Available from: <http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/ParquePurace.pdf>
- Valencia M. 2014. Vulnerabilidad de las lagunas de páramo a procesos degradativos de origen antrópico incorporando la complejidad ambiental del territorio.
- Valencia M, Figueroa A, Ruiz D, Otero J, Martínez J, Ceballos V, Joaquín S, González D. 2014. Metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática. *Rev. Ing. Univ. Medellín* 13:29-43.
- Vargas O. 2013. Disturbios en los páramos andinos. En: Cortés-Duque J, Sarmiento C, editores. *Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. p 39-57.
- Vargas O, Premauer J, Cárdenas C. 2002. Efecto del pastoreo sobre la estructura de la vegetación en un páramo húmedo de Colombia. *Ecotropicos* 15:35-50.
- Velasco-Linares P, Vargas- Rios O. 2008. Problemática de los bosques altoandino. En: Vargas O, editor. *Estrategias para la restauración ecológica de los bosques altoandinos*. Segunda ed. Bogotá, D. C.: Grupo de Restauración Ecológica, Universidad Nacional de Colombia.
- Velazco J. 1980. *Historia del reino de Quito*. Caracas, Bibl. Ayacucho.
- Vidal C. 2014. Relación de procesos de fragmentación ecosistémica con la diversidad de comunidades de aves frugívoras e insectívoras en el sector nor-oriental del Parque Nacional Natural (PNN) Puracé. Popayán: Informe Final de Actividades como Joven Investigador de COLCIENCIAS.
- Vilardy S. 2009. Estructura y dinámica de la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta una aproximación desde el marco conceptual de los istemas socio-ecológicos complejos y la teoría de la resiliencia.
- Vilardy S, González J, Martín-López B, Oteros-Rozas E. 2012. Los servicios de los ecosistemas de la Reserva de Biosfera Ciénaga Grande de Santa Marta. *Revibec Rev. Iberoam. Econ. ecológica* 19:66-83.
- Villacís J, Córdoba K, Pozo W, Hang S, Casanoves F. 2014. Identificación de grupos funcionales de especies forestales utilizadas en biorremediación de

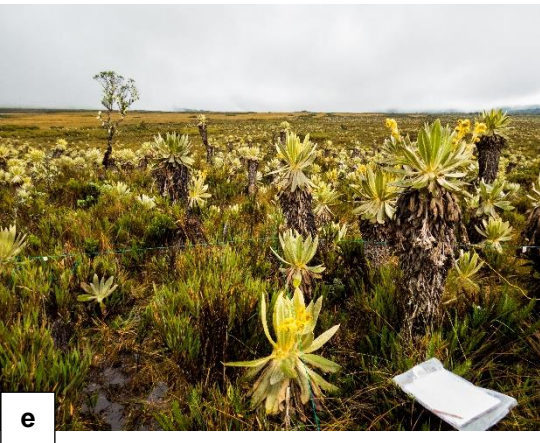
- áreas afectadas por la explotación de petróleo. ISBN 978-987-23883-7-9.
- Vuille M, Bradley R. 2000. Mean annual temperature trends and their vertical structure in the tropical Andes. *Geophys. Res. Lett.* 27:3885-3888.
- Walker B, Holling C, Carpenter S, Kinzig A. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecol. Soc.* 9:5.
- Walker B, Salt D. 2012. *Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world.* Washington: Island Press.
- Young O, Berkhout F, Gallopin G, Janssen M, Ostrom E, Van der Leeuw S. 2006. The globalization of socio-ecological systems: an agenda for scientific research. *Glob. Environ. Chang.* 16:304-316.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha entrevista semiestructurada aplicada en el norte de PNN Puracé con el fin de aproximarse a la percepción de servicios ecosistémicos

Análisis de transformaciones del paisaje en el norte del PNN Puracé							
Entrevista No.		Fecha:			Lugar:		
Actor:		Edad:		Sexo:	Nivel estudios:		
Procedencia:				Grupo étnico:			
Grupo familiar	Edad						
	Nivel estud.						
N:Ninguno P:Primaria S:Secundaria U:Universitario Pos-Universitario							
¿Cuáles son las actividades económicas con las que sustenta su familia (agricultura, comercialización)? ¿desde cuando?							
En su terreno usted tiene:		EXT.	Tipo, en el pasado tenía, desde cuando, importancia, (aumento, mejoró, sigue igual)				
Ganadería							
Cultivos							
Pastos de corte							
Bosques/áreas naturales							
Otros __¿cuales?							
Cree que existen problemas ambientales en la zona? Sí No ¿Cuales? ¿Quién cree que es el responsable?							
<p>Provisión: Alimento, agua, recursos ornamentales, recursos genéticos, leña, madera, productos silvestres, ganadería y agrícolas Culturales: recreación y turismo, disfrute espiritual y estético, identidad cultural, conocimiento ecológico local, conocimiento científico, educación ambiental Regulación: Polinización, mitigación de riesgos naturales, hábitat para especies, control biológico, fertilidad y formación del suelo, control de erosiones, regulación hídrica, purificación del aire, regulación climática.</p>							
¿Cuales cree que son los beneficios que le brinda la naturaleza o el lugar en que vive?(de mayor a menor importancia)	¿Quién le enseñó a usarlo?	¿Dónde lo aprovecha?	Ha cambiado su oferta durante el tiempo (mejoro, empeoro, igual, no sabe)	¿Espera que cambien en el futuro?			
Observaciones:							

Anexo 2. Sitios para muestreo de vegetación y rasgos funcionales. a) Bosque denso bajo b) Bosque abierto bajo c) Herbazal D.T.F.A. d) Herbazal D.T.F.N.A. (menos antropizado), e) y f) Herbazal D.T.F.N.A. (mas antropizado)



Anexo 3. Especies presentes en el área de estudio por parcela en cada cobertura vegetal evaluada

grupo	PARCELA		TIPO DE COBERTURA																			
			Bosque denso				Bosque abierto				Páramo poco intervenido				Páramo intervenido				Arbustal			
			P1	P2	P3	Tot.	P4	P5	P6	Tot.	P7	P8	P9	Tot.	P10	P11	P12	Tot.	P13	P14	P15	Tot.
Familia	Especie	Individuos	157	129	156	442	240	170	196	615	147	139	146	432	104	83	155	342	89	124	123	336
Dicotiledonea	Adoxaceae	<i>Viburnum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aquifoliaceae	<i>Ilex uniflora</i> Benth.	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Araliaceae	<i>Oreopanax argentatus</i> (Kunth) Decne. Y Planch.	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		<i>Oreopanax bogotensis</i> Cuatrec.	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Oreopanax seemannianus</i> Marchal.	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	Asteraceae	<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
		<i>Brachyotum canescens</i> (Bonpl.) Triana	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Diplostephium</i> cf. <i>cinerascens</i> Cuatrec.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
		<i>Diplostephium</i> cf. <i>floribundum</i> (Benth.) Wedd.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1
		<i>Diplostephium hartwegii</i> Hieron.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
		<i>Espeletia hartwegiana</i> Sch.Bip. ex Cuatrec.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
		<i>Gynoxys tolimensis</i> Cuatrec.	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Lasiocephalus caldasensis</i> (Cuatrec.) Cuatrec.	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Pentacalia trichopus</i> (Benth.) Cuatrec.	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
		<i>Pentacalia vaccinioides</i> (Kunth) Cuatrec.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
	Brunelliaceae	<i>Brunellia</i> sp.	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Chloranthaceae	<i>Hedyosmum</i> cf. <i>parvifolium</i> Cordem. ex Baill.	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Hedyosmum cumbalense</i> H. Karst.	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
		<i>Hedyosmum luteyrii</i> Todzia	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Hedyosmum</i> sp. 1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Clusiaceae	<i>Clusia multiflora</i> Kunth	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cunoniaceae	<i>Weinmannia brachystachya</i> Willd. ex Engl.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1
		<i>Weinmannia mariquitae</i> Szyszyl.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Weinmannia rollottii</i> Killip	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Weinmannia trianaea</i> Wedd.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ericaceae	<i>Disterigma alaternoides</i> (Kunth) Nied.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Psammisia graebneriana</i> Hoerold	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Themistoclesia epiphytica</i> A.C. Sm.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Themistoclesia mucronata</i> (Benth.) Sleumer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Thibaudia floribunda</i> Kunth		0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fabaceae	<i>Otholobium mexicanum</i> (L. f.) JW Grimes	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hypericaceae	<i>Hypericum juniperinum</i> Kunth	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	
	<i>Hypericum lancioides</i> Cuatrec.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	
Lauraceae	<i>Ocotea infrafoveolata</i> van der Werff	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Loranthaceae	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G.Don	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Melastomataceae	<i>Axinaea quitensis</i> Benoist	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

		<i>Miconia chlorocarpa</i> Cogn.	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		<i>Miconia gleasoniana</i> Wurdack	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		<i>Miconia orchetoma</i> Naudin	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		<i>Miconia puracensis</i> Wurdack	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1			
		<i>Miconia salicifolia</i> (Bonpl. Ej Naudin) Naudin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0			
		<i>Miconia</i> sp. 1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		<i>Miconia</i> sp. 2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		<i>Miconia</i> sp. 3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		<i>Miconia</i> sp. 4	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		<i>Miconia</i> sp. 5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		<i>Miconia</i> sp. 6	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		<i>Miconia</i> sp.7	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		<i>Tibouchina grossa</i> (L. f.) Cogn	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		<i>Tibouchina mollis</i> (Bonpl.) Cogn.	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		<i>Piper montanum</i> C. DC.	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Piperaceae	<i>Geissanthus andinus</i> Mez	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Primulaceae	<i>Myrsine dependens</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		<i>Hesperomeles</i> sp.1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1			
	Rosaceae	<i>Hesperomeles ferruginea</i> (Pers.) Benth.	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		<i>Palicourea</i> sp.	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Rubiaceae	<i>Solanum asperolanatum</i> Ruiz & Pav.	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Solanaceae	<i>Symplocos quitensis</i> Brand	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Symplocaceae	<i>Citharexylum</i> sp. L.	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Verbenaceae	<i>Greigia</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0			
		<i>Greigia</i> sp. 2	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
Monocotiledónea	Bromeliaceae	<i>Guzmania</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0			
		<i>Rhynchospora macrochaeta</i> Steud. ex Boeckeler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0		
		<i>Rhynchospora schiedeana</i> (Schldtl.) Kunth	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0		
	Cyperaceae	<i>Chusquea cf. acuminata</i> Döll	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1		
		<i>Chusquea cf. aristata</i> Munro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1		
		<i>Chusquea</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0		
		<i>Chusquea tessellata</i> Munro	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0		
		<i>Cortaderia nitida</i> (Kunth) Pilg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0		
		<i>Calamagrostis effusa</i> (Kunth) Steud.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0		
		<i>Blechnum cf. auratum</i> (Fée) R.M. Tryon & Stolze	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	
Pteridofitos	Blechnaceae	<i>Blechnum loxense</i> (Kunth) Hook. ex Salomon	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1		
		<i>Cyathea</i> sp.	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Cyatheaceae	<i>Lophosoria quadripinnata</i> (J.F. Gmel.) C. Chr.	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Dicksoniaceae	<i>Jamesonia imbricata</i> (Sw.) Hook. & Grev.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0		
Pteridaceae	Total	28	19	18	33	20	13	16	32	11	10	12	15	17	11	13	22	11	10	11	16		
Convenciones: 1: presencia de la especie																							
0:ausencia																							

Anexo 4. Programas ambientales incluidos en el Plan de vida

Componente	Objetivos	Estrategias	Proyectos	Responsable	Indicador	Meta	Inversión
Sector medio ambiental	<p>Detener la ampliación de la frontera agrícola hacia las zonas de paramo.</p> <p>Regular y orientar las prácticas de ganadería extensiva.</p> <p>Establecer programas de alcantarillado para las aguas lluvias y negras.</p> <p>Establecer planes de manejo de los residuos sólidos.</p>	<p>Establecer programas de reforestación con especies nativas y comerciales en forma controlada. Promover programas para establecer pastos ricos en proteínas que favorezcan prácticas de ganadería semiestabulada o estabulada.</p> <p>Formular y gestionar recursos para los proyectos de alcantarillado del resguardo.</p> <p>Estudiar el establecimiento de rellenos sanitarios, tratamientos de aguas negras. Establecer una empresa solidaria de reciclaje de basuras. Establecer un programa de capacitación medio ambiental para toda la población. Dentro de los programas:</p> <p>Manejo integrado de cuencas. Educación medio ambiental. Prevención y atención de desastres Subprogramas: Manejo de praderas y pastoreo controlado. Tecnificación parcelaria. Conservación de flora y fauna. Control medio –ambiental</p>	Protección, conservación y preservación de la cuenca del Rio Las Piedras.	Cabildo Indígena de Puracé			
			Capacitación y formación de líderes en conservación ambiental y ecológica.				
			Sistema de producción agroecológica para los habitantes de la cuenca del Rio Las Piedras.				
			Manejo, prevención y atención de desastres.				

Anexo 5. Programas ambientales incluidos en el EOT

Componente	Área	Objetivos	Estrategias	Proyectos	Actividades	Responsable	Meta	Inversión
Subsistema físico biótico	Bosque Nativo	Reforestar con especies nativas las quebradas y manantiales que abastecen y abastecerán acueductos veredales e interveredales	<p>Establecimiento de viveros temporales en puntos principales de las subcuencas que integran la red hidrográfica.</p> <p>Sembrando especies.</p> <p>Hacer mantenimiento a las plantas sembradas</p>	Reformación de microcuencas que integran el río Bedón	2001-2003 Identificación y construcción de viveros temporales y siembra de especies vegetales. 20003- 2005 continuación del programa de reforestación de las fuentes hídricas identificadas reforestación y mantenimiento de las ares sembradas.	Alcalde Municipal, Jefe de Planeación. UMATA, Cabildos Indígenas, UASPNN,	Recuperación del bosque nativo así como preservación de la fauna silvestre.	Recursos de ingresos corrientes de la nación. Créditos, Situado Fiscal, ICN de los resguardos

Conservación del recurso de Agua	Proteger las áreas de nacimientos de agua para todas las fuentes hídricas que se originan fuera del área protegida por el PNN Puracé	Aislar ojos de agua, dando prioridad a las fuentes que surtan los acueductos veredales e inter-veredas, favoreciendo la regeneración natural		2001-2003 Identificación y aislamiento de las fuentes que abastecen acueductos. 2003- 2005 continuación del aislamiento. 2009 recuperación de la ronda de los ríos y quebradas	CRC, CAM, FEDECAFE	Regular los niveles de caudal de las fuentes hídricas en el Municipio de Puracé – Coconuco.	indígenas, UASPNN, CAM, CRC
Descontaminación de aguas	Mejorar la calidad de las corrientes superficiales, en especial las que abastecen acueductos.	Construyendo bebederos para el ganado fuera de la franja de protección de manantiales, quebradas y ríos.	Construcción de bebederos para el ganado fuera de la franja de protección de manantiales, ríos y quebradas.	Identificación y construcción de bebederos fuera de la franja de protección, dando prioridad a las fuentes hídricas que abastecen acueductos.		Mejoramiento de la calidad del agua en el Municipio de Puracé – Coconuco.	
				Continuación de construcción de bebederos.			
				Recuperación de la ronda de los ríos y quebradas.			
Educación ambiental	Capacitar y motivar a la comunidad del municipio de Puracé- Coconuco en el manejo integrado de las cuencas hidrográficas y la conservación del medio ambiente.	Capacitar a los líderes comunitarios, desarrollando talleres zonales, elaborando material didáctico divulgativo, promocionando visitas técnicas y realizando campañas radiales.	Capacitar en manejo integrado de cuencas hidrográficas a las comunidades del corregimiento de Santa Leticia y los resguardos de Puracé, Coconuco y Paletera.	Planeación, programación y ejecución de capacitaciones en el manejo integrado de residuos sólidos en escuelas rurales, enfocadas a la reutilización de materiales no biodegradables; Capacitación comunitaria en la producción de abono orgánico. Ejecución y refuerzo del programa de manejo integrado de residuos sólidos en el área rural.		Regalamiento de caudal de las fuentes hídricas de Puracé- Coconuco	
Residuos solidos	Manejar adecuadamente los residuos sólidos en el área Rural y Centros Poblados del municipio de Puracé - Coconuco.	Capacitando a la comunidad en el manejo de los residuos sólidos. Desarrollando campañas de reciclaje en los Centros Poblados. Produciendo abono orgánico por diferentes sistemas	Manejo integral de residuos sólidos en el área rural	Planeación, programación y ejecución de capacitaciones en el manejo integrado de residuos sólidos en escuelas rurales, enfocadas a la reutilización de materiales no biodegradables; Capacitación comunitaria en la producción de abono orgánico. Ejecución y refuerzo del programa de manejo integrado de residuos sólidos en el área rural.		Manejar los residuos sólidos en Puracé.	
						Reutilizar materiales reciclables. Producción abonos orgánicos.	
Recurso Hídrico	Regenerar y proteger las rondas del río Grande.	Reforestando las márgenes del río y culturizando ambientalmente a la comunidad.	Protección de las rondas del río Grande.	A corto plazo, de acuerdo a la ley 388 del 97.	UMATA, juntas de acción comunal.	Fortalecimiento de las riberas del río Grande.	

Anexo 6. Programas ambientales incluidos en el Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015

Componente	Estrategias	Proyectos	Actividades	Indicador	Responsable	Meta	Inversión
Sector medio ambiente	Sensibilizar a la población. Diseño y desarrollo de un plan ambiental tomando un modelo adecuado de desarrollo sostenible. Fortalecimiento de la cultura ambiental propiciando tecnologías de conservación y protección de los ecosistemas. Impulso de campañas de educación ambiental.	Educación ambiental no formal.	Talleres de sensibilización	No. de talleres	Alcaldía Municipal	10 ha conservadas y reforestadas	303.455.887
		Conservación de microcuencas que abastecen el acueducto, protección de fuentes y reforestación de dichas cuencas.	ha reforestadas	No. de ha reforestadas			
			km de aislamiento	No. de km de aislamiento			
			km en cerca viva	No. de km en cerca viva			
		Adquisición Áreas de reserva	Adquisición áreas de reserva natural	No. de ha adquiridas			
		Recuperación y fortalecimiento de los procesos de conservación de los sitios de importancia comunitaria en las veredas del RI de Puracé	75, 5 ha cofinanciadas	No. de ha cofinanciadas			
43 km de aislamiento	No. de km aislados						

Anexo 7. Programas ambientales incluidos en el Plan de Manejo del PNN Puracé

Compon ente	Objetivos específicos	Indicador	Meta	Inversión
Biodiversidad ,Servicios ambientales, Servicios culturales	1. Mitigar y controlar las presiones a los valores objeto de conservación del PNN Puracé, involucrando a los actores sociales e institucionales relacionados, con el fin de avanzar en el logro de los objetivos de conservación que sustentan la existencia del AP.			303.455.887
	Zonificar y reglamentar las zonas de traslape PNN Puracé-Resguardos, a través de la construcción conjunta de Regímenes Especiales de Manejo.	No de propuestas temáticas para construcción del Régimen Especial de Manejo nace en la formulación de la propuesta	Una propuesta temática para construcción del Régimen Especial de Manejo con el Cabildo de Puracé	
	Aportar al ordenamiento ambiental territorial de zonas aledañas al AP que permitan mitigar presiones al PNN Puracé.	No planes de acción concertadas con CAR` s	Dos planes de acción concertados con las autoridades competentes para abordar la declaratoria de zonas de amortiguación, en el marco de los convenios	
	Contribuir a la conformación del SIRAP Macizo impulsando la declaración de áreas naturales en categorías de conservación que apunten a complementar la misión de conservación del PNN Puracé.	No de instancias de participación para la consolidación del SIRAP Macizo	Dos instancias de coordinación y articulación en las que participa el PNN Puracé como aporte la consolidación del SIRAP macizo	

Aportar a procesos de ordenamiento de micro y subcuencas que permitan generar articulaciones entre zonas de uso y zonas de conservación	# de acuerdos formalizados	6 acuerdos con administradores de acueductos apoyados desde el parque
Gestionar la declaración de sitios RAMSAR al interior del PNN Puracé.	No de procesos para declaratoria sitios RAMSAR	Un proceso para gestionar la declaratoria y manejo del PNN Puracé como sitio RAMSAR
Realizar el ordenamiento Ecoturístico en el PNN Puracé, que incluya y articule las iniciativas locales de conservación, retribuyendo beneficios económicos a las comunidades.	No de planes de ordenamiento ecoturístico	Un plan de ordenamiento ecoturístico del PNN Puracé en implementación
Avanzar en saneamiento predial del PNN Puracé	Un proyecto formulado para gestionar el saneamiento predial del PNN Puracé	% de avance en la formulación del proyecto
2. Mejorar la configuración del PNN Puracé para el cumplimiento de su misión de conservación.		
Precisar los límites del AP.	No de Mojones instalados	18 Mojones del PNN Instalados
Ampliar el área cobijada bajo la figura de PNN hacia sectores con baldíos que se encuentran en buenas condiciones de conservación.	% de avance en la implementación de la ruta para ampliación del PNN	70 % de avance en la implementación de la ruta para la ampliación del PNN Puracé en dos sectores.
3. Promover procesos de investigación que generen conocimiento de las dinámicas naturales, sociales y ambientales que se presentan en el PNN Puracé y su contexto regional.		
Ordenar los procesos de investigación en el PNN Puracé a través de un Plan de Investigaciones, definido a partir de las líneas de construcción de conocimiento propuestas por el Nivel central de la Unidad de Parques.	# de líneas de investigación definidas	Definir 3 líneas prioritarias de investigación para el PNN Puracé definidas en su plan de investigaciones
	No. De investigaciones del PNN en desarrollo	15 investigaciones en marcha, cuyos resultados aportan al manejo del PNN Puracé
Realizar el monitoreo para los objetos de conservación del PNN Puracé y sus presiones en el marco de un Plan de Monitoreo formulado, según lineamientos de la Subdirección Técnica.	% de avance en desarrollo del Plan de acción del documento de monitoreo	80 % de avance en desarrollo del Plan de acción de las líneas estratégicas del documento de monitoreo del PNN Puracé
	No de valores objetos de conservación monitoreados	5 valores objetos de conservación monitoreados
Implementar el SIG. para el PNN Puracé bajo las directrices del Sistema de Información de la Unidad de Parques.	% de la información cartográfica del PNN parque identificada y evaluada	100% de la información cartográfica del PNN parque identificada y evaluada para la generación de una geodatabase
4. Promover, divulgar, comunicar y sensibilizar a las comunidades e instituciones sobre la importancia ambiental del PNN Puracé.		
Diseñar e Implementar una estrategia de Educación ambiental dirigida a transformar maneras de sentir, pensar, dialogar y actuar de individuos y grupos sociales relacionados con el PNN Puracé formulada bajo los lineamientos de la Subdirección Técnica de la Unidad de Parques.	% de avance en desarrollo del Plan de acción de Educación Ambiental	70 % de avance en desarrollo del Plan de acción de documento de Educación Ambiental del PNN Puracé
5. Fortalecer la capacidad técnica, administrativa y operativa del PNN Puracé y el relacionamiento comunitario e interinstitucional para conservar la oferta ambiental del AP.		
Consolidar la administración y el manejo del PNN Puracé.	% del sistema de planeación institucional en operación	100% del Sistema de planeación, seguimiento, evaluación de la gestión del manejo del PNN Puracé en operación y articulado al nivel Regional y Central

Avanzar en el fortalecimiento operativo del PNN Puracé, con énfasis en el control, la vigilancia y el mantenimiento de la infraestructura.	% implementado el sistema de gestión de la calidad y Modelo estándar de control interno MECI	100 % implementado el sistema de gestión de la calidad y Modelo estándar de control interno MECI
	% del soporte administrativo del PNN operando efectivamente	100 % del soporte administrativo del PNN Puracé operando efectivamente
	No de proyectos formulados y gestionados	8 proyectos formulados, promovidos y gestionados
	% del área protegida por el PNN bajo control y vigilancia efectivos	60 % del área protegida por el PNN Puracé bajo control y vigilancia efectivos
	No de acuerdos suscritos	11 Acuerdos de constitución de Grupos de Alertas Tempranas para el control de ilícitos contra los Recursos Naturales y el Ambiente
	No. de planes de contingencias formulados	Tres planes de contingencias (amenaza volcánica, riesgo público e incendios forestales) formulados
	No de brigadas conformadas y desarrollando acciones	5 Brigadas desarrollan acciones para la prevención y atención de incendios forestales
	No de cabañas de administración, control y vigilancia del PNN	6 cabañas de administración, control y vigilancia del PNN Puracé operando efectivamente, habitables y con dotación suficiente para los Guarda parques
	No de senderos	6 senderos de interpretación señalizados, en buen estado y en operación