

**ANÁLISIS DE LAS TRANSFORMACIONES DEL PAISAJE EN EL NORTE DEL  
PARQUE NACIONAL NATURAL PURACÉ**



**MIYER IVÁN CERÓN-MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
POPAYÁN  
2017**

**ANÁLISIS DE LAS TRANSFORMACIONES DEL PAISAJE EN EL NORTE DEL  
PARQUE NACIONAL NATURAL PURACÉ**

**MIYER IVÁN CERÓN-MUÑOZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Biólogo**

**Director**

**APOLINAR FIGUEROA CASAS. Ph.D.**

**Asesor**

**SAMIR JOAQUI. BIÓL.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN**

**DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**

**POPAYÁN**

**2017**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

Director \_\_\_\_\_

Apolinar Figueroa Casas. (Ph. D.)

Jurado \_\_\_\_\_

Björn Reu. (Ph. D.)

Jurado \_\_\_\_\_

Hernando Vergara Varela. (Ph. D.)

Lugar y fecha de sustentación: Popayán, 2 de marzo de 2017

## **Agradecimientos**

A Dios, por la vida, la salud, la oportunidad de estar aquí y sus permanentes bendiciones.

A mis padres Julio Cerón e Ida Omaira Muñoz, por su esfuerzo, paciencia, confianza y amor incondicional; son mi ejemplo a seguir.

A mis hermanos Elva y James, por su esfuerzo, colaboración y compañía incondicional.

A mis sobrinas Tatiana, Karen y Manuela.

A mi tía Gerardina, por su constante apoyo y sus oraciones.

A mis demás familiares: mi abuela Orfelina y mi tía Dora por sus consejos y constante preocupación.

A Jael y Felipe por su amistad, compañía y apoyo durante todos estos años.

A mis amigos y compañeros: Dayana, Yurany, Martha, Dilber, Lina, Astrid, Santiago, Julián, Karol, Deiby, Catherine, Gustavo, Adriana, Mario, Ginna, Diomar.

A la profesora Pilar Rivas por creer en nosotros, la oportunidad brindada, amistad, enseñanzas y constante preocupación.

Al profesor Jimmy Guerrero por compartir sus conocimientos y experiencias.

Al profesor Fabio Cabezas por su amistad y disposición a colaborar y a compartir sus conocimientos.

Al Grupo de Estudios en Manejo de Vida Silvestre y Conservación – GEMAVIC por todo el apoyo y conocimientos brindados.

A los miembros del Grupo de Estudios Ambientales- GEA, por toda la colaboración e interés mostrado durante el desarrollo del proyecto. En particular a: Juan Pablo Martínez, Fernando Felipe, Dayan Gonzales. Así como a: María Cristina, Juan Diego, Vianny Plaza, Julia Cortes y Tatiana Davila por su apoyo y recomendaciones.

A las personas que me acompañaron a las salidas de campo: Hector Pizo, Jennifer, Lina, Deiby, Santiago, Jael, Miguel, Yurany, Ginna, Shahar y Karol; sin ellos no hubiese sido posible el desarrollo de este trabajo.

Al profesor Bernardo Ramírez Padilla director del Herbario CAUP de la Universidad del Cauca, por las recomendaciones y colaboración en la identificación del material vegetal colectado.

A Samir Joaqui Daza, por su asesoría, apoyo, paciencia y colaboración durante todo el desarrollo de este trabajo.

Al profesor Apolinar Figueroa Casas por el espacio brindado, constante disposición y compartir sus enseñanzas.

A los jurados Hernando Vergara Varela y Björn Reu por sus valiosos aportes para el desarrollo del presente trabajo.

Al Cabildo Indígena de Puracé, por abrir sus espacios y permitirme realizar este trabajo.

A la comunidad del Crucero vereda Campamento, por su acogida y disposición.

A la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN). Parque Nacional Natural Puracé por el apoyo logístico y de acompañamiento.

A los guardaparques Pablo Páez, Hector Pizo Diomar Castro y por su disposición y apoyo en las jornadas de campo.

Laboratorio de biología de la Universidad del Cauca.

A los docentes del Departamento de Biología, por brindar sus valiosos conocimientos.

A todas aquellas personas que han resultado involucradas tanto en el desarrollo de este trabajo como en mi proceso de formación.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	9
2. JUSTIFICACIÓN.....	11
3. MARCO TEÓRICO .....	12
3.1 Métodos cuantitativos para la estimación de métricas en ecología del paisaje .....	12
3.2 Transformaciones del paisaje desde la teoría del socio-ecosistema.....	13
3.3 La diversidad funcional en el ecosistema.....	14
3.3.1 Medidas de la diversidad funcional .....	15
3.4 Los beneficios que brindan los ecosistemas a los seres humanos .....	16
3.5 Las intervenciones antrópicas y las prácticas de gestión en el contexto de la ecología del paisaje.....	17
3.5.1 Las intervenciones antrópicas.....	17
3.5.2 Las herramientas de gestión o acciones institucionales sobre el paisaje .....	18
3.6 La historia ambiental y los ciclos adaptativos. ....	18
4. ANTECEDENTES .....	20
5. OBJETIVOS.....	24
5.1 Objetivo general.....	24
5.2 Objetivos específicos .....	24
6. MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
6.1 Área de estudio.....	25
6.2 Caracterizar espacio temporal de las transformaciones del paisaje.....	27
6.2.1 Cambios en coberturas vegetales.....	27
6.2.2 Cálculo de métricas e índices de fragmentación a nivel del paisaje.....	28
6.2.3 Muestreo de vegetación.....	29
6.2.4 Aproximación a la diversidad funcional .....	30
6.3 Determinación de las intervenciones antrópicas y de las herramientas de gestión o planificación ambiental .....	33
6.3.1 Intervenciones antrópicas .....	34
6.3.2 Herramientas de gestión o planificación ambiental .....	34
6.3.3 Percepción de servicios ecosistémicos.....	34
6.4 Perfil de transformaciones del paisaje en el marco de los ciclos de renovación adaptativa.....	34
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
7.1 Actividades antrópicas en el norte del PNN Puracé.....	37
7.1.1 La ganadería.....	37

7.1.2 La agricultura .....	40
7.1.3 La minería .....	41
7.1.4 El turismo .....	41
7.1.5 Actividades menores: cacería y recolección .....	42
7.2 Cambios espacio temporales en las coberturas vegetales. ....	43
7.3 Aplicación de índices de paisaje para el norte del PNN Puracé .....	48
7.4 Análisis de vegetación en contexto de la riqueza y estructura .....	51
7.4.1 Riqueza y composición florística .....	52
7.4.2 Representatividad de los muestreos .....	54
7.4.3 Índices de diversidad .....	56
7.4.4 Parámetros estructurales de la vegetación .....	57
7.5 Aproximación a la diversidad funcional .....	63
7.5.1 Rasgos funcionales.....	63
7.5.2 Aplicación de índices de diversidad funcional .....	66
7. 6 Aproximación a la percepción de los servicios ecosistémicos provistos en el norte del PNN Puracé SE .....	72
7.6.1. Características de los encuestados .....	72
7.6.2 Percepción de servicios ecosistémicos .....	72
7.6.3 Percepción de cambio de los servicios ecosistémicos.....	75
7.8 Perfil histórico socio-ecológico de transformaciones del paisaje en el marco de los ciclos de renovación adaptativa para el norte del PNN Puracé.....	77
7.8.1 Primer ciclo; cambios del paisaje hasta la época precolombina .....	77
7.8.2 Segundo ciclo: desde la conquista y la colonia hasta el siglo XXI, dinámica de los procesos socio-ecológicos con énfasis en las coberturas vegetales.....	78
7.8.3 Tercer ciclo:la república y el inicio de los procesos de gestión ambiental.....	78
8. CONCLUSIONES .....	84
9. RECOMENDACIONES .....	86
BIBLIOGRAFÍA .....	88
ANEXOS.....	101

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación general del área de estudio. Sector norte del PNN Puracé .....	25
Figura 2. Diagrama metodológico para el análisis de transformaciones del paisaje en el norte del PNN Puracé .....	36
Figura 3. Evaluación de las actividades antrópicas en el norte del PNN Puracé mediante la adaptación de la matriz FEARO.....	39
Figura 4. Coberturas vegetales del área de estudio obtenidas para los años 1988, 1999, y 2010 .....	46
Figura 5. Curva acumulación de especies por cobertura.....	55
Figura 6. Índices de diversidad por tipo de cobertura evaluada.....	56
Figura 7. Altura total por tipo de cobertura evaluada.....	57
Figura 8. Área basal por tipo de cobertura evaluada.....	59
Figura 9. Cobertura de por tipo de cobertura evaluada.....	61
Figura 10. Índices de diversidad funcional por tipo de cobertura.....	69
Figura 11. Distribución porcentual de los servicios ecosistémicos que percibe la comunidad de la vereda campamento norte del PNN Puracé.....	74
Figura 12. Proporción de la percepción de cambio de servicios ecosistémicos en el norte del PNN Puracé.....	76
Figura 13. Ciclos de renovación adaptativa para el norte del PNN Puracé.....	80
Figura 14. Estrategias y/o herramientas de gestión para el norte del PNN Puracé.....	81



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coberturas vegetales definidas en el presente estudio.....	28
Tabla 2. Rasgos funcionales a determinar.....	32
Tabla 3. Coberturas vegetales obtenidas para las tres temporalidades en el norte del PNN Puracé, cambio medio anual, porcentaje de cambio y prueba de chi-cuadrado.....	44
Tabla 4. Área de coberturas vegetales sin ningún cambio en el norte del PNN Puracé. ....	466
Tabla 5. Proyecciones de áreas de coberturas vegetales y del porcentaje de cambio a 2030 utilizando las temporalidades evaluadas.....	477
Tabla 6. Índices de paisaje calculados para las tres temporalidades en el norte del PNN Puracé.....	49
Tabla 7. Coberturas, localidades seleccionadas para el análisis estructural y de diversidad funcional .....	522
Tabla 8. Riqueza de especies por localidad de muestreo para el norte del PNN Puracé. ....	53
Tabla 9. Cobertura de copa para las especies dominantes en los herbazales.....	61
Tabla 10. Estadística descriptiva para los rasgos funcionales cuantitativos. ....	65
Tabla 11. Correlaciones de Spearman para los rasgos cuantitativos (Coeficientes\ probabilidades).....	667
Tabla 12. Media ponderada de la Comunidad (CWM) para los rasgos cuantitativos medidos en el área de estudio.....	67
Tabla 13. Correlaciones de entre los índices de diversidad funcional y taxonómica .....	713

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha entrevista semiestructurada aplicada en el norte de PNN Puracé .....	100
Anexo 2. Sitios para muestreo de vegetación y rasgos funcionales..	101
Anexo 3. Especies presentes en el área de estudio por parcela en cada cobertura vegetal evaluada por parcela .....	102
Anexo 4. Programas ambientales incluidos en el Plan de vida.....	105
Anexo 5. Programas ambientales incluidos en el EOT .....	105
Anexo 6. Programas ambientales incluidos en el Plan de Desarrollo Municipal 20012-2015.....	106
Anexo 7. Programas ambientales incluidos en el Plan de Manejo PNN Puracé .....	107

## 1. INTRODUCCIÓN

Los seres humanos han explotado los recursos naturales para el desarrollo económico y bienestar social a un ritmo que últimamente se ha acelerado en comparación con cualquier otro período de la historia; llevando los ecosistemas hasta límites insostenibles (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). El incremento de la necesidad de bienes y servicios producto de la creciente población humana ha aumentado las transformaciones sobre los ecosistemas de la tierra; alterando su estructura y funcionamiento (Vitousek et al., 1997; Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Ellis, 2011).

En Colombia, para el año 2003 el 30,96 % (35.297.295 ha) de las coberturas naturales de la superficie continental del país han sido transformadas, creando un paisaje complejo con transformaciones en escalas espaciotemporales (IDEAM et al., 2007; Andrade y Castro, 2012). La mayoría de los ecosistemas naturales han sido transformados y degradados debido a: la expansión de la frontera agropecuaria, la minería, obras de infraestructura, cultivos ilícitos, la tala ilegal y el cambio climático. Estos, muchas veces operan de manera simultánea y generan sinergismos amenazando la diversidad biológica y la capacidad de los ecosistemas de proveer servicios esenciales para el bienestar humano (Armenteras et al., 2011; Gonzales, 2011; PNGIBSE, 2012).

Los ecosistemas de alta montaña forman parte de los ecosistemas más vulnerables del país (IDEAM, 2001); tanto los páramos como los bosques altoandinos, están pasando por procesos de transformación y degradación (Morales-Betancourt y Estévez-Varón, 2006; Vargas et al., 2002). Colombia ha perdido cerca del 70 % de los bosques andinos (Victorino, 2012), mientras que para el 2007 el 24 % (463.929 ha) de las superficies de páramo han sido transformadas (Morales-Rivas et al., 2007). Según el Atlas de páramos (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2012) entre 2005-2009 se transformó más del 13 % de los páramos de Colombia, originado por actividades agrícolas, pecuarias y mineras, junto con: corredores de inducción, turismo mal dirigido y programas de reforestación inapropiados (Hofstede, 2001; Guhl-Nannetti, 2002; Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2002).

En el Parque Nacional Natural Puracé (PNN Puracé) se albergan ecosistemas de alta montaña: bosque andino, bosque altoandino y páramo, así como especies amenazadas de la diversidad biológica. Además, cuenta con una diversidad social, étnica y cultural; está fuertemente influenciado por resguardos indígenas y campesinos. Desde su declaración como área protegida en 1961 se han presentado conflictos principalmente de tipo territorial asociados a los límites del parque, generando áreas de traslape que no han podido ser manejadas conjuntamente entre autoridades ambientales y territoriales. Aunque se han apropiado estrategias de gestión para su manejo, sus resultados son limitados, dejando áreas de influencia sujetas a actividades antrópicas que han causado la pérdida de coberturas vegetales nativas; amenazando la diversidad biológica y la capacidad del ecosistema de proveer servicios esenciales para el bienestar humano como la provsion de agua y la regulación climática (UASPNN, 2004).

Por lo tanto, esta investigación busca analizar las dinámicas de cambio en el paisaje en el norte del PNN Puracé ocasionadas por perturbaciones antrópicas, desde la 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.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Analizar las transformaciones del paisaje en el sector noroccidental del PNN Puracé enmarcadas en la teoría de los socio-ecosistemas, a través de los componentes ecológicos y sociales y sus interacciones, así como reconstruir las relaciones históricas, permite comprender los procesos que han llevado a las condiciones actuales del sistema, las fuerzas motrices que las conducen y los efectos de las estrategias de gestión. Además, permite elaborar un marco integrador que contribuirá con aporte conceptual a la gestión adecuada de las áreas protegidas y las zonas de amortiguamiento (Vilardy, 2009, Páez et al., 2011).

Las transformaciones de las coberturas vegetales, comprometen cambios en el funcionamiento de los ecosistemas y su capacidad de generar servicios esenciales (IPCC, 2002), pueden ser servicios de aprovisionamiento como por ejemplo la provisión de agua, madera y leña, de regulación a través de su influencia en los procesos de los ecosistemas que son esenciales para la vida, como por ejemplo la cantidad y calidad de agua disponible para consumo humano, la fertilidad del suelo de la cual dependen las cosechas, la conservación de hábitat para la biodiversidad, este último considerado como uno de los mayores aporte del PNN Puracé. Por tal motivo, aproximarse a los cambios en la diversidad vegetal desde su funcionalidad es una forma de acercarse a las relaciones el funcionamiento ecológico y los servicios del ecosistema (Martín-López et al., 2007).

Además, incorporar la dimensión sociocultural permite acercarse al entendimiento de la relación de la sociedad con los ecosistemas. Es decir, ayuda a entender los procesos que dan origen a las presiones originadas por actividades humanas, reconociendo al ser humano y su cultura como componente de la biodiversidad y como el determinante de las condiciones actuales del sistema (PNGIBSE, 2012).

Por otro lado, intentar comprender los efectos de las decisiones políticas y las acciones humanas sobre la estructura y los procesos de los ecosistemas, los servicios que ofrecen y sus consecuencias sobre el bienestar humano es esencial, para la planificación del uso racional de la tierra y la gestión, tanto para la producción como para la conservación de la biodiversidad (Hobbs, 1997).

### 3. MARCO TEÓRICO

La ecología del paisaje es el estudio de los patrones espaciales del paisaje en una variedad de escalas, incluye las causas, consecuencias y su heterogeneidad desde un enfoque interdisciplinario (Turner, 2005; IALE, 2015). El elemento base para la interpretación del paisaje es el concepto de mosaico, compuesto por todo un conjunto de elementos; matriz, parche y corredores; la matriz es el nuevo hábitat distinto al original que aísla los parches; los corredores son estructuras lineales constituidas por un tipo de hábitat diferente del que lo rodea y los parches son muestra del área origina (Forman, 1995; Herrera, 2011; Turner, 2005).

El paisaje involucra tres aspectos fundamentales; la estructura, la función y los cambios de sus componentes a través del tiempo (Forman, 1995). La estructura incluye el tamaño, forma, número, posición, diversidad y abundancias relativas de los elementos del paisaje. La función incluye los intercambios horizontales y verticales de organismos, energía y materia, mientras que la dinámica del paisaje está determinada por los cambios en la estructura y la función, impulsado por procesos naturales y antropogénicos (Wu, 2013).

#### **3.1 Métodos cuantitativos para la estimación de métricas en ecología del paisaje**

La expansión de los sistemas de información geográfica, ha permitido el desarrollo de procesos de cuantificación, como una vía para contar con información sistemática y estandarizada en ecología del paisaje agrupada en los índices de paisaje e índices de cambio del paisaje (Vila et al., 2006). Los índices de paisaje describen la estructura espacial de un paisaje en un punto en el tiempo, mientras que los índices de cambio describen la dinámica de cambios en un mosaico de paisajes (Botequiha-Leitão y Ahern, 2002).

Los índices de paisaje se pueden aplicar a nivel de fragmento; cuantificación de cada estructura de cada elemento previamente clasificado del paisaje, a nivel de clase; cuantificación de las estructuras agrupadas en cada una de las categorías previas en las que se clasificó el paisaje y a nivel de paisaje; conjunto del espacio estudiado. Según McGarigal y Marks, (1995) se pueden diferenciar cinco grandes tipos:

Índices de área: se fundamentan en las características de dimensión y en el número de fragmentos, entre ellos se encuentran: área, perímetro (PERIM), Radio de giro (GYRATE), porcentaje del paisaje (PLAND), número de parches (NP), densidad de parches (PD) y el índice del parche mayor(LPI) (Mcgarigal, 2015) , entre otros.

Índices de forma: se centra en las características de forma de los fragmentos, se basan en la relación entre área y perímetro, ente ellos se encuentran; proporción área perímetro (PARA), índice de forma (SHAPE) y el índice de dimensión fractal (FRAC) (Mcgarigal, 2015).

Área núcleo: permiten hacer cálculos sobre la amplitud del borde, en relación con el interior, se encuentran: área núcleo (CORE), número de áreas núcleo (NCORE), índice de área núcleo (CAI) y área núcleo total (TCA) (Mcgarigal, 2015).

Índices de distancia y conectividad: estos índices calculan la distancia desde el hábitat de borde y ecotono de un fragmento hasta el fragmento más próximo al mismo tipo entre ellos se encuentran: índice de conexión o de conectividad (CONNECT), índice de proximidad (PROX) y la distancia euclidiana al vecino más próximo (ENN) (Mcgarigal, 2015).

Índices de diversidad del paisaje: permiten realizar comparación del estado del paisaje en diferentes momentos del espacio y tiempo, entre este conjunto de índices, cabe destacar los índices de diversidad de paisaje de Shannon (SHDI) y Simpson (SIDI). Aunque la utilización de los índices de paisaje son amplias, son muy sensibles a aspectos relacionados con el análisis de imágenes de sensores remotos, con fuentes de error muy variadas. Por lo tanto, se debe tener precaución en al realizar análisis de la estructura espacial del paisaje (Altamirano et al., 2012).

### **3.2 Transformaciones del paisaje desde la teoría del socio-ecosistema.**

Estudiar las relaciones entre naturaleza y sociedad implica analizar cómo el ser humano afecta a la integridad de los ecosistemas, y cómo éstos repercuten en el bienestar humano. Este enfoque lo obtenemos desde la teoría de sistemas socio-ecológicos, o socio-ecosistemas, el cual permite realizar un análisis desde la dimensión natural, la dimensión social y sus interacción (Gallopín, 1991).

Los sistemas socio-ecológicos, están formados por el acoplamiento de sistemas sociales en sistemas naturales a lo largo de la historia (Berkes et al., 2003), son ejemplos prototípicos de los sistemas complejos y adaptativos que se caracterizan por la dependencia histórica, dinámica no lineal, efectos de umbral, múltiples

cuencas de atracción y limitada previsibilidad (Folke et al., 2002, 2004; Gunderson y Holling, 2001; Peterson et al., 1998). Además, están jerárquicamente organizados; se pueden especificar para cualquier escala, desde la comunidad local hasta el sistema global constituido por el conjunto de la humanidad y la ecosfera (Gallopín, 2006; Wang et al., 2012).

Dentro del sistema socioecológico, los sistemas naturales (sistema biofísico) están conformados por los ecosistemas 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; Vilaridy, 2009). Los sistemas sociales y los ecosistemas están estrechamente vinculados por tanto la delimitación resulta arbitraria y artificial (Vilaridy 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 las intervenciones antrópicas así como por los procesos de gestión, que se pueden representar de diferentes formas: aspectos relacionados con la gobernanza, procesos de aprendizaje, las prácticas de manejo, las redes sociales y la confianza en la gestión del sistema (Berkes et al., 2003; Vilaridy, 2009).

### **3.3 La diversidad funcional en el ecosistema.**

En la actualidad existe un acuerdo general sobre la teoría y la evidencia empírica de que la diversidad funcional de las plantas es importante para determinar el funcionamiento de los ecosistemas. La presencia y abundancia relativa de los rasgos funcionales en un ecosistema influyen fuertemente en los flujos de materia y energía (Díaz y Cabido, 2001). Un rasgo funcional es el componente del fenotipo de un organismo que determina su efecto sobre los procesos en el ecosistema y su respuesta a factores ambientales (Hooper et al., 2005).

Los rasgos o caracteres funcionales son características morfológicas, fisiológicas y/o fenológicas medibles a nivel individual, desde el nivel celular hasta un organismo, que influyen en su crecimiento, reproducción y supervivencia y/o en los efectos de dicho organismo en el ecosistema (Cornelissen et al., 2003). Los valores de un carácter funcional en un lugar y tiempo determinado son denominados atributos. Los rasgos pueden mostrar diferentes atributos a través de gradientes espaciales, ambientales, o temporales (Salgado-Negret y Paz, 2015), pueden ser cualitativos o cuantitativos. Los datos cualitativos se asocian a variables multiestado, mientras que los datos cuantitativos se obtienen generalmente mediante mediciones (Salgado-Negret y Paz, 2015).



En presencia de cambios ambientales ya sean naturales u ocasionados por la intervención humana, se espera que cambie la composición y dominancia funcional del ecosistema; es así como las especies con determinados rasgos y atributos con capacidad de responder a determinadas presión ambiental aumentarían la dominancia en la comunidad contrario a lo que pasaría con las especies que no puedan responder a esos cambios, alterando la contribución a procesos ecosistémico o su respuesta a factores ambientales (Tilman et al., 1997; Salgado-Negret y Paz, 2015).

### **3.3.1 Medidas de la diversidad funcional**

La importancia de medir la diversidad funcional se debe a que es el componente que mejor explica los efectos de la biodiversidad en los bienes y servicios vitales para el bienestar humano, ya sean de regulación, abastecimiento o culturales (Díaz y Cabido, 2001). La diversidad funcional puede medirse a través de atributos o grupos funcionales; los atributos funcionales son las características de un organismo que se consideran relevantes en relación con su respuesta al ambiente o su efecto en el funcionamiento del ecosistema, las especies que comparten el estado de varios atributos pueden conformar un grupo funcional que también pueden ser definidos por la contribución a procesos ecosistémicos o por la respuesta a cambios en las variables ambientales (Díaz y Cabido, 2001).

En general, la diversidad funcional se mide con base en los valores de los atributos que presentan aquellas especies que influyen uno o más aspectos del funcionamiento de un ecosistema (Petchey y Gaston, 2002, 2006). De acuerdo con Petchey y Gaston, (2002), existen dos aproximaciones principales para medir la diversidad funcional: discontinuas, que consideran la riqueza de tipos funcionales de plantas en una comunidad y las continuas que consideran la medición de la diversidad funcional a partir de índices (Casanoves et al., 2011; Petchey y Gaston, 2002). Ambas formas se basan en caracteres ecológicamente significativos para las relaciones de la planta con su entorno biótico y abiótico (Cornelissen et al., 2003).

La clasificación por TFPs, (Tipos Funcionales de Plantas) permite realizar grupos polifiléticos, constituidos por especies que desempeñan un papel similar en el funcionamiento del ecosistema, o que presentan respuestas similares a factores ambientales (Petchey y Gaston, 2006; Pérez-Harguindeguy et al., 2013). El método estadístico multivariado más utilizado para determinar TFPs es el análisis de conglomerados jerárquicos, cuyo objetivo es generar una partición de las especies de acuerdo a rasgos de interés (Casanoves et al., 2011).

Por otro lado se encuentran los índices de diversidad funcional; según Casanoves et al., (2011) se pueden sintetizar de acuerdo al número de atributos involucrados, la dimensión y la inclusión o no de abundancias.

Número de atributos involucrados: pueden ser mono-atributo: basados en un rasgo, entre ellos se encuentran: Media ponderada de la comunidad (CWM), Regularidad funcional, Divergencia funcional (FDvar), o multi-atributo: basados en dos o más rasgos, estos es posible clasificarlos de acuerdo a la dimensión:

Índice unidimensionales: pueden incluir abundancias o ponderados como son: Entropía cuadrática (Rao, rRao), Diversidad funcional basada en dendrogramas con abundancia (wFD, wFDc), o no incluir abundancia entre estos últimos encontramos: Diversidad funcional de atributos (FAD1, FAD2), Diversidad funcional de atributos modificada (MFAD) y Diversidad funcional basada en dendrogramas (FD, FDc)

Índices multidimensionales: incluyen abundancia, entre ellos se encuentran: Riqueza funcional (FRic), equidad funcional (FEve), divergencia funcional (FDiv) y dispersión funcional (FDis). La caracterización funcional de la comunidad se alcanza al considerar diferentes componentes, de allí su clasificación como un índice multidimensional.

Respecto a los índices de diversidad funcional, los puntos trascendentales son la elección de rasgos funcionales apropiados para las preguntas de investigación, resumir la información en una medida de diversidad funcional, y que esas medidas de diversidad funcional sean validadas a través de pruebas experimentales y análisis cuantitativos (Petchey y Gaston, 2006).

### **3.4 Los beneficios que brindan los ecosistemas a los seres humanos**

Los beneficios que los seres humanos reciben de los ecosistemas son conocidos como servicios ecosistémicos (SE). Aunque se han establecido diferentes categorías de SE, una de las categorías más aceptadas es la de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA), debido a que unifica diferentes enfoques y entiende los ecosistemas naturales y transformados como proveedores de SE. A continuación se establecen 3 categorías, agrupando los servicios de soporte con los de regulación debido a la confusión que existe entre estos (Casanoves et al., 2011; PNGIBSE, 2012; Vilarly 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.

### **3.5 Las intervenciones antrópicas y las prácticas de gestión en el contexto de la ecología del paisaje**

El paisaje es el resultado de complejas interacciones, no solo producto de dinámicas naturales sino del balance de la oferta y la demanda de la sociedad ante la preferencia por los recursos que este ofrece (Armenteras y Vargas, 2016), en ese sentido la ecología del paisaje permite realizar análisis de sistemas socioecológicos como una forma de medir las interacciones entre el sistema natural y humano, midiendo no sólo variables ecológicas, o sociales sino también las que ligan ambos componentes (Martín-López et al., 2007).

#### **3.5.1 Las intervenciones antrópicas**

Aunque la transformación del paisaje como consecuencia del uso de la tierra ha sido parte de la historia evolutiva de la humanidad, actualmente las actividades humanas y el cambio climático ejercen una presión cada vez mayor sobre los ecosistemas terrestres (Anderson et al., 2012), los cambios de uso del suelo y de la cubierta terrestre son las causas subyacentes de la fragmentación y pérdida de hábitat natural, que pueden afectar significativamente los procesos y funciones de los ecosistemas, alterar la capacidad de paisajes para proporcionar servicios para el bienestar humano (Aretano et al., 2015).

A los procesos externos o internos que interactúan con el sistema y con el potencial de inducir transformaciones significativas se les conoce como perturbaciones antrópicas (Gallopín, 2006); dependiendo de las propiedades de los sistemas ecológicos estos son capaces de mantener la integridad de sus funciones, así mismo están determinados por la intensidad y el tamaño de las perturbaciones, por la tasa de recuperación después de una perturbación (Folke et al., 2004; Bermúdez, 2011). Las perturbaciones pueden provocar que los ecosistemas se vuelvan más sensibles a cambios o más perturbaciones que anteriormente podían soportar, reduciendo la cuenca de atracción del sistema

ecológico, acercándolo a umbrales críticos y facilitando un cambio hacia regímenes indeseables (Folke et al., 2004).

### **3.5.2 Las herramientas de gestión o acciones institucionales sobre el paisaje**

Con el fin conciliar las actividades humanas con el ambiente aparece la gestión ambiental; entendida como el conjunto de acciones y decisiones políticas y prácticas que buscan alcanzar un desarrollo con sustentabilidad ambiental (Petrosillo et al., 2015; Weitzenfeld, 1990), la cual presupone cambios en el comportamiento del hombre con la naturaleza (Negrão, 2000).

Por lo tanto, la gestión ambiental según Weitzenfeld, (1990) debe tener los siguientes componentes: la política ambiental entendida como el conjunto de acciones para lograr un ordenamiento del ambiente, que a su vez determinan aspectos jurídicos administrativos, debe ser aplicable, flexible, específica y respete las tradiciones y la cultura. La legislación ambiental: comprende las normas jurídicas que regulan las actividades humanas. Las instituciones ambientales: se encargan de diseñar y ejecutar la política y la legislación ambiental. Los instrumentos administrativos: corresponden a las estrategias de ordenamiento y control y aplicación de instrumentos reglamentarios como normas, permisos y licencias.

### **3.6 La historia ambiental y los ciclos adaptativos.**

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).

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 adaptativos (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 observó 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).

El ciclo presenta cuatro fases: crecimiento ( $r$ ), conservación ( $K$ ), colapso o liberación ( $\Omega$ ) y reorganización ( $\alpha$ ), centran la atención en los procesos de destrucción y reorganización, que a menudo son descuidados en favor del crecimiento y la conservación (Holling 1973), se presentan períodos de agregación

y transformación de los recursos y períodos más breves que crean oportunidades para la innovación (Resilience Alliance, 2013), destacando la importancia para la aplicación en los procesos de gestión ambiental (Calvente, 2007a; b) . Los ciclos adaptativos presentan jerarquías; existen ciclos más grandes que son más lentos y ciclos más cortos y rápidos, la relación entre ciclos adaptativos anidados en escalas se conoce como panarquía (Gunderson y Holling, 2001).

#### 4. ANTECEDENTES

El estudio del paisaje desde la teoría de sistemas socio-ecológicos en áreas naturales protegidas y sus zonas de amortiguamiento ofrece bases para elaborar instrumentos que permiten evaluar y gestionar áreas protegidas con incidencia humana (Caillon y Degeorges, 2007; García-Frapolli y Toledo, 2008), en ese sentido se destacan aportes de; Rescia et al., (2008) que analizaron: las dinámicas históricas del paisaje de un área protegida del norte de España, durante 45 años, con el fin de describir el estado actual y la posible evolución del socio-ecosistemas. Asimismo, Rescia et al., (2010) evaluaron los cambios en el paisaje en dos reservas naturales de España como sistemas socio-ecológicos, encontrando que uno de ellos ha sufrido transformaciones relacionadas con la pérdida de la capacidad de resiliencia, amenazada por los drásticos cambios económicos y ambientales

Por otro lado, se han investigado los vínculos entre ciclos de adaptación en los sistemas sociales y los ecosistemas (Folke et al., 2004; Lebel et al., 2006; Aramayo y Sánchez, 2010; Angeler et al., 2015). Folke et al., (2004) proporcionan ejemplos de cómo la capacidad de adaptación se puede construir en socio ecosistemas complejos en los Everglades de Florida y el Gran Cañón; ambos experimentan degradación de sus servicios ecosistémicos pero difieren sustancialmente en términos de su diseño institucional; en los Everglades se han presentado conflictos entre agricultura y ecologistas por el uso del suelo, al contrario, en el gran Cañón se ha desarrollado un manejo adaptativo que utiliza acciones de manejo coordinadas entre actores que crean oportunidad de aprendizaje permitiendo un periodo exitoso de reorganización y crecimiento.

De igual manera la historia ambiental y cambios en el paisaje también se ha analizado desde los ciclos adaptativos, en variedad de socio ecosistemas; Allison y Hobbs, (2004) discute la aplicación de un enfoque sistémico mediante la teoría de la resiliencia y el modelo de ciclo de adaptación en una región agrícola de Australia, encontrando que los cambios en los ciclos fueron impulsados por la macroeconomía en la escala mundial e instituciones nacionales y estatales. Asimismo Beier et al., (2009) aplican el modelo de ciclo de adaptación al desarrollo histórico del Parque Nacional Tongass, Alaska, que permitió analizar los

vínculos entre las políticas, instituciones, economía y los ecosistemas que dieron forma a la gobernabilidad del parque durante el siglo XX.

En Colombia se han hecho importantes aportes al análisis de los efectos de las actividades humanas sobre las coberturas vegetales en áreas protegidas. Armenteras et al., (2009) estudiaron la fragmentación en relación con áreas protegidas y las reservas indígenas, compararon la deforestación que ocurre dentro de estas áreas y su entorno, además, evaluaron el impacto de las carreteras, los cultivos ilícitos y el tamaño de las áreas protegidas, sobre las tasas de deforestación en la Guayana Colombiana.

Etter et al., (2016) realizan un análisis histórico de las transformaciones del paisaje en el periodo colonial en Colombia para el periodo comprendido entre 1850 y 2001. Palacio, (2001) divide la historia ambiental en tres periodos principales: naturaleza liberizada (1850-1920); naturaleza modernizada (1920-1970) y naturaleza ambientalista (1970-1980). En Colombia, también se han hecho estudios puntuales; Bermúdez (2011) identificó la ganadería como el principal impulsor histórico del paisaje en el valle de sopó, por otro lado Gallini et al., (2015) identificaron los cambios en el paisaje del páramo de Santurbán.

A nivel socio-ecosistémicos Vilaridy, (2009) realizó la caracterización de la Ciénaga Grande de Santa Marta, como un sistema socio-ecológico, en términos biofísicos y sociales y sus interacciones, basado en la teoría de la resiliencia. Encontrando que el socio-ecosistema se encuentra en un momento crítico de reorganización, en el que existen posibilidades para redirigir el sistema hacia modelos de gestión más eficientes basados en la gobernanza adaptativa y la gestión de la resiliencia.

En ecosistemas subandinos de Colombia, Rudas et al., (2007) desarrollaron aproximaciones para medir la resiliencia, a través de un análisis del comportamiento de los ecosistemas subandinos y de las relaciones existentes entre la actividad humana y los procesos de conservación y degradación de la biodiversidad. En ecosistemas de alta montaña Páez et al., (2011) abarcan los temas del marco conceptual del enfoque ecosistémico, la adaptación basada en ecosistemas, los servicios ecosistémicos en escenarios del cambio climático, para la identificación de la vulnerabilidad y las necesidades de adaptación a nivel local, regional y nacional. En ecosistemas de páramo Guhl-Nannetti, (2002) hace un análisis de las principales presiones antrópicas y proponen una visión transdisciplinaria que incluya el estudio de las relaciones ecológicas y sociales.

Por otro lado, la diversidad funcional es considerada como la principal propiedad de las comunidades, relacionada con los procesos ecosistémicos (Díaz y Cabido,

2001); su uso se ha incrementado, centrado en el estudio de la vegetación (Martín-López et al., 2007). Para el caso de los bosques neotropicales existen algunos estudios que exploran el potencial de agrupar funcionalmente las especies arbóreas de acuerdo a tolerancia a la luz, tasas de crecimiento, tamaño de claros y estratos del dosel (Köhler et al., 2000). En Colombia, Rodríguez et al., (2012) identificaron 4 TFP, mediante rasgos funcionales para especies andinas ubicadas en el área amortiguadora del PNN los Nevados. Cabrera et al., (2013) realizaron un análisis de diversidad funcional de las plantas vasculares de páramo a lo largo de gradientes ambientales y de perturbación, encontrando que la forma de crecimiento presentan relación con el gradiente de perturbación. En cuanto a la relación entre la diversidad funcional y los servicios ecosistémicos Prieto et al., (2013) compara 13 rasgos funcionales en diferentes temporalidades, a partir de muestras foliares de 150 especies de bosque primario y analiza su relación con los servicios ecosistémicos.

La diversidad de rasgos funcionales de plantas ha sido utilizada por Castellano-Castro y Bonilla, (2011) para la identificación de características en la sucesión secundaria de pastizales abandonados de un bosque altoandino. También ha tenido enfoques desde la teoría de resiliencia ecológica; Bocanegra-González et al., (2013) compararon la diversidad funcional en dos bosques secundarios con grados de perturbación antrópica, encontrando 6 tipos funcionales (TPF) de plantas y una menor resiliencia en el bosque intervenido pero dinámico debido a que la presión no permite alcanzar estados maduros.

Para el Norte del PNN Puracé Figueroa y Valencia, (2009), Joaqui et al., (2009), Martínez et al., (2009), Mosquera, (2009), Muñoz et al., (2009) evaluaron los cambios en el paisaje en diferentes ventanas de estudio, mediante la incorporación de coberturas vegetales, estructura vegetal e identificando las principales actividades antrópicas; quema, ganadería y agricultura, encontrando una reducción del bosque y aumento de las coberturas vegetales intervenidas. Asimismo Rose, (2005) caracterizó las unidades del paisaje del PNN Puracé mediante el uso de imágenes satelitales landsat TM, encontró 160 unidades de paisaje de las cuales 20 se encontraban en el sector norte. Por otro lado, Cieza de León, (1984), Triana, (1985), Castillo, (1986), Drennan et al., (1989), Herrera y Piñeros, (1989), Faust, (1994), Cerón, (1996), Galeano, (2012), Ospina, (2013) realizan importantes aproximaciones al uso del paisaje y de la historia socioecológica de la región desde tiempos históricos. Respecto al análisis vegetal se reportan trabajos como los trabajos de Duque y Rangel-Ch, (1986), Rangel-Ch y Lozano-C, (1986), Rangel-Ch y Garzon-C, (1995), Mosquera et al., (2014),



Abud-Hoyos y Torres-González, (2015) con importantes aportes al conocimiento de la vegetación del sector.

Joaqui y Figueroa, (2014) analizan los procesos de gestión y planificación para enfrentar problemáticas ambientales como el cambio climático en la alta montaña andina encontrando que el propósito se ha centrado en el manejo o mitigación de los impactos ambientales generados por las actividades antrópicas y propone la incorporación de teorías complementarias como los socio-ecosistemas, la resiliencia, la transformabilidad, la adaptación y la vulnerabilidad. En ese sentido, Joaquí, (2017) en el marco de la tesis doctoral bajo la cual se encuentra anidado el presente trabajo, desarrolla un modelo comprensivo relacional sobre la capacidad de adaptación socioambiental en para ecosistemas altoandinos de la zona norte del PNN Puracé, mediante el establecimiento y la evaluación de los factores que inciden en la capacidad adaptativa de las comunidades desde el enfoque socioambiental.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

- Analizar las transformaciones del paisaje por perturbaciones antrópicas en el Sector norte del Parque Nacional Natural Puracé, en el marco de los ciclos de renovación adaptativa.

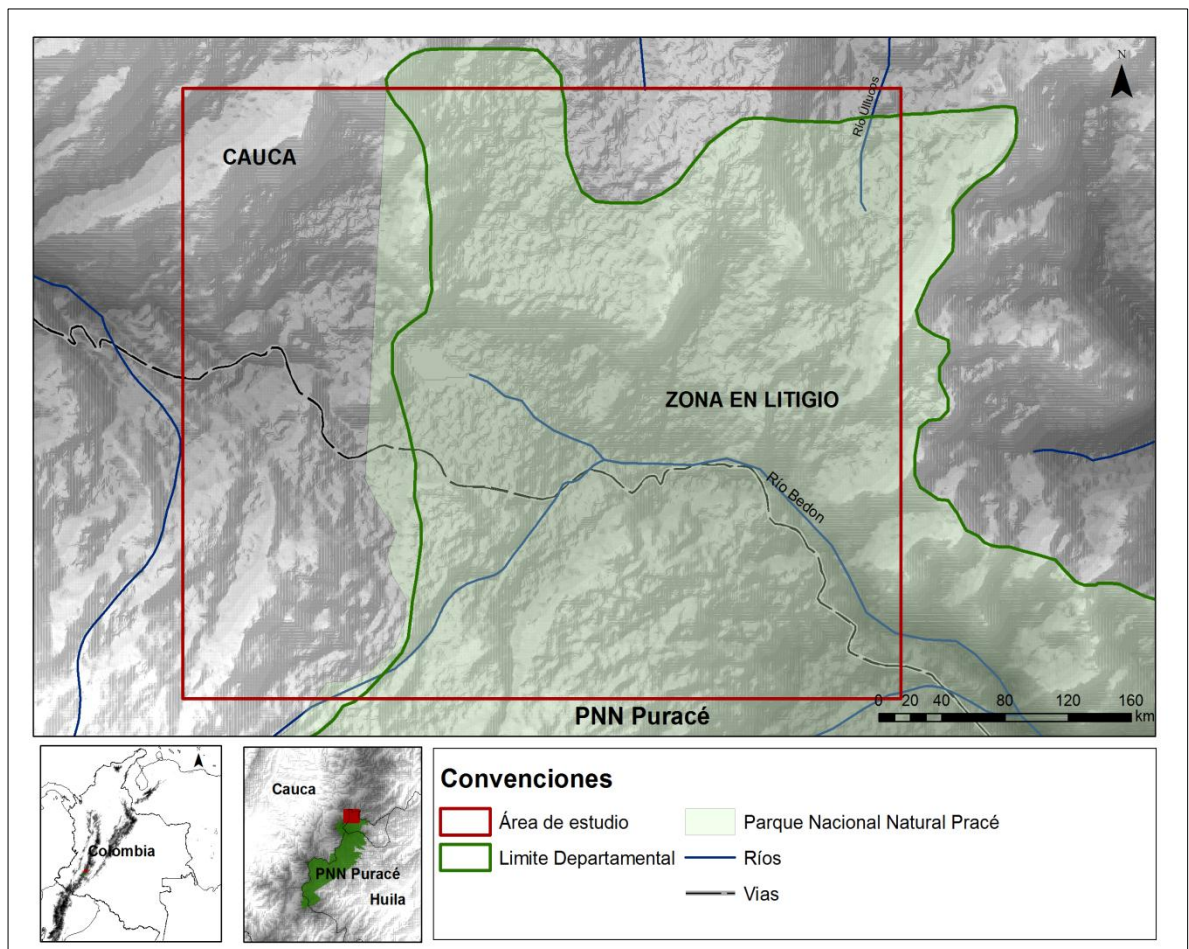
### **5.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar las transformaciones del paisaje en el área de estudio en una escala espacial y temporal determinada.
- Determinar las intervenciones antrópicas y las herramientas de gestión o planificación ambiental implementadas en la zona.
- Construir un perfil de las transformaciones del paisaje en el norte del Parque Nacional Puracé en el marco de los ciclos adaptativos.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Área de estudio

El PNN Puracé se encuentran en Jurisdicción de los departamentos de Cauca y Huila, comprende una extensión de 83.000 ha, divididas en 10 unidades de gestión local, delimitadas geográficamente (UASPNN, 2004). El área de estudio abarca parte de estos tres sectores: Pilimbalá, San Rafael y San Juan, ubicados en el Norte del PNN Puracé; entre las coordenadas: 76°18'50.4"W 2°20'38.4"N, 76°18'28.8"W 2°20'42"N, 76°18'28.8"W 2°20'24"N, 76°18'50.4"W 2°20'24"N (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación general del área de estudio. Sector norte del PNN Puracé

Al Norte del PNN Puracé se encuentra el volcán Puracé (UASPNN, 2004), se configuran variedad de formas del relieve (Rose, 2005), con pendientes leves en el páramo y pendientes más pronunciadas en zonas de bosque altoandino (Castillo, 1986). Los suelos son poco evolucionados de fuerte a medianamente ácidos derivados de rocas ígneas, cenizas y lodos volcánicos (Resguardo Indígena de Puracé et al., 1999; EOT, 2000; UASPNN, 2004). Del norte del PNN Puracé se abastece la parte alta de dos importantes ríos de Colombia; el río Magdalena y el río Cuaca. A partir de la laguna de San Rafael nace el río Bedón, que posteriormente formar parte del río La Plata, que desemboca en el río Magdalena. Por otro lado, a partir de ríos y quebradas del sector se conforma la sub-cuenca del río San Francisco, afluente de la cuenca alta del Río Cuaca.

El clima es bimodal, caracterizado por dos épocas de lluvia; entre los meses de marzo a junio y de septiembre a mediados de diciembre, y dos épocas secas: desde mediados de diciembre hasta comienzos de marzo y el segundo entre finales de julio y comienzos de septiembre (EOT, 2000).

El sector San Rafael: se encuentra a una altitud promedio de 3.354 m.s.n.m., presenta una precipitación de 2299 mm/anuales y una temperatura entre -5 a 25°C (EOT, 2000). Las pendientes varían de planas a ligeramente ondulado para los alrededores a la laguna de San Rafael y quebrado en zonas aledañas y hacia la base del volcán Puracé (Mosquera, 2009). Se encuentra vegetación características del límite de la selva andina con el páramo; el estrato arbóreo se encuentra conformado por especies como *Weinmannia mariquitae*, *Miconia cuneifolia*, *Miconia puracencis*, *Diplostegium bicolor* y *Gynoxys tolimensis*, el estrato arbustivo predominan los géneros *Hypericum*, *Diplostegium* y *Desfontainia*. Extendidas desde el páramo bajo hasta el superpáramo se encuentran frailejonales-rosetales de *Espeletia* y *Puya* así como los géneros *Pernettya*, *Gaultheria* y *Chusquea* (Herrera y Piñeros, 1989; Muñoz, 2008; Rangel-Ch, 2000). EL sector Pilimbalá se encuentra a 3400 msnm, la precipitación promedio anual es de 1.623 mm (IDEAM, 2016), en este sector se encuentra el centro recreacional Pilimbalá de gran importancia turística. El sector San Juan se encuentra entre los 3200 y 3400 msnm, la precipitación promedio anual es de 3218 mm (periodo 2002-2016) (IDEAM, 2016). Se encuentran especies de bosque altoandino como *Weinmannia mariquitae*, *Hedyosmum* spp., *Miconia* spp. *Anthurium* sp, *Piper* sp y *Clusia multiflora*. (Abud-Hoyos y Torres-González, 2015), alrededor del km 38 de la vía Popayán la Plata, cuenta con una cabaña y un auditorio, y el museo considerado como el primer sitio a nivel nacional donde se construyó un centro de educación ambiental de alta montaña, que se encuentra en proceso de recuperación.

En toda el área de estudio se presentan dos pisos térmicos; frío y páramo, el piso térmico frío entre los 2000 y 3000 msnm, con una temperatura de 12 a 18 °C y correspondientes al Bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB) característico del sector San Juan y piso térmico páramo se presenta entre los 3000 y 3700 msnm, con una temperatura que oscila entre los 7 y 14 °C presente en el sector San Rafael Bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB) (UASPNN, 2004).

El norte del PNN Puracé está poblado en su mayoría por comunidades del Resguardo Indígena de Puracé<sup>1</sup> (RI de Puracé) perteneciente al grupo étnicos de los Coconucos (UASPNN, 2004). La base económica se sustenta a partir de la ganadería extensiva, la minería, y en menor escala cultivos para el autoconsumo, y el turismo. Para el desarrollo de estas actividades ejercen prácticas como la tala selectiva para suplir necesidades domesticas de tipo energético, la quema para la renovación de pastos y ampliación de las áreas de pastoreo y cultivos (EOT, 2000; Figueroa y Valencia, 2009; Mosquera, 2009; UASPNN, 2004).

Los indígenas se encuentran asociados a la figura de Resguardo Indígena de Puracé, la asamblea y sus distintos testamentos es la máxima autoridad (Barona, 2009). El cabido es elegido todos los años por la comunidad en el marco de la asamblea comunitaria que reúne a todos los miembros del resguardo (Resguardo Indígena de Puracé et al., 1999)

## **6.2 Caracterizar espacio temporal de las transformaciones del paisaje.**

### **6.2.1 Cambios en coberturas vegetales**

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 de las coberturas se realizó adaptando la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000 (IDEAM 2010), teniendo en cuenta los tonos, colores y textura de Chuvieco, (1996) (Tabla 1). Para establecer si la pérdida de las áreas naturales era

---

<sup>1</sup>Territorio delimitado ocupado por una comunidad Indígena, con título de propiedad colectiva; por tal razón son enajenables imprescriptibles, gobernando y administrado por un cabildo o autoridad tradicional

significativa se empleó la prueba de chi-cuadrado, con el 95 % de confiabilidad ( $p > 0.05$ )

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

**Tabla 1.** Coberturas vegetales definidas en el presente estudio

<b>Cobertura</b>	<b>Descripción</b>
<b>Bosque abierto B.A.</b>	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.
<b>Bosque denso B.D.</b>	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.
<b>Bosque fragmentado B.F</b>	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.
<b>Herbazal denso anegado – Herbazal D.A.P</b>	Herbazal denso inundable los cuales pueden presentar o no elementos arbóreos y/o arbustivos, en suelos permanentemente sobresaturados.
<b>Herbazal denso de tierra firme arbolado (Herbazal D.T.F.A.)</b>	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
<b>Herbazal denso de tierra firme no arbolado (Herbazal D.T.FN.A)</b>	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.
<b>Lagunas</b>	Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río.
<b>Turberas</b>	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

### 6.2.2 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 utilizarán 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.

## **6.2.3 Muestreo de vegetación**

### **6.2.3.1. 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, 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 unidad, estableciendo una relación de proporcionalidad en donde a mayor presencia de intervenciones refleja un mayor grado de antropización (Mosquera, 2009)

### **6.2.3.2 Muestreo de la estructura vegetal**

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 subdividido 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 m<sup>2</sup> (10 x 5m) (Ramirez, 1995). Se considerara 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 realizara 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 otros.

### **6.2.3.3 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  $Dt = (4 \sum A_i/p)^{1/2}$ , en donde  $A_t$  (área total) =  $\sum A_i$ , y  $A_i$  (área individual) =  $pDAP^{1/2}$  (Franco-Rosselli et al. 1997). 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) para estimar el índice de valor de importancia (IVI), que equivale a la suma de la densidad relativa (Dr), la frecuencia relativa (Fr) y la dominancia relativa (DoR) (Ramirez, 1995).

#### **6.2.3.4. 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 ( $\lambda$ ) y el índice Alfa de Fisher ( $\alpha$ ).

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  $p > 0,05$ .

#### **6.2.4 Aproximación a la diversidad funcional**

##### **6.2.4.1 Muestreo de rasgos funcionales**

En cada parcela, se determinaran 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 determinaran 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 seleccionaran 5 individuos de cada una las especies dominantes en cada parcela, a cada uno se le tomaran 4 muestras



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  $\text{mm}^2$  (Cornelissen et ál. 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  $65^\circ \text{C}$  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  $\text{mm}^2$  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.

**Tabla 2.** Rasgos funcionales a determinar

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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	Área superficial proyectada de un lado de la lámina foliar
Área foliar específica (AFE)	10, 4	cm <sup>2</sup> /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 <sup>-1</sup>	Masa seca de una hoja dividida por el peso fresco (mg/g).
Densidad de tallo (DT)	10	mg mm <sup>-3</sup>	Masa secada de una sección del tallo principal de una planta dividido por el volumen de la misma sección en fresco.

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

#### 6.2.4.2 Análisis estadístico de la diversidad funcional

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.

Los rasgos cuantitativos fueron estandarizados (media cero y una desviación estándar) y junto con los rasgos cualitativos se calculan los Índices multi-rasgo unidimensionales sin abundancia de especies: MFAD, FDc.

De los índices que incluyen abundancia de especies se calcularon el índice de diversidad funcional ponderada (wFDp), wFDc, rRao.

De los índices multidimensionales sin abundancia de especies se calculó: FRic. Por otro lado, de los índices que incluyen abundancia de especies se calculó: FEve, FDiv (Villegier et ál. 2008), FDis (Laliberte y Legendre 2009) y FSpe por cobertura.

Se calculó la Media Ponderada de la Comunidad (MPC) con valores originales de los rasgos cuantitativos (Martín-López et al., 2007; Violle et al., 2007).

Para evaluar si la relación entre los índices de diversidad funcional y la riqueza de especies se estimó el coeficiente de correlación de Spearman agrupando los índices de diversidad alfa obtenidos en el análisis estructural y los índices de diversidad funcional por parcela. Para comparar las varianzas de los índices entre coberturas se realiza la prueba no paramétricas de Kruskal-Wallis (H), y se aplicó una prueba post-hoc: prueba de dunnett para identificar diferencias entre grupos previa evaluación de ajuste a la distribución normal con el test de Shapiro–Wilk.

### **6.3 Determinación de las intervenciones antrópicas y de las herramientas de gestión o planificación ambiental**

Tanto para determinar las intervenciones antrópicas, como para las herramientas de gestión ambiental se realizaron entrevistas semi-estructurada y revisión de archivos. Se aplicaron 34 entrevistas semi-estructuradas adaptadas de Vilaridy, (2009), con la comunidad residente en el sector campamento, Resguardo Indígena de Puracé. Cada entrevista tuvo una duración ente 60 y 120 minutos, y se acompañó de un guía local de la guardia indígena con el fin de generar confianza en la población y hacer un adecuado reconocimiento del área de estudio (Anexo 1)

Se buscó identificar: características generales del sistema, servicios que brinda el ecosistema y la percepción de cambio de los servicios.

Así mismo se realizará una revisión bibliográfica de diversas fuentes de información entre ellas: estadísticas nacionales, bases de datos, imágenes satelitales, mapas, documentos oficiales, académicos y científicos, informes etc, en las bibliotecas de la Universidad del Cuaca, Biblioteca Luis Ángel Arango del Banco de la Republica, Archivo Histórico de la Universidad del Cuaca, Google académico, y de las bases de datos: Science Direct, Ebsco, Springer Link, Jstor. Así como talleres desarrollados por Grupo de Estudios Ambientales (GEA).

### **6.3.1 Intervenciones antrópicas**

Para determinar cuáles son las principales actividades antrópicas se realizaron recorridos en el área de estudio. Se hizo una caracterización de los principales actividades productivas y su relación con los componentes del ecosistema (aire, agua, suelo, flora, fauna, paisaje, población y económico), complementada con la revisión de archivos y las entrevistas semi-estructuradas. Se aplicó la matriz de FEARO en la que los criterios utilizados para evaluar el posible impacto ambiental son: magnitud, durabilidad, frecuencia, riesgo, importancia y mitigación (Figuroa y Valencia, 2009)

### **6.3.2 Herramientas de gestión o planificación ambiental**

Se reunió información a través de entrevistas semi-estructuradas con la comunidad, líderes y personales de las instituciones encargadas de la gestión ambiental. Además se revisó la información de talleres, informes, planes de mapeo y herramientas de la gestión ambiental.

### **6.3.3 Percepción de servicios ecosistémicos**

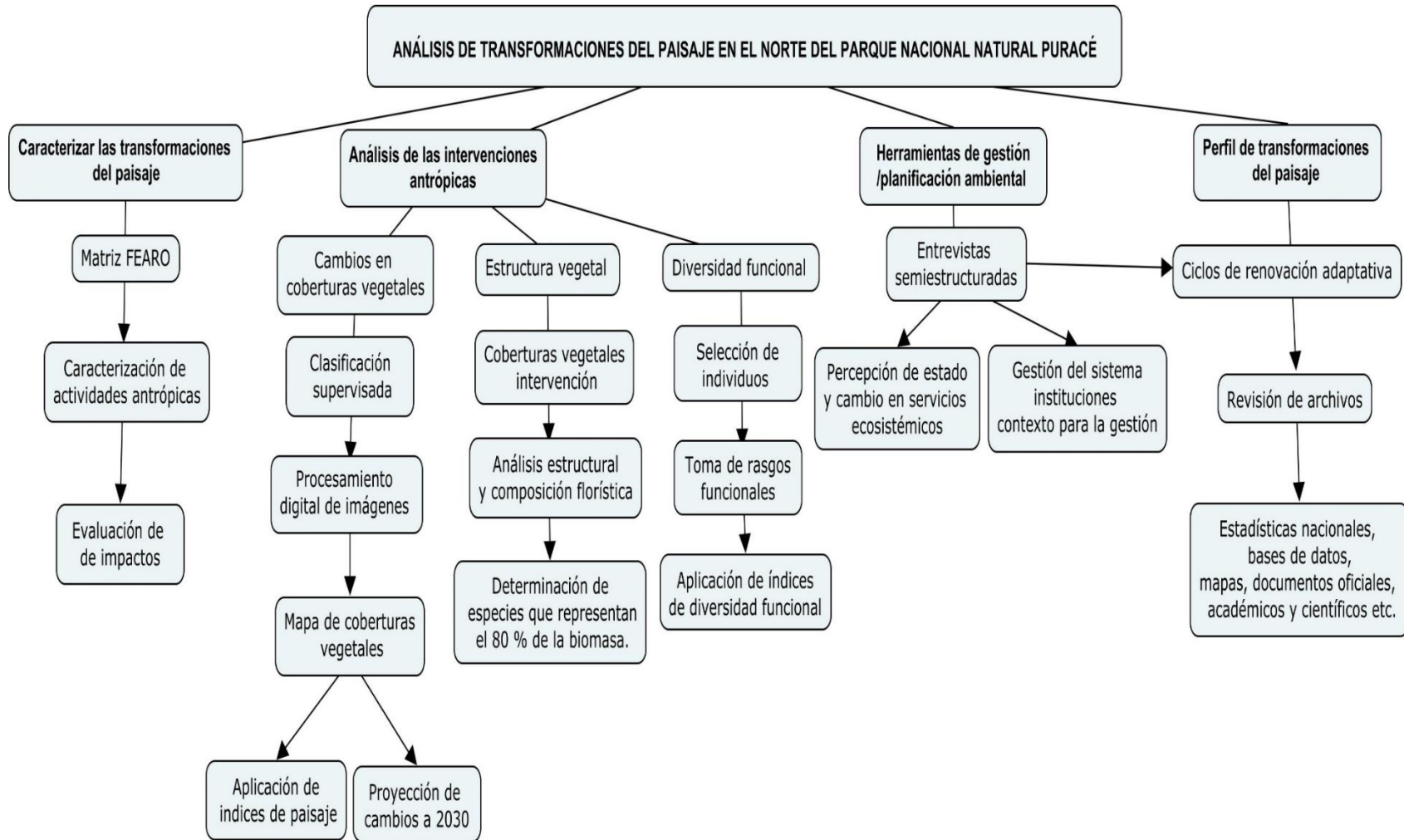
Se aplicaron 34 entrevistas semi-estructuradas a familias de la vereda campamento, Resguardo Indígena de Puracé, se realizó con esta vereda debido a la dependencia y la fuerte relación que tienen con estos ecosistemas de bosque altoandino y páramo, como por su relación con la zona de influencia del PNN 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 (Anexo 1).

## **6.4 Perfil de transformaciones del paisaje en el marco de los ciclos de renovación adaptativa**

Para entender la dinámica del sistema se realizan acercamientos a la relación histórica entre los humanos y la naturaleza en área de estudio, mediante la compilación de información obtenida a través de entrevistas semi-estructuradas y la revisión de archivos. Con la información obtenida se creara una línea del tiempo y se determinar los hitos más importantes en la configuración actual del paisaje, buscando identificar las siguientes fases del ciclo de renovación adaptativo (Holling, 1973; Resilience Alliance, 2013): Crecimiento o explotación (r) caracterizada por un crecimiento rápido, en los ecosistemas se da la acumulación de especies y biomasa y en el socio-ecosistema se da un proceso de aumento de las interacciones entre los componentes. Conservación (K), el sistema aumenta su complejidad y hay alta conectividad, es la fase más duradera, se produce una

acumulación progresiva de materia y energía, el sistema se encuentra fuertemente conectado. Liberación o colapso ( $\Omega$ ) hay alta conectividad, pero el potencial de cambio aumenta, en esta fase se crea el espacio perfecto para la reorganización y la incorporación de nuevos modelos y por último, la fase de reorganización ( $\alpha$ ) en la que disminuye la conectividad y aumenta la potencialidad al cambio, se favorecen la innovación y experimentación. Posteriormente el sistema se renueva y reorganiza para iniciar un nuevo ciclo (Holling, 1973; Resilience Alliance, 2013)

**Figura 2.** Diagrama metodológico para el análisis de transformaciones del paisaje en el norte del PNN Puracé



## **7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **7.1 Actividades antrópicas en el norte del PNN Puracé**

La mayoría de los aspectos de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas de la tierra no pueden entenderse sin tener en cuenta la influencia de la actividad humana, la cual modifica las características espaciales y temporales del paisaje generando diversos patrones de distribución de la vegetación natural (Cleef, 2013; IPCC, 2002; Vilardy, 2009; Vitousek et al., 1997). Para la zona norte del PNN Puracé las actividades que se identificaron mediante la revisión de información secundaria y caracterización en campo son: la ganadería, la agricultura, la minería y el turismo, a continuación se presenta una descripción y aproximación a los impactos de dichas actividades sobre los componentes del sistema (Figuroa y Valencia, 2009; Joaqui, 2005; Martínez, 2005; Mosquera, 2009; Muñoz, 2008; Ruiz et al., 2015) (Figura 3).

#### **7.1.1 La ganadería**

La ganadería y agricultura son la principal causa de la degradación de los ecosistemas de alta montaña. Desde mediados del siglo XIX se reconoce la presencia de la ganadería en la región. A partir de la década de 1980 se intensifica la producción ganadera, los cultivos disminuyen debido al fomento por las políticas nacionales, variabilidad climática y a los incentivos de la industria lechera (Molina, 2005).

Posteriormente, la producción de leche empieza a decaer debido a la competencia por otras empresas que monopolizan el mercado, las políticas de estado que exigen normas para su producción, así como por la disminución de la producción la cual según la comunidad se 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).

Hoy en día la ganadería se constituye como la principal fuente de ingresos, a pesar de la baja capacidad de carga y bajos rendimientos, cerca del 80% del territorio está dedicados a potreros. La ganadería es de doble propósito y se practica de forma extensiva sin ningún tipo de tecnificación. Cada familia tiene alrededor de 3 a 5 reses. 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. Según la comunidad la presencia de ganado en el páramo está asociada a la falta de tierras para el pastoreo y la ausencia de alternativas económicas.

El impacto de la ganadería sobre los ecosistemas de alta montaña es variado; por un lado los bosques altoandinos están sujetos a procesos de deforestación potrerización generando procesos de transformación y fragmentación alterando los flujos de energía y el ciclo de materia a gran escala, mientras que a escalas menores se genera la pérdida de individuos o poblaciones, reducción de hábitats, aumento del efecto borde, compactación del suelo, pérdida de materia orgánica, erosión, pérdida de la capacidad de infiltración y retención de agua, entre otros (Figuerola y Valencia, 2009; Turner, 2005; Velasco-Linares y Vargas-Rios, 2008). Mientras que en los páramos se generan fuertes impactos sobre su estructura y composición así como en su capacidad de generar servicios ambientales (Hofstede, 2001). La ganadería extensiva involucra quemadas periódicas para quitar pastos muertos y provocar rebrotes para el ganado, así como para preparar el terreno para cultivos (Hofstede, 2001). Las quemadas afectan en una manera distinta a las plantas, animales y suelos en el páramo (Vargas, 2013).

Las adaptaciones de la vegetación de páramo a condiciones climáticas extremas, les permite ser tolerantes a las quemadas. Aunque la paja y el frailejón muestran un nuevo crecimiento los rebrotes no tienen la capa protectora de hojas muertas y son más vulnerables a las condiciones climáticas, nuevas quemadas y al pastoreo (Hofstede, 2001). Por otro lado, con la quema se abren espacios para la germinación de semillas y como las hierbas de páramo están adaptadas a germinar bajo sombra de paja o en claros pequeños se generan espacios para la aparición de especies exóticas (Hofstede, 2001). Cuando se presenta aumento de las frecuencias de fuego no permite la recuperación completa de la vegetación; con graves efectos en la composición, abundancia, estructura y función de las comunidades vegetales (Premauer y Vargas, 2004; Vargas et al., 2002).

Con las quemadas el suelo pierde su capa aislante, así en la noche las temperaturas del suelo son más bajas y en el día más altas, en el suelo descubierto y con mayores temperaturas se presenta mayor evaporación, y tiende a secarse (Hofstede, 2001), asimismo se abre paso para que la erosión gradualmente abra más el estrato rasante dejando el suelo desnudo (Cleef, 2013; Hofstede, 2001). Además del uso del fuego el impacto de la ganadería sobre el ecosistema de páramo depende de muchos factores como el tipo de animal, la carga animal, el



manejo ganadero (Hofstede, 2001). En localidades con alta presión por pastoreo se ha encontrado disminución de la biomasa aérea y la necromasa de los estratos medios y altos de las comunidades vegetales en un porcentaje mayor al 60% y un aumento en los estratos bajos (Vargas, 2013).

COMPONENTES	Sub-componentes	Actividades antrópicas				
		Expansión de la frontera agrícola	Ganadería extensiva	Minería	El turismo	Actividades menores: cacería y recolección
VEGETACIÓN	Cobertura vegetal	■	■	■	■	■
	Estructura vegetal	■	■	■	■	■
	Diversidad vegetal	■	■	■	■	■
	Diversidad funcional vegetal	■	■	■	■	■
	Hábitat y nichos	■	■	■	■	■
PAISAJE	Ecosistemas	■	■	■	■	■
	Patrón visual	■	■	■	■	■
	Relieve	■	■	■	■	■
	Fragmentación de coberturas	■	■	■	■	■
SOCIOECOLOGICO	Servicios ecosistémicos	■	■	■	■	■

**CONVENCIONES**

- No hay impacto
- Falta información para determinar el impacto
- Efecto significativamente adverso
- Efecto adverso
- Efecto benéfico
- Efecto significativamente benéfico

**Figura 3.** Evaluación de las actividades antrópicas en el norte del PNN Puracé mediante la adaptación de la matriz FEARO.

La ganadería no es aconsejable en el páramo, se esperaría que a largo plazo cambie radicalmente la vegetación existente y sea colonizada por especies invasoras (Cleef, 2008). La actividad ganadera no es económicamente rentable debido a que la vegetación nativa de páramo no es apta para los rumiantes por su bajo contenido de proteínas (*Calamagrostis spp.*), por otro lado, debido a la alta humedad y las bajas temperaturas el ganado debe consumir gran cantidad de forrajes en relación a su metabolismo, lo que implica grandes recorridos para obtener el alimento (Achu Nina, 2003; Contreras et al., 2013).

Además, con la ganadería intensiva aparecen especies 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). 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 y Monasterio, 2002; Otero et al., 2011).

### **7.1.2 La agricultura**

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

Desde mediados del siglo pasado se reporta el cultivo de papa con intensidad; existían aproximadamente 70 variedades de papa y generalmente se integraban en cultivos con diferentes especies. Posteriormente, con la revolución verde, a finales de 1960 cuando aún las tierras eran productivas, se inicia la utilización agroquímicos y semillas mejoradas que producían cultivos en menor intervalos de tiempo pero causaron pérdida de la variabilidad genética, llevando a cultivar prácticamente solo una variedad (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 tierras destinadas a la agricultura en el municipio de Puracé (Castillo, 1986).

En cuanto al ulluco, la cebolla, arveja, ajo (*Allium sativum*), frijol (*Phaseolus sp*) y haba se continúan cultivando pero en menor proporción. varios productos que en la economía actual empiezan a tener importancia comercial como el trigo (*Triticum sp*), quinoa (*Chenopodium quinoa*), cebada (*Hordeum vulgare*) se dejaron de cultivar a mediados del siglo pasado (Ospina, 2013). Por otro lado, productos como la remolacha (*Beta vulgaris*), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), majúa y la oca (*Oxalis tuberosa*) prácticamente desaparecieron (Ospina, 2013).

El monocultivo de papa empezó hace aproximadamente quince años, con el arrendamiento de tierras a personas ajenas al resguardo para el establecimiento de cultivos que llegaron hasta los 3.300 msnm alcanzando a afectar ecosistemas de páramo (Conversaciones con comuneros, 2011 en Galeano, (2011)). Este tipo de agricultura al implicar la utilización del paquete tecnológico: fertilizantes, plaguicidas, fungicidas y maquinaria, conlleva a procesos de compactación y contaminación del suelo y de los cuerpos de agua.

Es así como la agricultura en el modo en que se desarrolla a pesar de proveer beneficios socioeconómicos a corto y mediano plazo ha generado la destrucción de bosques y áreas naturales, 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 (Otero et al., 2011; Rangel-Ch y Garzon-C, 1995; Ruiz et al., 2015). Así mismo, la combinación de agricultura, ganadería y las prácticas 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).

### **7.1.3 La minería**

Actualmente la explotación minera la realiza EMICAUCA S.A. su área es de 600 hectáreas, de las cuales 187 ha 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, 2012). 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.

Entre 1970 y 1990 la intensidad minera se encontraba en su apogeo desplazando las actividades agrícolas a un segundo plano, su escala de explotación se ha diezmando debido a la creciente competencia de las industrias masificadas (Ospina, 2013). Aunque la mina acarrea problemas ambientales ocasionados por: la construcción de vías de acceso sin ningún criterio conservacionista, la expulsión sin control a la atmósfera de gases, residuos sólidos y vertimientos líquidos contaminantes al agua (Rangel-Ch y Garzon-C, 1995), así como por la utilización de madera que causó fuertes transformaciones en el paisaje es una importante fuente de recursos económicos para la población. Aun teniendo en cuenta las medidas preventivas para evitar accidentes de disminución de cantidad y calidad del agua la minería es muy riesgosa, dado que en la mayoría de los páramos hay desconocimiento acerca de los acuíferos que existen e incertidumbre acerca de las afectaciones al sistema natural con túneles o abriendo orificios de exploración (Cleef, 2013)

### **7.1.4 El 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, aunque se empieza a evidenciarse un paulatino enfriamiento de las aguas termales que posiblemente se vieron afectadas por los terremotos de Popayán en 1983 y el de la región del Páez en 1994, llevando al turismo prácticamente a su desaparición.

El sector poseen un importante riqueza y potencial turístico ecológico, 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 pérdida del cóndor, cabañas de Pilimbalá y el volcán Puracé que han sido fuente de desacuerdo sobre el manejo entre PNN y el Cabildo (UASPNN, 2004; Alcaldía Municipal Puracé, 2012).

En la actualidad Cabido maneja el turismo, las temporadas de semana santa, vacaciones y fin de año es donde mayor número de turistas. El Cabildo Indígena de Puracé ha logrado la aprobación del proyecto “Termocolores” que busca, entre otros aspectos, investigar y analizar las 36 fuentes de agua termal para conocer y diferenciar las propiedades que tiene en cuanto a termoterapia, termomasajes, tratamientos médicos, medicina natural y alternativa, promoviendo, al mismo tiempo, el turismo de la región.

También son responsables de los cambios en el paisaje, la construcción desordenada de caminos turísticos al cráter del volcán del Puracé y de la misma manera con el turismo se generan residuos sólidos que no son tratados y son dispuesto en los caminos, además se ha permitido la introducción de vehículos a áreas de páramo y la llegada incontrolada de visitantes. El turismo también genera molestia a la fauna, sin embargo, es relativamente fácil mitigar estos efectos por medio de políticas claras, el establecimiento de una buena campaña de concienciación de visitantes, construcción de infraestructura con sentido ecológico y evitar actividades intensivas en áreas vulnerables (Rangel-Ch y Garzon-C, 1995; Hofstede, 2001)

Según Ospina, (2013) en el RI de Puracé desde hace mucho tiempo se ejercen prácticas que van en contra de la preservación del medio ambiente originadas por los procesos de aculturación (Ospina, 2013). Aunque se reconocen las problemáticas ambientales y la comunidad tiene voluntad de buscar soluciones, el cabildo se limita a hacer recomendaciones al respecto en el marco de las asambleas comunitarias (Galeano, 2012)..

#### **7.1.5 Actividades menores: cacería y recolección**

Son actividades complementarias que las comunidades rurales de la zona ejercen para coayudar a la economía familiar (Hofstede, 2001). Aunque las actividades menores como cacería, recolección de leña y especies de plantas medicinales son muy importantes cultural y socialmente y se encuentran dentro de los elementos de la sustentabilidad, generan impacto sobre los ecosistemas naturales. 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, por otro lado 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. Si existe un plan para el uso de este bosque, aprovechando solamente árboles viejos y los que crecen cerca a los bordes (Hofstede, 2001; Hofstede et al., 2003; Joaqui, 2005; Mosquera, 2009).

## **7.2 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 1988 y 1999 (Figura 4), 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 significativa ( $\chi^2=14,07$  (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 mismas 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).

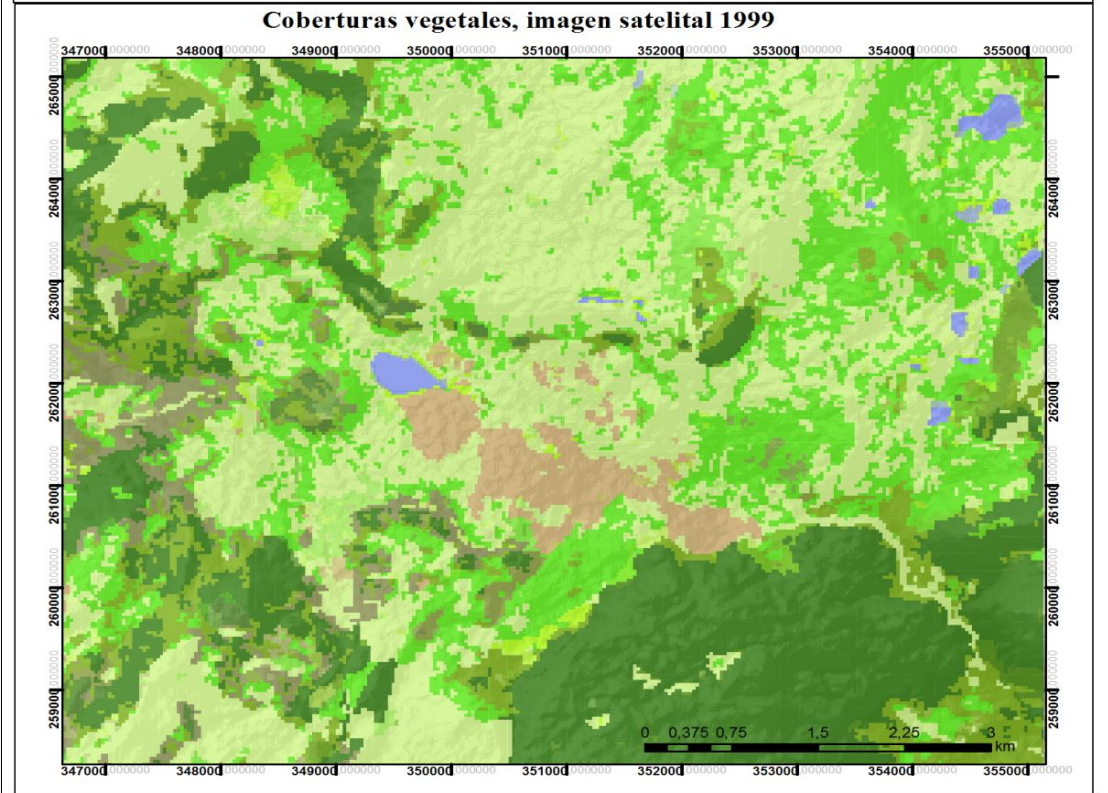
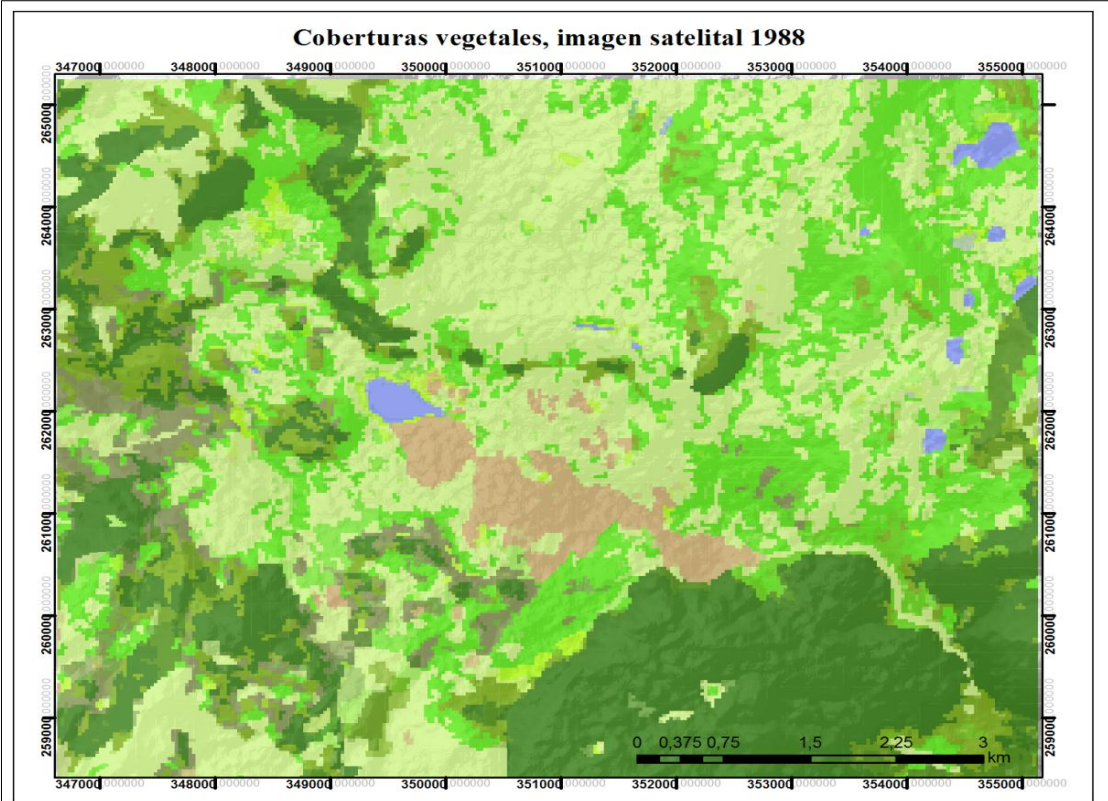
Por otro lado, coberturas como el Herbazal D.T.F.A, Herbazal D.T.F.N.A y Bosque fragmentado fueron las que menor porcentaje de cambio presentaron (0,52 %, 0,82 %, 2,8 % respectivamente). La mayoría de los cambios se presentaron en la primera temporalidad evaluada, comprendida entre los años 1988 y 1999; 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 12,97ha/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.









**Tabla 3.** Coberturas vegetales obtenidas para las tres temporalidades en el norte del PNN Puracé, cambio medio anual, porcentaje de cambio y prueba de chi-cuadrado.

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

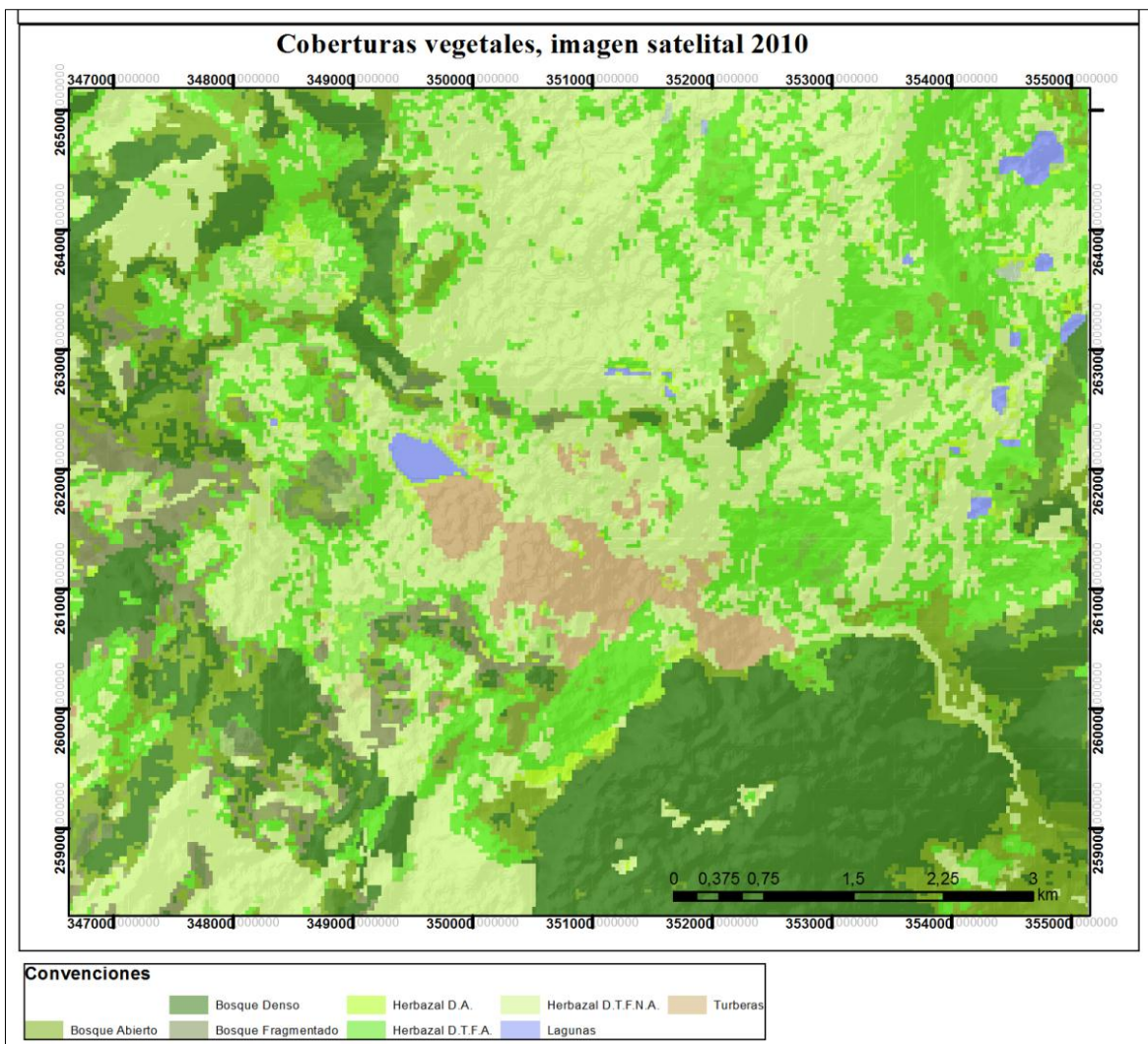
Los resultados, coinciden con los reportes de Martínez (2005); Mosquera et al.,(2014) y Muñoz (2008), encontraron reducción en las coberturas arbórea e incrementado de coberturas como arbustales y pajonal-frailejónal generadas por la expansión de la frontera ganadera, quemas, pesca y actividades turísticas. La variación en las áreas de lagunas se asocia a los cambio en las precipitaciones (IDEAM 2016). Cabe destacar que durante los 21 años analizados existen grandes áreas que han permanecido estables sin ninguna transformación (Tabla 4), 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.



**Convenciones**

	Bosque Denso		Herbazal D.A.		Herbazal D.T.F.N.A.
	Bosque Abierto		Bosque Fragmentado		Herbazal D.T.F.A.
			Lagunas		Turberas





**Figura 4.** Coberturas vegetales del área de estudio obtenidas para los años 1988, 1999, y 2010

**Tabla 4.** 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



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.

**Tabla 5.** 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
<b>Bosque Abierto</b>	600,2	645,7	694,1	7,57	15,64
<b>Bosque Denso</b>	1269,6	1149,5	1139,6	-9,46	-10,24
<b>Bosque Fragmentado</b>	244,2	246,0	246,0	0,76	0,76
<b>Herbazal D.A.</b>	104,0	123,5	105,3	18,69	1,27
<b>Herbazal D.T.F.A.</b>	1333,7	1390,4	1352,2	4,26	1,39
<b>Herbazal D.T.F.N.A.</b>	2136,0	2148,4	2167,5	0,58	1,48
<b>Lagunas</b>	45,1	37,6	40,4	-16,66	-10,49
<b>Turberas</b>	193,3	196,4	192,4	1,63	-0,46

Al generar las proyecciones de cambio para el 2030 de las coberturas vegetales con información de los años 1988 a 2010, 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 al asentamiento humano y al aprovechamiento de los recursos naturales. Así mismo, obedece al desarrollo de la infraestructura física de soporte, cuya dinámica implica que los ecosistemas originales son parcial o completamente reemplazados por paisajes antropogénicos (Armenteras et al., 2011; Etter et al., 2016).

### **7.3 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 6).

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 cambios 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 6).

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 6.** Índices de paisaje calculados para les 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
	<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>807</b>		<b>207,6</b>		<b>632,4</b>	<b>11,7</b>	<b>386,7</b>
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
	<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>1267</b>		<b>247,6</b>		<b>466,6</b>	<b>11,0</b>	<b>425,4</b>
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
	<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>1363</b>		<b>251,6</b>		<b>461,4</b>	<b>10,9</b>	<b>350,6</b>

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 6). 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). Aunque se debe destacar el hecho que SHAPE sea homogéneo; es decir las unidades tienen valores similares, se puede asociar al mantenimiento del nivel de agregación y funcionalidad.

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 6). 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 6) 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 6), 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 6) 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. Entre las consecuencias de la fragmentación se encuentran la interrupción de los flujos ecológicos, intercambio de materia y nutrientes, los procesos de formación de suelo, la preservación de cadenas tróficas y la provisión de hábitats a pequeñas especies, afcción de los ciclos del agua estructura ecológica y florística de este ecosistema, sobre todo en su límite inferior, la fragmentación genera cambios en los procesos ecológicos y por ende en los servicios que estos ecosistemas son capaces de proveer, sin embargo, confirmar los efectos de la fragmentación del paisaje, requiere de evaluaciones más precisa mediante estudios a diferentes escalas (Mosquera et al., 2014).

#### **7.4 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 7)

**Tabla 7.** 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 antrópizado
Bosque abierto	Pilimbalá		X		X		X		X	4/0	Antrópizado
Herbazal (Páramo) D.T.F.N.A.	San Rafael	X		X		X		X		0/4	Antrópizado
Herbazal Arbustal D.T.F.A.	San Rafael	X		X		X		X		0/4	Antrópizado
Herbazal (Páramo) D.T.F.N.A.	San Juan		X		X		X	X		¼	Menos antrópizado

#### 7.4.1 Riqueza y composición florística

Se registraron 78 especies de plantas distribuidas en 28 familias y 45 géneros en el total de parcelas estudiadas (Tabla 8). En el Bosque denso se registró un total de 33 especies, 21 géneros y 16 familias. La familia con mayor riqueza de especies fue Melastomataceae con 9 especies, todas pertenecientes al género *Miconia*. En el bosque abierto se obtuvo un total de 32 especies, 26 géneros y 19 familias, dentro de las cuales las familias con mayor riqueza de especies son Melastomataceae (5 spp.) y Asteraceae (4 spp.)(Tabla 8).

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 altoandino 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 8.** 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 antrópizado)	432	6	12	15
Herbazal D.T.F.N.A. (mas antrópizado)	342	10	14	21
Herbazal D.T.F.A. (arbustal)	336	10	13	16
<b>Total</b>	<b>2167</b>	<b>28</b>	<b>45</b>	<b>78</b>

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 sus 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 antrópizado, páramo de San Juan) se registraron 15 especies, 12 géneros y 6 familias, siendo Asteraceae (4 spp.), Ericaceae (3 spp.) y Bromeliaceae (3 spp.) las familias con el mayor número de especies. Para el Herbazal D.T.F.N.A. (más antrópizado, páramo de San Rafael) se encontraron 21 especies, 14 géneros y 10 familias, siendo Poaceae (6 spp.) y Ericaceae (5 spp.) 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 antrópizado) 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). Para el mismo sector Rangel-Ch y Aguilar-P (1995) reporta como especies características: *Espeletia hartwegiana*, *Calamagrostis macrophylla*, *Calamagrostis*

*effusa*, *Blechnum loxense*, *Rhynchospora macrochaeta* y *Chusquea tessellata*, las cuales son registradas en el presente estudio.

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).

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).

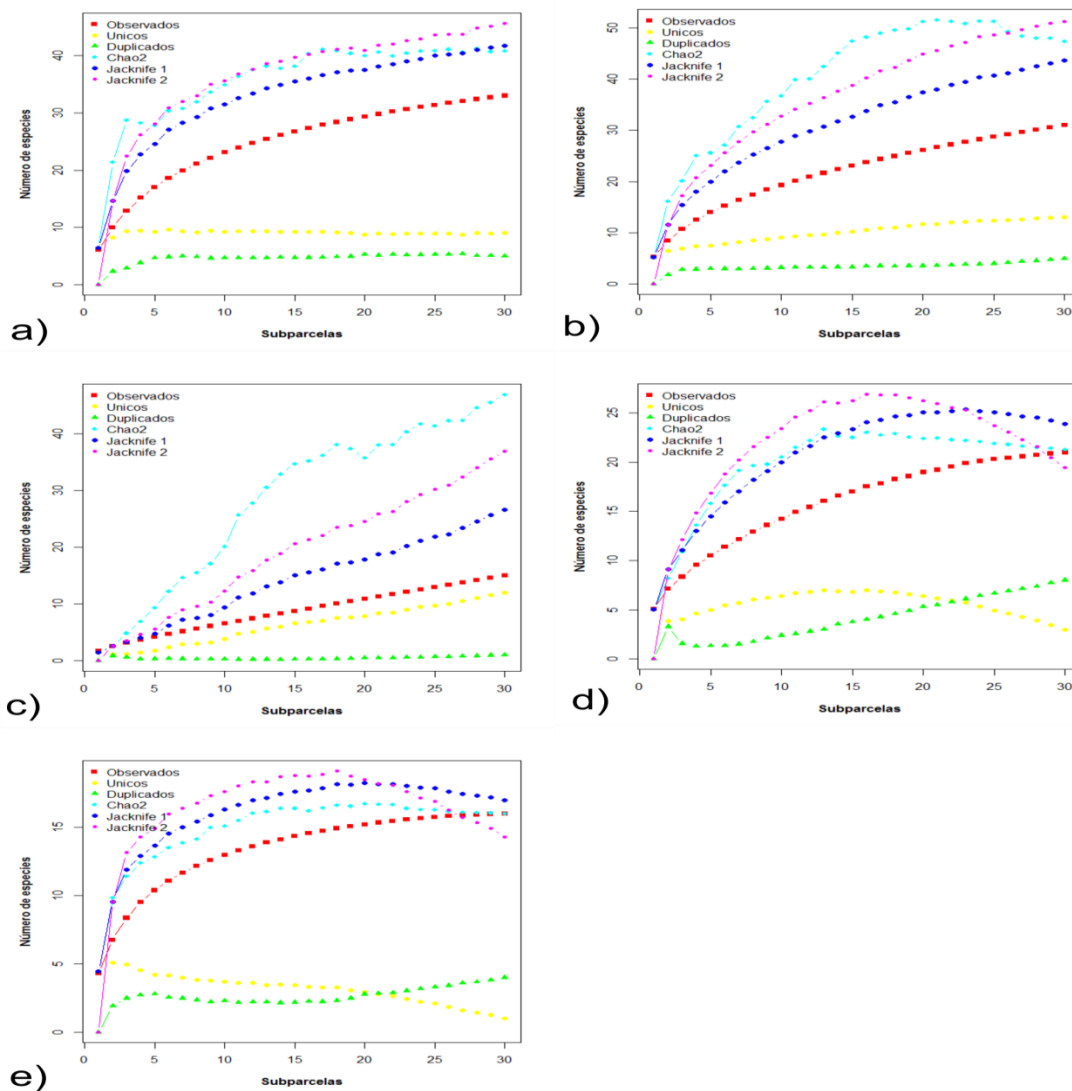
#### **7.4.2 Representatividad de los muestreos**

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) (Figura 5). El número de especies encontradas en el páramo ubicado en san Rafael se encuentra dentro del rango que establecen Rangel-Ch y Lozano-C, (1986); entre 18 y 23 especies por levantamiento y Range- Ch y Franco (1985) entre 18 y 22 especies por levantamiento.

Para el bosque denso (sector San Juan) Abud-Hoyos y Torres-González, (2015) encontró 38 especies con DAP >2,5 en 0,1 ha, 5 especies más de las reportadas en el presente estudio probablemente debido a que dentro de los muestreos incluye especies no leñosas como *Anthurium* sp. 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  $\geq 2.5$  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 microhabitats e incrementar el número de especies (Figura 5).



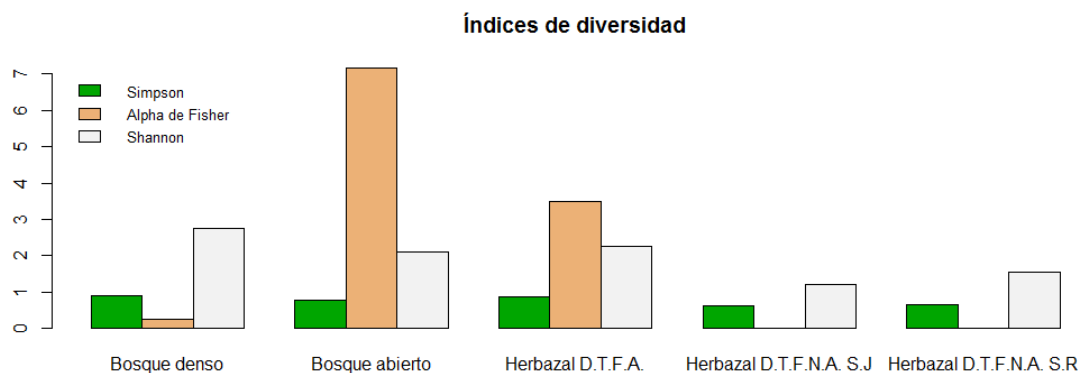
**Figura 5.** Curva acumulación de especies por cobertura. a) Bosque denso b) Bosque abierto c) Herbazal D.T.F.N.A. (menos antrópizado) d) Herbazal D.T.F.N.A. (mas antrópizado) e) Herbazal D.T.F.A

### 7.4.3 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 ponderan 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 muestra 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 antrópizado) y Herbazal D.T.F.N.A. (mas antrópizado). Las especies más dominantes que estarían influyendo en el alto valor en el Herbazal D.T.F.N.A. (menos antrópizado) serían *Weinmannia mariquitae*, *Miconia gleasoniana*, *Clusia multiflora*, *Miconia orcheotoma* y *Symplocos quitensis* influenciados por el área basal y la densidad (Figura 6).

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 antrópizado) con 1,53 y Herbazal D.T.F.N.A. (menos antrópizado) 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.

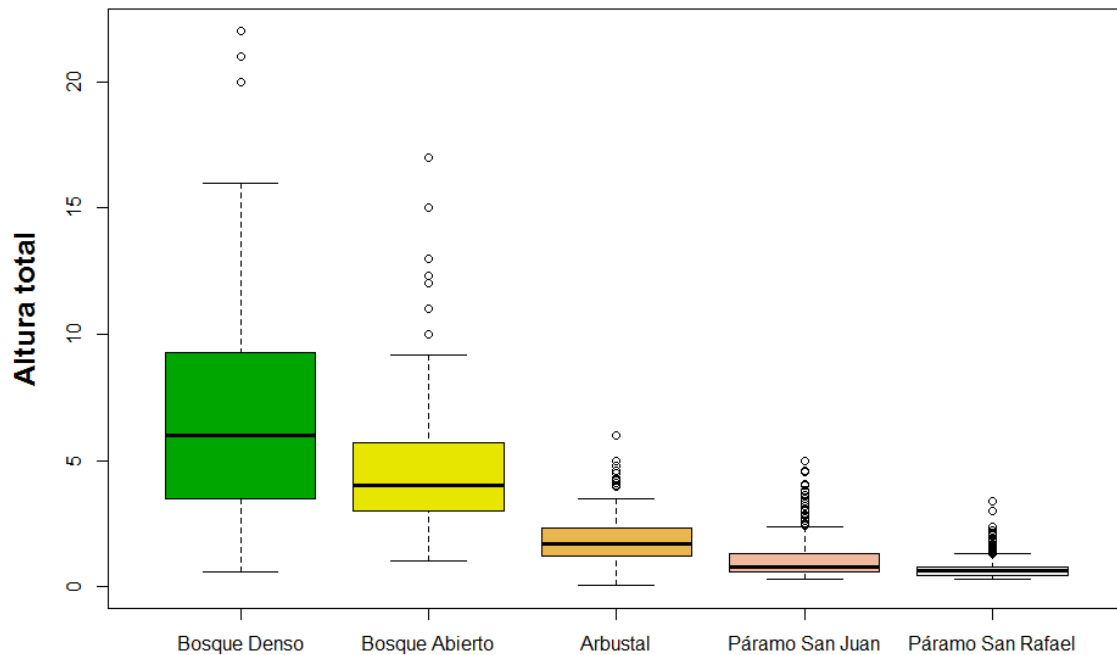


**Figura 6.** Índices de diversidad por tipo de cobertura evaluada.

#### 7.4.4 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 ( $H= 1185.9$ ,  $P < 2.2e-16$ )

El bosque denso presenta un promedio de altura de  $6,77$  m ( $\pm 3,71$ ) por individuo, las especies con individuos más altos son *Weinmannia mariquitae* ( $16$  m), *Oreopanax argentatus* ( $15$  m), *Miconia gleasoniana* ( $15$  m). *Miconia orcheotoma* ( $15$  m) y *Clusia multiflora* ( $15$  m). Mientras que el bosque abierto presenta una altura promedio de  $4,54$  m ( $\pm 2,1$ ), las especies con mayor altura son *M. orcheotoma* ( $13$  m) y *W. mariquitae* ( $12,3$  m) y *Ocotea infrafoveolata* ( $11$  m) (Figura 7).



**Figura 7.** Altura total por tipo de cobertura evaluada.

La altura total presentó diferencias significativas entre el bosque denso y el bosque abierto ( $p=1.3e-05$ , Prueba de dunnett) así como entre el herbazal D.T.F.N.A menos antropizado (páramo San Juan) y el páramo de San Rafael (herbazal D.T.F.N.A mas antropizado) ( $p =1.3e-05$ , Prueba de dunnett). 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 así como a causas geomorfológicas y altitudinales. Además el primero se encuentra sobre la vertiente del río Magdalena y el segundo sobre la vertiente del río Cauca. Cabe destacar que según información de la comunidad, Rangel 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.

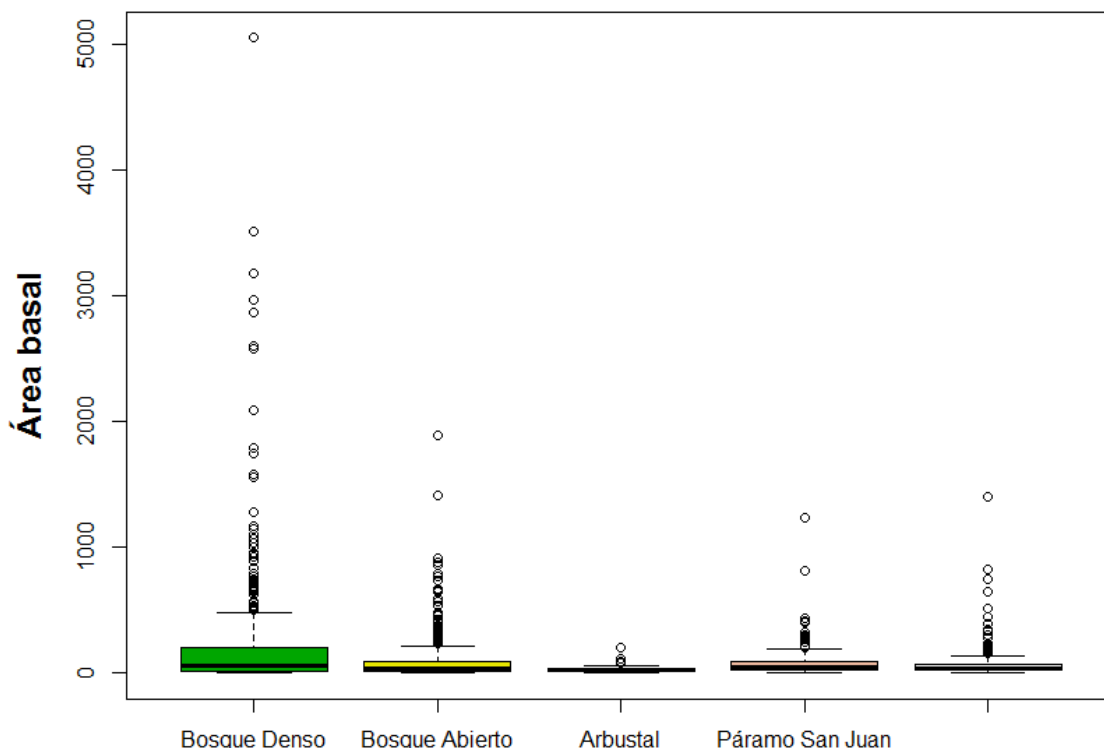
El Herbazal D.T.F.A presenta una altura promedio de 1,9 m ( $\pm 1,0$ ), como era de esperarse se presentaron diferencias significativas en la altura respecto a las demás zonas. El Herbazal D.T.F.N.A. (menos antrópizado) y Herbazal D.T.F.N.A. (mas antrópizado) presentaron diferencias significativas respecto a la altura total ( $p=1.3e-05$ , Prueba de dunnett). En Herbazal D.T.F.N.A. (menos antrópizado) la altura promedio de todos los individuos fue de 1,11 ( $\pm 0,81$ ), y Herbazal D.T.F.N.A. (mas antrópizado) la altura promedio es de 0,73 ( $\pm 0,43$ ). Al comparar especies dominantes comunes entre los dos páramos se encuentran diferencias significativas () entre *Blechnum cf. auratum* ( $H= 67.962$ ,  $p < 2.2e-16$ , y *Chusquea tessellata* ( $H = 34.334$ ,  $p = 4.642e-09$ ) a diferencia de *Espeletia hartwegiana* ( $H= 3.5706$ ,  $p=0.05881$ ) que no presenta diferencias significativas. La diferencia en alturas según Premauer y Vargas, (2004) y Vargas et al., (2002) de estas especies se debe al aumento de la intensidad de disturbio (fuego con pastoreo) que disminuyen la altura y cobertura de los chusques (Figura 7).

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), así como era de esperarse entre el Herbazal D.T.F.A con todas las coberturas ( $p=2e-16$  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 8).

El bosque denso presento un área basal total de 11,15 m<sup>2</sup> en 0,3 ha, donde los altos valores en las áreas basales están representados por *W. mariquitae* (5,68 m<sup>2</sup>), *M. gleasoniana* (0,88 m<sup>2</sup>), y *C. multiflora* (0,87m<sup>2</sup>), *M. orchetoma* (0,41 m<sup>2</sup>) y *Symplocos quitensis* (0,39 m<sup>2</sup>) , estas 5 especies representan el 75 % del área basal total, mientras que en el bosque abierto el área basal total es de 5,6 m<sup>2</sup> en 0,3 ha, la mayor parte del área basal se encontró distribuida entre: *W. mariquitae*

(2,1 m<sup>2</sup>), *M. orcheotoma* (0,3 m<sup>2</sup>), *Miconia* sp.7 (0,44 m<sup>2</sup>) y *Hesperomeles ferruginea* (0,33m<sup>2</sup>), que representan el 76,5 % del total. En el arbustal él se encontró un AB total de 0,9 m<sup>2</sup>, las especies que más aportan son *M. puracencis* (0,20 m<sup>2</sup>), *Diplostegium* cf *cinerascens* (0,14 m<sup>2</sup>), *Themistoclesia mucronata* (0,14 m<sup>2</sup>) y *Diplostegium* cf. *floribundum* (0,17 m<sup>2</sup>), 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



**Figura 8.** Área basal por tipo de cobertura evaluada.

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 m<sup>2</sup>. 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 m<sup>2</sup>, 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 determinar 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 9, Figura 9).

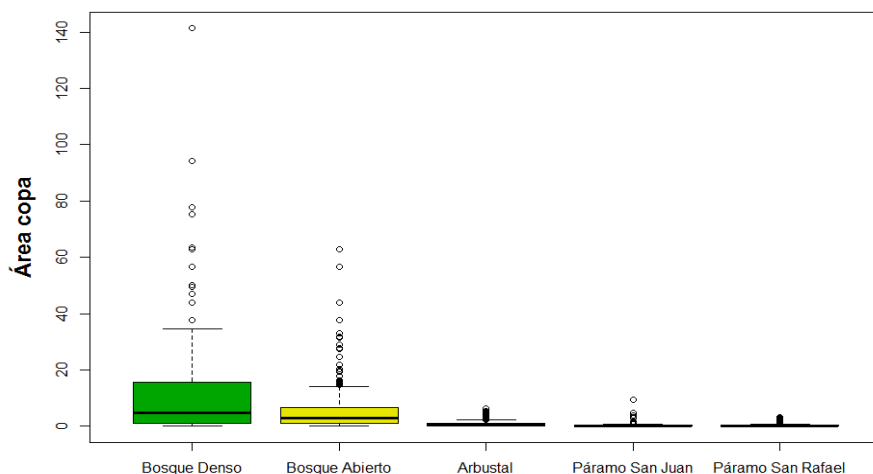
**Tabla 9.** Cobertura de copa para las especies dominantes en los herbazales. Donde Ab: área basal, AbR:área basal relativa, Copa: Cobertura de copa de la especie y CopaR: Cobertura de copa relativa

	Herbazal D.T.F.N.A. (menos antrópizado) Páramo San Juan				Herbazal D.T.F.N.A. (mas antrópizado) 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
<b>Subtotal</b>	<b>2,55</b>	<b>99,21</b>	<b>132,64</b>	<b>98,92</b>		<b>2,33</b>	<b>95,70</b>	<b>145,16</b>	<b>97,00</b>
<b>Otros</b>	<b>0,02</b>	<b>0,79</b>	<b>1,45</b>	<b>1,08</b>		<b>0,10</b>	<b>4,30</b>	<b>4,49</b>	<b>3,00</b>
<b>Total</b>	<b>2,57</b>	<b>100</b>	<b>134,09</b>	<b>100</b>		<b>2,44</b>	<b>100</b>	<b>149,65</b>	<b>100</b>

La dominancia de gramíneas como *Calamagrostis effusa* y *Chusquea tessellata* con coberturas que alcanzan un 64, % de los transecto (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. (mas antrópizado) 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 9). 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 9.** Área de copa por tipo de cobertura evaluada.

### Índice de Valor de importancia para las especies de bosque y arbustal

Tanto en el Bosque denso como en el Bosque abierto *W. mariquitae* presenta la importancia ecológica más alta con un IVI de 86,92 y 92,00 respectivamente, en el bosque denso es seguida por *M. gleasoniana* (26,65) y *M. orcheotoma* (23,24). *M. orcheotoma* también presenta un alto IVI (55.90) para el bosque abierto. En todos los casos el valor del IVI está determinado como consecuencia del área basal (Figura 10)

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.

En el bosque denso los resultados se asemejan a los obtenidos por Abud-Hoyos y Torres-González, (2015) encontrando los mayores índices de valor de importancia se presentaron en *W. mariquitae* (0,96), *Hedyosmum* sp. (0,56) y *Miconia* sp. (0,25).

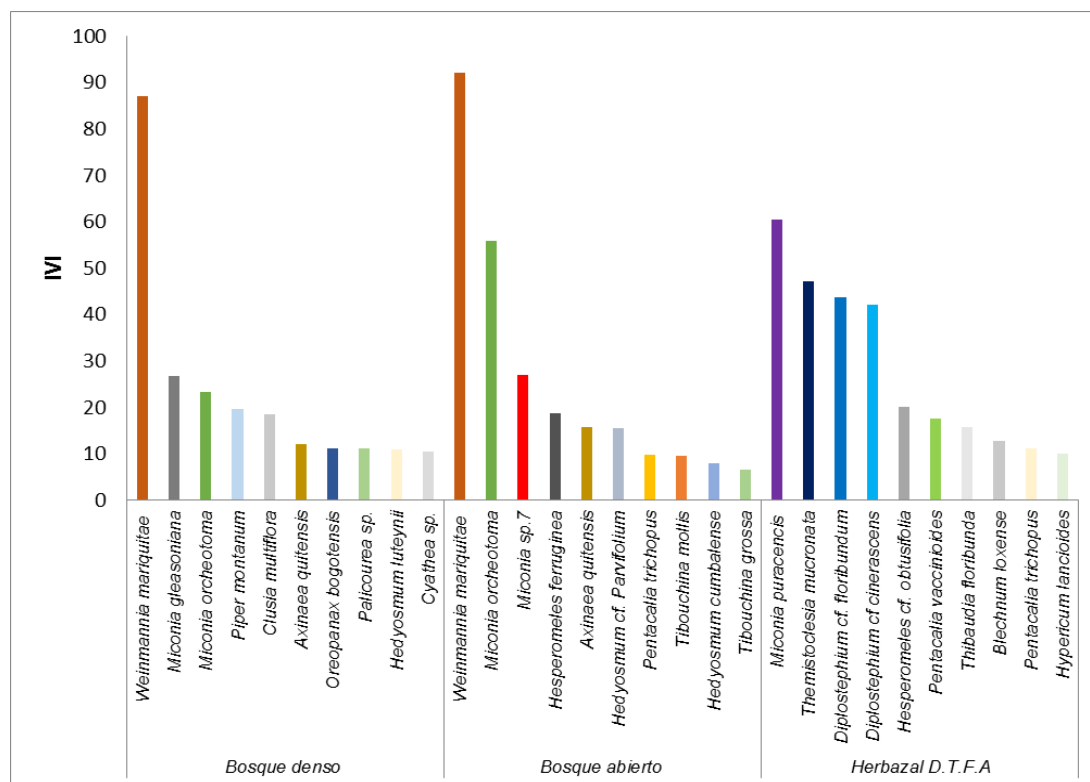


Figura 10. Especies con el mayor valor de Importancia por tipo de cobertura -IVI.



Por otro lado, para el Herbazal D.T.F.A el mayor IVI es para *M. puracencis* (60.28), *T. mucronata* (47.07), *D. cf. floribundum* (43.66) y *D. cf. cinerascens* (42,1). Así mismo estas especies coinciden con las reportadas por Rangel-Ch y Lozano-C (1986) como especies con mayor cobertura para san Rafael, además de *Gynoxys tolimensis*; consideradas como vegetación característica del límite selva andina-páramo (Figura 10)

Cabe destacar que especies raras son sobre estimadas por el IVI, que pone mucho énfasis a un solo individuo encontrado en una sola parcela (Araujo-Murakami et al., 2005).

## **7.5 Aproximación a la diversidad funcional**

### **7.5.1 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 configuro 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 0.56 g/cm<sup>3</sup>, su valor máximo corresponde a la especies *Hesperomeles ferruginea* y *Clusia multiflora* (0,672 y 0,69 g/cm<sup>3</sup>) y el mínimo para *Espeletia hartwegiana* (0,115 g/cm<sup>3</sup>). 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 100). 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)

**Tabla 10.** 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
<b>C.COPA</b>	11,7	15,68	134,03	0,09	76,34	4,92 2 m <sup>2</sup>
<b>DT</b>	0,49	0,14	29,72	0,12	0,69	0,53
<b>A. MAX</b>	4,71	3,77	79,95	0,64	14,4	2,56 m
<b>AFE</b>	12,96	5,47	42,18	3,58	31,25	13,24 mm <sup>2</sup> mg <sup>-1</sup>
<b>AF</b>	4408,97	7147,65	162,12	69,12	27001,94	996,28 mm <sup>2</sup>
<b>CFMS</b>	76,77	23,18	30,19	33,5	151,91	80,35 mg g <sup>-1</sup>

En cuanto a la correlaciona entre rasgos (Tabla 111), 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 11.** 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	<b>0,33</b>	1	3,10E-08	3,40E-04	2,10E-03	1,90E-04
A. MAX	<b>0,75</b>	<b>0,56</b>	1	0,83	0,97	0,01
AFE	-0,04	<b>-0,38</b>	-0,02	1	0,01	0,23
AF	0	<b>-0,33</b>	-3,60E-03	<b>0,3</b>	1	1,70E-03
CFMS	0,18	<b>0,4</b>	<b>0,27</b>	-0,13	<b>-0,34</b>	1

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

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).

## 7.5.2 Aplicación de índices de diversidad funcional

### 7.5.2.1. 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., 2011) (Tabla 12).

**Tabla 12.** 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 antrópizado)	2,14	0,31	1,37	17,98	15648,34	59,36
Herbazal D.T.F.N.A (más antrópizado)	12,5	0,29	1,07	8,81	3828,69	71,46

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; EOT, 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 antrópizado) 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 mas antrópizado, 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).

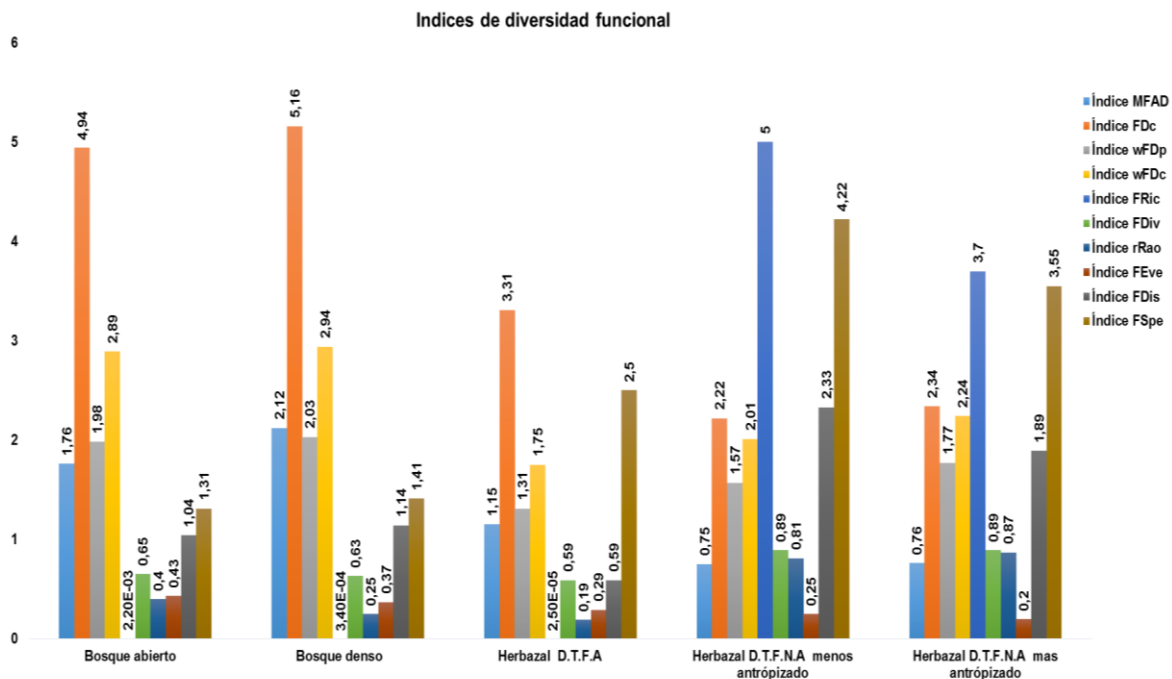
Teniendo en cuenta que el CFMS se obtiene a partir de la división entre la masa seca y la masa fresca de la hoja saturada de agua, bajos valores de CFMS en herbazales menos antropizados implican que las plantas tienen alto contenido de agua en sus estructuras internas. Además, junto con la forma de crecimiento, 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 escurrimiento 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., 2011; Pérez-Harguindeguy et al., 2013).

### 7.5.2.2 Índices multirasgo

De todos los índices multirasgo evaluados solo presentaron diferencias significativas los índices de riqueza funcional - FRic (k-s: 12,7, p: 0,0122), Dispersión funcional - FDis (k-s: 11,27, p: 0,0237) y Especialización funcional - FSpe (k-s: 12,83, p: 0,0121). La diversidad funcional medida a través de índices multirasgo presento baja variación con la intervención antrópica, aunque no de manera similar para todos los atributos considerados; la riqueza funcional, regularidad funcional, especiación funcional y equitatividad funcional (FEVE) fue mayor en los sitios menos antropizados. Por otro lado, para los bosques los índices de riqueza funcional fueron mayores en el bosque denso, así como los índices de dispersión y especiación funcional, mientras que para el bosque abierto se presentaron mayores valores de entropía cuadrática (rRa), riqueza funcional (FRic), FEve, FDiv (Figura 11).



**Figura 11.** Índices de diversidad funcional por tipo de cobertura evaluada.

Los valores más altos de riqueza funcional (FRic) en el Herbazales D.T.F.N.A menos antropizado y en el Bosque denso implica que el espacio funcional

ocupado por las especies de la comunidad es mayor, lo que se asocia a que los recursos están siendo explotados y por ende una mayor productividad en dichos ecosistemas (Mouchet et al., 2010). Así mismo, los sitios más conservados presentan mayor valor de especialización funcional (FSpe), (la cual mide las diferencias generales entre las especies, independientemente de sus abundancias) (Villéger et al., 2010; Casanoves et al., 2011), seguramente asociado al estado de madurez alcanzado por la diversidad de formas de vida que en estos ecosistemas. A diferencia de estos dos índices divergencia funcional (FDiv) presenta igual valor entre herbazales lo que implica que las actividades antrópicas no generan diferenciación de nichos entre las especies dominantes. Por otro lado, los valores mayores de FDiv en el Bosque abierto, se podrían asociar a una mayor diferenciación de nicho entre las especies dominantes, generando un uso más eficiente de los recursos, aumento en la productividad y de la retención de los nutrientes en los ecosistemas (Hooper et al., 2005; Mouchet et al., 2010; Córdova-Tapia y Zambrano, 2015).

Los índices de diversidad funcional presenta tendencias similares entre sitios antropizados y menos antropizados; es decir el hecho de encontrarse con ecosistemas menos antropizado no implica una mayor diversidad funcional (Figura 11). Lo que si se evidencia como es de esperarse es la diferenciación de variación funcional entre bosques y herbazales, los cuales se comportan de manera diferente (Figura 10). 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 como ocurre con algunos de los índices (Carreño-Rocabado et al., 2016). La poca diferenciación funcional representadas por los índices multirasgo 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 de las parcelas con suficiente fuerza para pasar a un estado diferente del sistema y suceder en otro tipo de ecosistemas (Holling, 1973; Conti y Díaz, 2013).

Al realizar correlaciones entre los índices de diversidad funcional con los índices de diversidad taxonómica y riqueza de especies obtenidos en el análisis estructural, se encontraron correlaciones significativas principalmente con el índice alfa de Fisher. El índice de Simpson se correlaciono negativamente con el índice FRic y el índice de Sahannon con el índice FRic, FDiv, FDis y FSpe. Solo se encontró correlación entre la riqueza y el índice FSpe (Tabla 13).



**Tabla 13.** Correlaciones de entre los índices de diversidad funcional y taxonómica

Índice	Fisher		Simpson		Shannon		Riqueza	
	Fisher	P	Simpson	p	Shannon	P	S	p
MFAD	0,48	0,0709	0,32	0,2489	0,4	0,1377	0,46	0,0820
FDc	0,38	0,1642	0,21	0,4528	0,25	0,3666	0,45	0,0933
wFDp	-0,18	0,5155	0,07	0,805	-0,06	0,8198	0,09	0,7367
wFDc	0,05	0,8694	0,2	0,4784	0,1	0,7227	0,19	0,4983
rRao	<b>-0,73</b>	0,0021	-0,25	0,3719	-0,48	0,0685	-0,42	0,1199
FRic	<b>-0,68</b>	0,0053	<b>-0,7</b>	0,0033	<b>-0,85</b>	0,0001	-0,13	0,6405
FEve	<b>-0,68</b>	0,0051	-0,18	0,5136	-0,43	0,1105	-0,38	0,1621
FDiv	<b>-0,78</b>	0,0007	-0,45	0,0961	<b>-0,64</b>	0,0104	-0,31	0,2591
FDis	<b>-0,6</b>	0,0239	-0,36	0,1729	<b>-0,61</b>	0,0231	-0,15	0,5986
FSpe	<b>-0,83</b>	0,002	-0,26	0,336	<b>-0,58</b>	0,0314	<b>-0,61</b>	0,0149

Varios autores han planteado que la riqueza de especies vegetales es un buen indicador de la diversidad funcional (Tilman et al., 1997; Martín-López et al., 2007; Aquino, 2009; Maeshiro et al., 2013) basándose en el supuesto de que el aumento de la riqueza de especies conduce a una mayor riqueza o variación de las posibles respuestas funcionales de las especies (Díaz y Cabido, 2001; Saldaña, 2013), la diversidad funcional a diferencia de la diversidad vegetal presenta respuestas variables funcionalmente como sucede en el norte del PNN Puracé con posibles repercusiones en muchos procesos y por ende en servicios de los ecosistemas (Carreño-Rocabado et al., 2016).

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.

## **7. 6 Aproximación a la percepción de los servicios ecosistémicos provistos en el norte del PNN Puracé SE**

Con el propósito de aproximarse a la percepción de los bienes y servicios ambientales en la zona se realizaron 35 encuestas con personas de la vereda campamento RI de Puracé. Con el fin de obtener una visión proporcionada por el marco de los servicios de los ecosistemas apoya la conservación de la naturaleza no sólo por los valores intrínsecos sino también entiende los ecosistemas como un capital natural con valor social (Wu 2013)

### **7.6.1. Características de los encuestados**

El total de las personas encuestadas pertenecen a al RI de Puracé, vereda Campamento y han vivido toda su vida en la región. Respecto a género de los encuestados el 59 % son mujeres y el 41 % son 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 se caracterizan por estar conformadas con 4 a 6 integrantes (72 %).

La ganadería es la principal fuente de recursos económicos para todas las familias, seguida de la agricultura aunque reconocen que anteriormente esta última fue el principal renglón económico.

### **7.6.2 Percepción de servicios ecosistémicos**

La comunidad percibe 11 servicios ecosistémicos entre los que se destacan (Figura 1212):

#### **7.6.2.1 Servicios de provisión**

Agricultura: En la actualidad la agricultura es la segunda actividad económica más importante, después de la ganadería; siendo la papa (*S. tuberosum*) el principal cultivo seguido del Olluco (*Ullucus tuberosus*) y la cebolla (*Allium cepa*).

Ganadería: Todas las personas del sector dependen económicamente de la ganadería, es la principal actividad económica, esta se desarrolla de manera extensiva y sin tecnificación; de las familias entrevistadas solo 12 % tienen cultivos o pastos de corte como complemento de la ganadería extensiva.

Productos silvestres: dentro de los productos silvestres se incluyó el uso de plantas y animales silvestres ya sea como productos 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 de la fragmentación y disminución del hábitat, como puede estar asociado a procesos de aculturación que han generado abandono de las prácticas tradicionales. A diferencia de la fauna se siguen usando algunas especies de plantas nativas para usos medicinales como el Arnica (*Senecio sp*), Granizo (*Hedyosmum sp.*) Apio de paramo (*Niphogeton sp*).

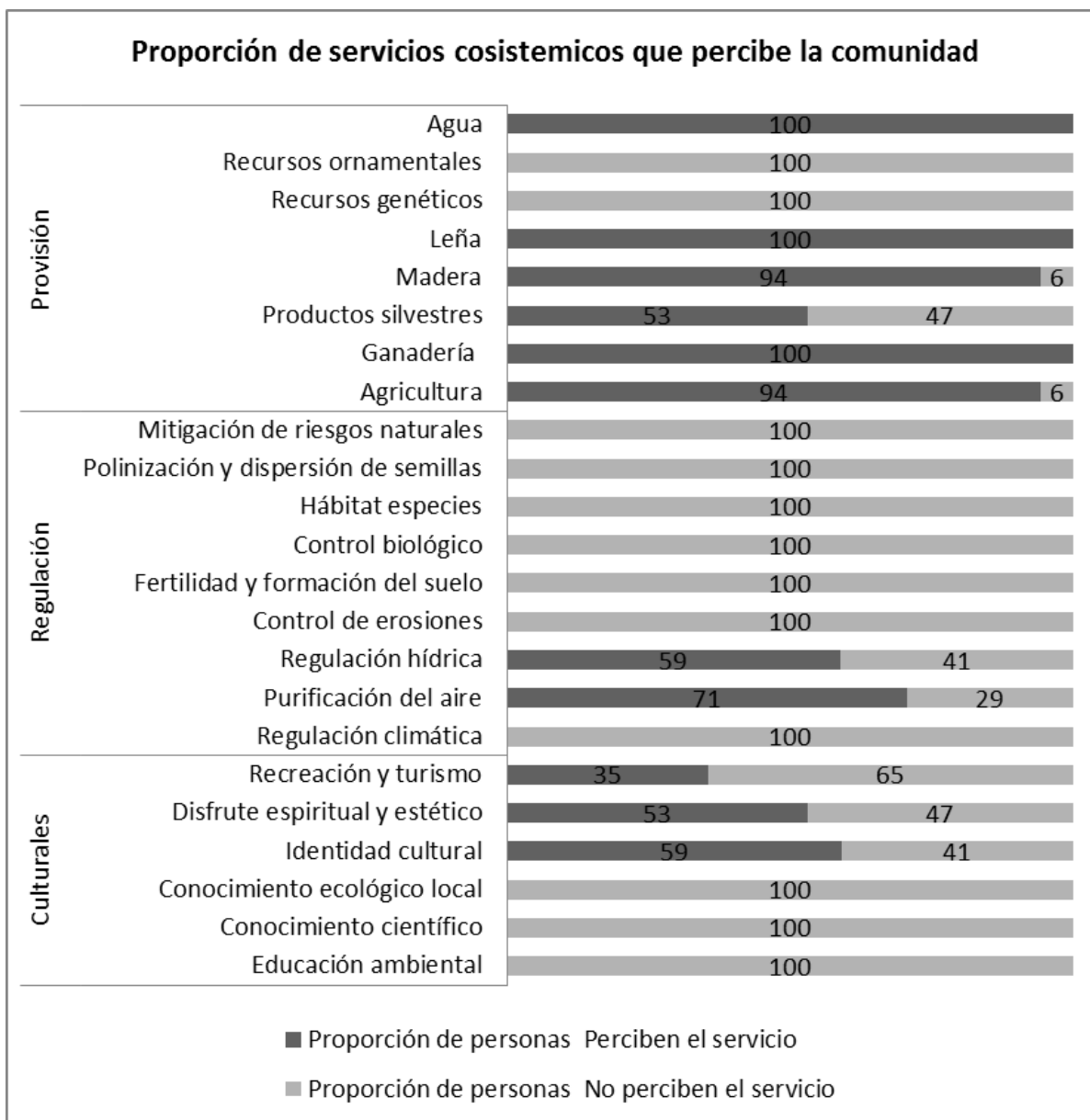
La extracción de madera y leña para construcción de cercas, elaboración de viviendas y cocción de alimentos aún está presente en el área de estudio, el total de las familias reportaron este servicio ecosistémicos, algunas de las especies más utilizadas para este fin son Encenillo (*Weinmannia spp*), Sietecueros (*Melastomataceae*), Mandur (*Clusia sp*) entre otros.

El servicio de provisión de agua es uno de los que más nombra 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 asociados a diversas actividades antrópicas.

#### **7.6.2.2 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 (Hofstede et al., 2003). 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.

Regulación hídrica: Es uno de los servicios más asociados a ecosistemas de alta montaña, en particular al páramo debido a las características ecológicas especiales (Hofstede et al., 2003). 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.



**Figura 12.** Distribución porcentual de los servicios ecosistémicos que percibe la comunidad de la vereda campamento norte del PNN Puracé.

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, seguramente se debe a que estos servicios son poco evidentes en su vida cotidiana o no los reconocen como un beneficio directo sobre sus vidas. Por tal motivo es importante fomentar el reconocimiento de estos servicios que brindan los ecosistemas.

### **7.6.2.3 Servicios culturales**

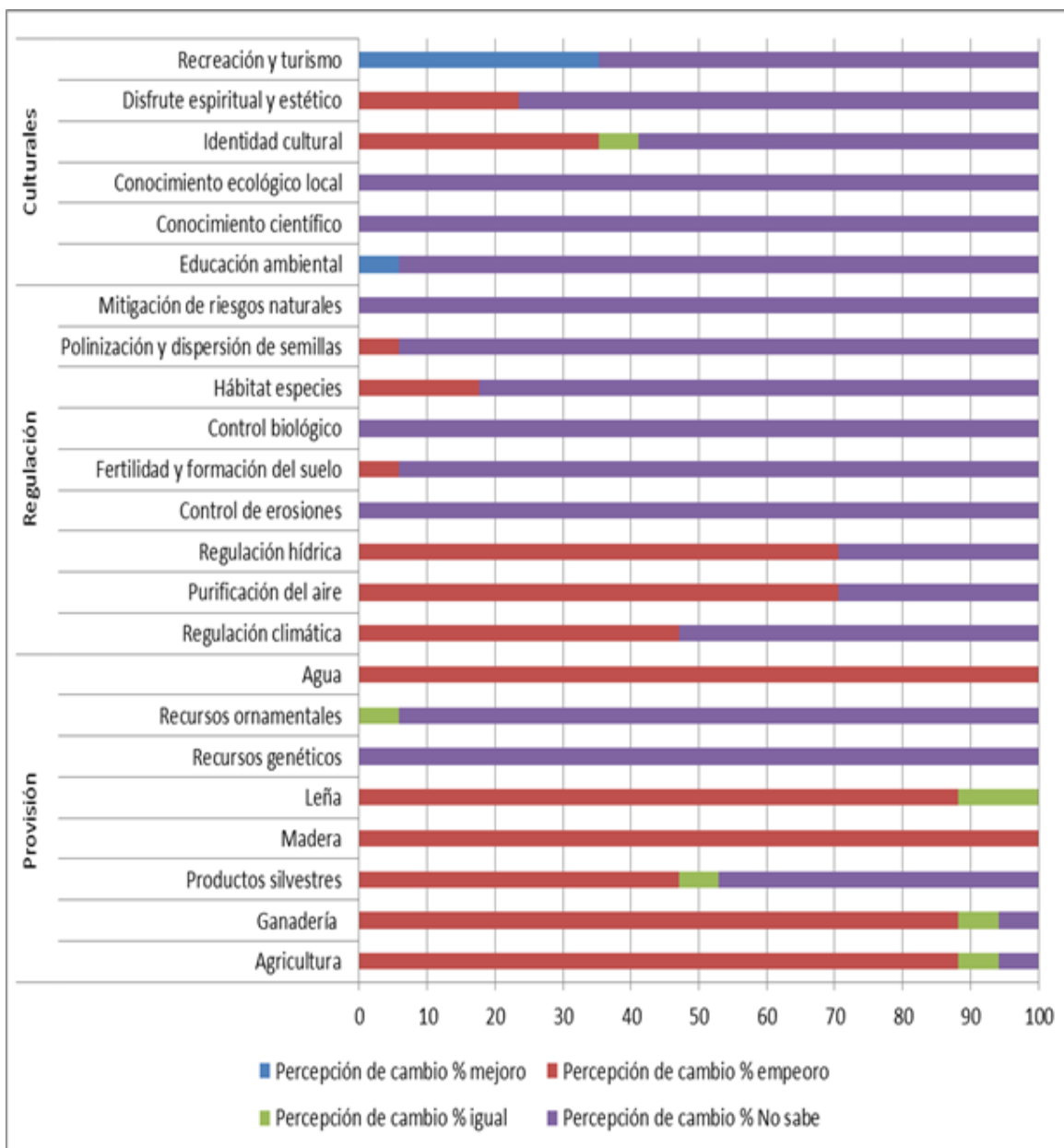
Identidad cultural: a pesar de fuertes procesos de aculturación históricos se perdieron muchas características de la cosmovisión de los Kokonucos, es así que solo el 41 % de las personas reconocen este servicio.

Recreación y turismo: la diversidad de especies del paisaje de páramo y de ecosistemas altoandinos 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 que poseían los Kokonucos y que actualmente persiste las personas de mayor edad que son la minoría de la población, contenía elementos que se constituían en barreras para que ciertas zonas no sean intervenidas por los humanos. 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.

### **7.6.3 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 a través del tiempo con especial atención en los bosques altoandinos y paramos; la mayoría de los entrevistados (96%) son conscientes de que el paisaje se modifica durante el tiempo originado por la expansión de la agricultura y la ganadería extensiva principalmente. Así mismo la mayoría de las personas encuestadas (88 %) reconocen la disminución de la mayoría de los servicios ecosistémicos. En el caso de los servicios de aprovisionamiento y regulación, estos cambios se encuentran asociados a las transformaciones de las coberturas vegetales y a factores climáticos globales, que han generado disminución en la calidad 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 así como por factores globales como la variabilidad climática (Figura 13).



**Figura 13.** Proporción de la percepción de cambio de servicios ecosistémicos en el norte del PNN Puracé.

El inadecuado ordenamiento y uso del territorio se ha traducido en un deterioro de los recursos naturales que se evidencia en la pérdida de valores ancestrales transmitidos de ancianos a niños (UASPNN, 2004), dentro de los valores culturales se prioriza la laguna de San Rafael, camino nacional, lagunillas, el buey, el complejo lagunar de Valencia y la Magdalena, volcanes Puracé y Sotara, páramos y especies como el cóndor, el oso, el armadillo y sitios asociados a la cosmovisión indígena, campesina e históricos.

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

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 ciclos mayores que aun continua (Figura 1414).

### 7.8.1 Primer ciclo; cambios del paisaje hasta la época precolombina

Según Drennan et al., (1989); L. F. Herrera y 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 sabana<sup>2</sup> y la posterior aparición del bosque altoandino. Se presenta un aumento en la acumulación de especies y de biomasa; consiste en el paso de 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); se presentaban erupciones volcánicas y las primeras intervenciones antrópicas mínimas que no logran generar cambios mayores en el sistema debido a que se tiene un gran potencial acumulado. El colapso del ciclo o paso de k a  $\Omega$  inicia con la llegada de los españoles a América, en el que se inicia un cambio de régimen y una nueva reorganización ( $\alpha$ ).

Es así, como desde épocas prehispánicas los cambios climáticos mantenía estrecha relaciones con las actividades humanas, propiciando asentamientos humanos tempranos 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).

---

<sup>2</sup> Vegetación dominada principalmente por gramíneas, asteráceas, melastomatáceas y algunos helechos

### **7.8.2 Segundo ciclo, desde la conquista y la colonia hasta el siglo XXI; dinámica de los procesos socio-ecológicos con énfasis en las coberturas vegetales.**

A la llegada de los españoles a Popayán aproximadamente en 1535 inicia un nuevo régimen socioecológico; 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, generando pérdida de las instituciones organizativas; reemplazándolas por formas de sostenimiento como la encomienda<sup>3</sup> y la hacienda. Estos procesos originan 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 convertir los ecosistemas naturales en potreros (EOT, 2000), consolidándose la ganadería en la región como una de las principales fuentes económicas (EOT, 2000). Para el siglo XVIII los indígenas ya habían cambiado su forma de vida y su relación humano naturaleza (Galeano, 2012), aunque aún se mantenía variedad de cultivos (nueva fase de conservación (k))(Velazco, 1980). El ciclo empieza a decaer debido al declive de la encomienda por muertes de la mano de obra (Cajas, 1982; Triana, 1985; Castillo, 1986; EOT, 2000; Etter, 2015) .

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  $\alpha$ ).

### **7.8.3 Tercer ciclo: la república y el inicio de los procesos de gestión ambiental**

El último ciclo inicia en el siglo XIX con el establecimiento de la nueva república, hubo una fase de reorganización institucional, el sistema tiende a la pérdida completa de los recursos naturales, paralelo al desarrollo de la agricultura se dio una fuerte inclusión de la ganadería extensiva que convirtió la región en potreros

---

<sup>3</sup>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).



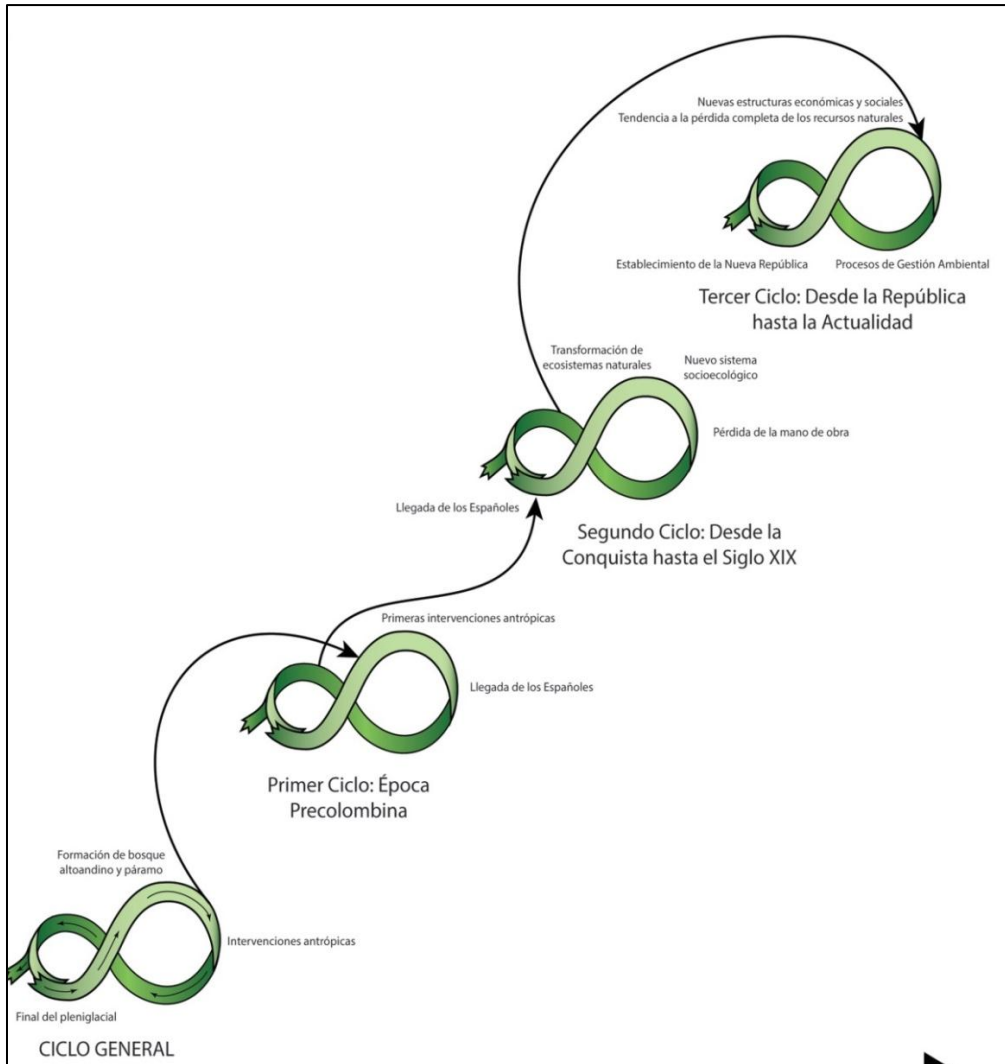
(Arboleda, 1990), se introdujeron pastizales y se intentó ocupar el páramo para la producción ganadera (Otero, 1952).

La aparición de la mina de azufre aproximadamente en 1946, la intensificación de la ganadería a partir de 1955 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 alpha a R: 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  $\Omega$ ), 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 deterioro ambiental evidenciables a través de los 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 agroquímicos (Hamilton, 1955; Cajas, 1982; Castillo, 1986; Arboleda, 1990; Cerón, 1996; Faust, 2010) (Informe Taller cabildo GEA)

Buscando establecer un nuevo régimen en este periodo se da inicio de los procesos de gestión ambiental (paso de  $\Omega$  a  $\alpha$ ), marcado por la declaración de la Gobernación del Cauca en 1961 del actual PNN Puracé como área protegida regional, que posteriormente pasa a ser manejado por el INDERENA (creado por el decreto 2420 de 1968) el cual en 1975 asigna la categoría de Parque Nacional Puracé con una extensión de 64 000 ha, época para la cual el Congreso Colombiano ya había creado el código de recursos naturales (decreto ley 2811 de 1974) (Castillo, 1986; UASPNN, 2004). Posteriormente bajo la figura del parque se asocia la Reserva de la biosfera de cinturón Andino.

Estos procesos estuvieron influenciados por eventos internacionales como la creación la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo en las Naciones Unidas (la Conferencia de la Tierra de Río de Janeiro y su Agenda 21) y la publicación del Informe Nuestro Futuro Común por parte de la Comisión Brundtland en 1987 (Galeano, 2012), que además se manifiestan en la nueva Constitución de 1991, evidenciando la dinámica de ciclos superiores conocida como panarquía.

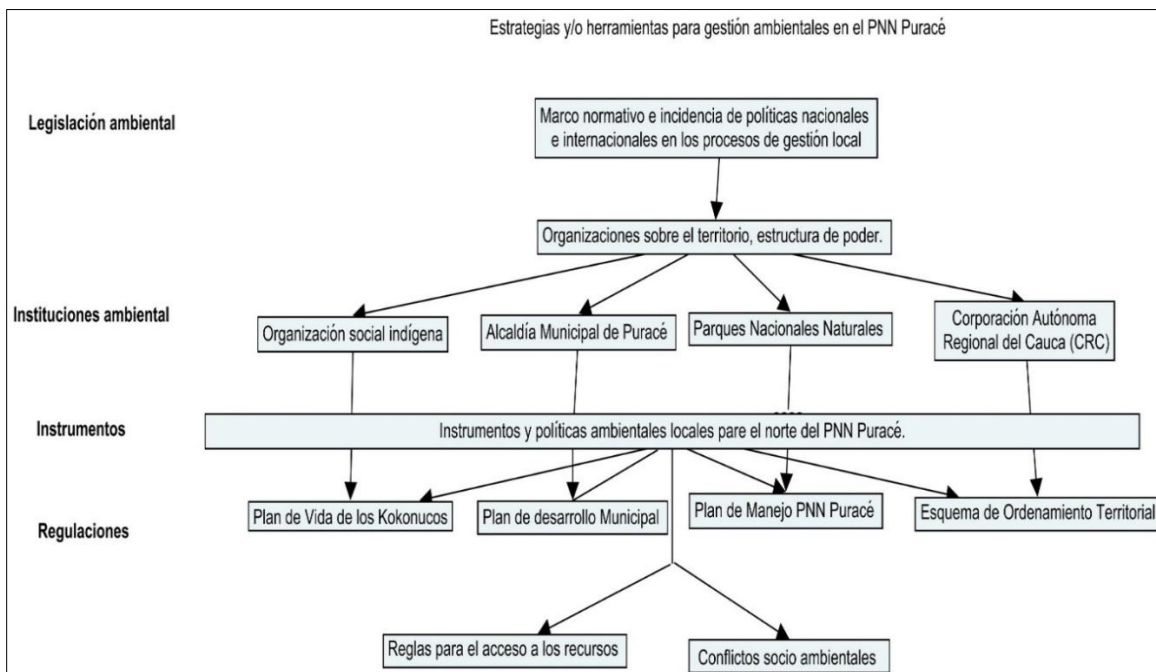


**Figura 14.** Ciclos de renovación adaptativa para el norte del PNN Puracé. Se identifican tres ciclos principales anidados en un ciclo general: El primer ciclo se presenta hasta la época Precolombina, el segundo se genera con la llegada de los españoles a la región y el tercer ciclo se genera con la aparición de la república y sus formas de pensamiento, hasta la actualidad.

Aunque con la llegada del INDERENA y las ampliaciones del PNN Puracé (198, 1977) disminuyó la cacería, la pesca y procesos de deforestación así como construyó infraestructura y generaron empleos para la región, está no fue bien recibida por los indígenas debido a que se prohibió ciertas actividades que anteriormente eran consideradas como cotidianas, así mismo se generó desconfianza por las áreas de traslape con el cabildo, ocasionando conflictos entre las dos instituciones (Galeano, 2012)(Ospina 2013).

En respuesta a la problemática de las áreas de traslape se establece un régimen de manejo especial entre el Cabildo y la dirección de Parques Nacionales (Decreto

622 de 1997); se restablecieron confianzas y se crearon expectativas para posicionar la región como un centro de desarrollo turístico (UASPNN, 2004). En este periodo se elaboran diversos instrumentos de planificación (Figura 8) entre ellos: la Agenda Ambiental Comunitaria del RI de Puracé en 1.997 impulsado por las directivas del CRIC (Galeano, 2012) y el plan de vida del RI de Puracé (1999) (Anexo 4), el Esquema de Ordenamiento Territorio (EOT) 2000 del municipio de Puracé (Anexo 5, Anexo 6), así como se formula el segundo plan de manejo del PNN Puracé en consulta con actores sociales(Anexo 7). En este periodo se vincula la CRC hasta el año 2002 con el fin de coordinar el manejo ambiental con las demás autoridades regionales (UASPNN, 2004; Galeano, 2012).



**Figura 15.** Estrategias y/o herramientas de gestión para el norte del PNN Puracé. Se podría considerar desde el inicio del proceso de la gestión ambiental el anidamiento de un nuevo ciclo en el que inicialmente se da aumento de las relaciones pero el ciclo decae debido a que no tienes la suficiente fuerza para soportar los tensores.

Según Ospina (2013) en el año 2000 es donde los indígenas empiezan a concientizarse en aspectos ambientales. La autoridad ambiental involucraba al cabildo para el manejo del área de traslape, el control de actividades como tala, caza, quema, extracción de la fauna y flora, educación ambiental y usos investigativos y medicinales y el cabildo participaba con la guardia indígena y PNN con los guardabosques. A partir de este periodo 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.

Es así como se mantuvieron relaciones entre comunidad, autoridades indígenas e instituciones de manera intermitente hasta que en el 2002 EMICAUCA (Empresa Minera Indígena del Cauca) solicitó un área para posible explotación así como se establecieron cultivos de papa y ganadería en área del PNN frente a este pedido, Parques Nacionales se opuso y se generaron confrontaciones entre dichas instituciones, echo que termino con el régimen de manejo especial que duro aproximadamente hasta 2004 (Bravo, 2011). Posteriormente reaparece la tensión entre PNN y el Resguardo por la propiedad de Pilimbalá el cual actualmente es manejado por el cabildo indígena (Galeano, 2012; Ospina, 2013).

Durante la ruptura de las relaciones entre estas dos autoridades, aumento la desconfianza entre instituciones así como los impactos ambientales en el PNN Puracé y sus alrededores (Ospina, 2013). Las comunidades indígenas manifiestan estar de acuerdo con que se conserve el agua y los recursos naturales, pero atribuyen los problemas con el parque a causas limítrofes, de autonomía y manejo de territorios así como falta de programas para el beneficio de la comunidad. Por otro lado PNN manifiesta que estas acciones son de carácter político por las restricciones de uso del suelo dispuestas por el estado cuestionándole su discurso de conservación sin ofrecer nada a cambio que garantice superar el detrimento económico de la comunidad (Galeano, 2012).

Aunque se han trabajado proyectos que buscan generar alternativas económicas viables y manejo de problemáticas ambientales y sociales involucrando diversas instituciones (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, se presenta falta de voluntad socio-institucional y carencia de recursos económicos para emerger, que pueden limitar las opciones para las generaciones futuras (Beier et al., 2009). La asignación de presupuesto para el PNN Puracé es baja, si bien algunos proyectos fortalecen transitoriamente la gestión del Parque, la escasez de recursos se traduce en insuficiencia de recursos para abordar el reto de su manejo. Así mismo, el cabildo reconoce la dificultad de anteponer la responsabilidad ambiental a la preocupación económica

La frontera agropecuaria continua expandiéndose aunque con menores proporciones que en épocas anteriores. Se exhibe el patrón común de sistemas de consumo occidentales en los que la estabilización de las actividades agrícolas (fase k) continuará impactando sobre las variables ecológicas reduciendo el potencial o el capital a través del tiempo. Es así como 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.

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. 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 que supone cambios de tradiciones y la culturales.

## 8. CONCLUSIONES

El sector norte de PNN Puracé está sujeto a procesos de intervenciones antrópicas históricas como la ganadería, la agricultura, la minería y el turismo, originados por fuerzas que operan a escalas mayores que han conducido transformaciones en el sistema socioecológico.

El paisaje del norte del PNN Puracé se encuentra dominado por una matriz herbácea que representa aproximadamente el 70 % del área total conformada por coberturas de herbazal denso de tierra firme arbolado y no arbolado.

De las coberturas descritas durante el periodo de tiempo evaluado se presentaron diferencias significativas en el Bosque abierto y el Bosque denso producto de la intensificación de las actividades antrópicas.

Los cambios en las coberturas vegetales han generado un paisaje fragmentado que conlleva principal mente a la pérdida de bosques densos y herbazal arbolado, siendo más notable en el periodo comprendido entre 1988 y 1999.

Las transformaciones del ecosistema han modificado las características estructurales y funcionales de las coberturas vegetales, comprometiendo cambios en el funcionamiento de los ecosistemas y su capacidad de generar servicios esenciales para el bienestar humano.

La variación funcional presente en pastizales antropizados y no antropizados, bosque abierto y denso en ciertos aspectos es similar, aunque si presentan diferencias en la media ponderada de la comunidad, métrica importante para medir procesos ecosistémicos que soportan gran cantidad de servicios.

La comunidad del norte del PNN Puracé reconoce 11 servicios ecosistémicos; como la provisión de alimento, agua y maderas, seguido por los servicios de regulación como 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.

Las sociedades humanas juegan un papel importante en la conformación del paisaje debido a que siempre se han cambiado su entorno para adaptarse mejor a sus necesidades cambiantes, es así como en el norte del PNN Puracé para obtener los requerimientos para la vida cotidiana se han sacrificado servicios de regulación a cambio de servicios de provisión.

Los procesos de gestión en el norte del PNN Puracé han logrado evitar que el ecosistema pase a un estado indeseable y han mejorado la visión del hombre hacia la naturaleza.

En el norte de PNN Puracé se han generado espacios de planificación los cuales deben ser direccionados hacia la integración del conocimiento, con el objetivo de obtener una comprensión con base a diferentes puntos de vista en común, entendiendo la planificación y gestión ambiental como un proceso continuo de adaptación, aprendizaje, y negociación.

El análisis de los sistemas socio ecológicos en el marco de los ciclos de renovación adaptativa permite un adecuado entendimiento desde la perspectiva histórica, entendiendo el paisaje como producto de las múltiples interacciones humano naturaleza, cuyas características espaciales y temporales han sido modificadas por las actividades humanas.

En términos de servicios ambientales la gestión de áreas protegidas debe ser participativa y sincroniza entre las comunidades humanas y las entidades encargadas de los procesos de gestión

Se debe establecer comunicación constante y complementariedad entre las prácticas de gestión de las autoridades territoriales que tiene jurisdicción y ejercen territorio sobre la zona.

## 9. RECOMENDACIONES

Se propone fomento de la gestión sostenible del paisaje inicialmente desde la demostración y sensibilización sobre los servicios ecosistémicos y su importancia para el bienestar humano.

Se recomienda reconvertir la ganadería a otros modelos, brindar apoyo y asistencia técnica para la zonificación de fincas, así como apropiar recursos y estrategias que permitan mantener los servicios ecosistémicos que brinda el norte de PNN Puracé.

Se recomienda continuar con estudios que permitan establecer relaciones entre el cambio de las coberturas vegetales y la relación con procesos y a su vez con servicios ecosistémicos a fin de generar conocimiento y herramientas útiles para la toma de decisiones en el manejo y conservación de los ecosistemas naturales.

En cuanto al análisis de diversidad funcional se recomienda incluir todos los órganos de la planta con el fin de reconocer la distribución de recursos entre sus órganos. Así mismo incluir rasgos como el contenido de P y N foliar y monitoreo fenológicos. Para evaluar servicios como la retención de agua, importantes para ecosistema de alta montaña se recomienda la incorporación de variables climáticas así como incluir rasgos como la apertura de copa, flujo caulinar, retención de agua sobre la superficie de la planta y capacidad de retención de gotas en las hojas.

Se recomienda analizar la estructura y composición funcional de otros ecosistemas como lagunas y turberas con el fin de aproximarse al entendimiento de los procesos que en ellos operan.

Se recomienda aprovechar el conocimiento tradicional y de las instituciones encargadas de la gestión ambiental, así como el fortalecimiento de la capacidad de las sociedades para gestionar la resiliencia como eje fundamental para avanzar hacia el desarrollo sostenible.

Se recomienda a las entidades encargadas del manejo ambiental de la zona de traslape, propiciar un proceso de manejo integral del ecosistema, con el fin de proteger de manera efectiva la fauna, flora y los ecosistemas estratégicos garantizando los servicios ambientales a futuras generaciones.



Se recomienda al Cabildo indígena de Puracé propiciar el fortalecimiento de cultura de sustentabilidad con el fin de implementar mejores prácticas para el uso de los sistemas naturales, que fortalezca las prácticas agroecológicas rescatando la importancia de las tradiciones culturales.

## 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.
- 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 University.
- 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. 2012. Plan de Desarrollo Municipal Puracé -Cauca 2012 - 2015. p 504.
- Allen C, Angeler D, Garmestani A, Gunderson L, Holling C. 2014. Panarchy: theory and application. *Ecosystems* 17:578-589.
- Allison H, Hobbs R. 2004. Resilience, adaptive capacity, and the lock-in trap of the Western Australian agricultural region. *Ecol. Soc.* p 9.
- 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.
- Anderson E, Marengo J, Villalba R, Halloy S, Young B, Cordero D, Gast F, Jaimes E, Ruiz D. 2012. Consecuencias del cambio climático en los ecosistemas y servicios ecosistémicos de los Andes Tropicales. En: Herzog S, Martinez R, Jorgensen P, Tiessen H, editores. Cambio climático y biodiversidad en los Andes Tropicales. Instituto Interamericano para la Investigación del cambio global (IAI), Sao José dos Campos y Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente (SCOPE). p 426. 1-22.
- Andrade G, Castro L. 2012. Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia: invitación a una interpretación socioecológica. *Ambient. y Desarro.* 16:p 53-71.
- Angeler D, Allen C, Garmestani A, Gunderson L, Hjerne O, Winder M. 2015. Quantifying the Adaptive Cycle. *PLoS One* 10:1-17.
- Aquino S. 2009. Impactos humanos en la provisión de servicios ecosistémicos por bosques tropicales muy húmedos: un enfoque de ecología funcional.
- Aramayo A, Sánchez E. 2010. Determinación de las fases de colapso en las diferentes etapas de la evolución histórico-ambiental de Cerro de Pasco (1901-2008). *Ecol. Apl.* 9:113-124.
- 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 visión de los habitantes de la región. Trabajo de Grado.
- Aretano R, Semeraro T, Petrosillo I, De Marco A, Pasimeni MR, Zurlini G. 2015. Mapping ecological vulnerability to fire for effective conservation management of natural protected areas. *Ecol. Modell.* 295:163-175.
- 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, Rodríguez N, Morales J. 2011. Understanding deforestation in montane and lowland forests of the Colombian Andes. *Reg. Environ. Chang.* 693-705.
- Armenteras D, Rodríguez N, Retana J. 2009. Are conservation strategies effective in avoiding the deforestation of the Colombian Guyana Shield? *Biol. Conserv.* 142:1411-1419.
- Armenteras D, Vargas O. 2016. Patrones del Paisaje y Escenarios de Restauración en Colombia: Acercando Escalas. *Acta Biológica Colomb.* 21:229.
- 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.
- Barona S. 2009. El trueque en los Kokonucos: Sembrando semillas de resistencia Intercambio de saberes del presente y saberes del pasado.
- 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.
- Berkes F, Colding J, Folke C eds. 2003. *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change.* Cambridge University Press.
- Bermúdez A. 2011. Efectos de la ganadería en el proceso de transformación del paisaje en el Valle de Sopó, municipio de Guasca (Cundinamarca) durante el periodo 1945-2009.
- Bocanegra-González K, Fernández-Méndez F, Galvis -Jiménez J. 2013. Resiliencia de bosques secundarios con dos grados de intervención a partir de grupos funcionales de árboles en el Bajo Calima, Colombia. En: IV Congreso Sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad. La Habana. p 118.
- Botequilha-Leitão A, Ahern J. 2002. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landsc. Urban Plan.* 59:65-93.
- 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.* [Internet] 59:65-93.
- Cabrera M, Dulvenvoorden J, Rodríguez M, Velásquez G. 2013. Qué nos dicen los valores de los atributos funcionales y la diversidad funcional de las plantas vasculares de páramo a lo largo de gradientes ambientales? En: VII Congreso Colombiano de Botánica. Ibagué.

- Caillon S, Degeorges P. 2007. Biodiversity: negotiating the border between nature and culture. *Biodivers. Conserv.* 16:2919-2931.
- Cajas J. 1982. Industrias Puracé S.A. Sobre el proceso de transformación de indígenas a obreros y crisis medioambiental.
- Calvente A. 2007a. Resiliencia: un concepto clave para la sustentabilidad. Programa Difusión e Investig. en Sustentabilidad, Cent. Altos Estud. Glob.:4.
- Calvente A. 2007b. 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)*.
- 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. 2011. Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. *Ser. Técnica. Inf. Técnico*.
- Castellano-Castro C, Bonilla M. 2011. Grupos funcionales de plantas con potencial uso para la restauración en bordes de avance de un bosque Altoandino. *Acta Biológica Colomb.* 16:175-184.
- Castillo D. 1986. Monografía del Municipio de Puracé.
- 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.
- Chuvieco E. 1996. *Fundamentos de teledetección espacial*. Ediciones Rialp.
- 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
- Colwell R. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.0. Available from: <http://purl.oclc.org/estimates>

- 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.
- Córdova-Tapia F, Zambrano L. 2015. La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Rev. Ecosistemas* 24:78-87.
- 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.
- 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.
- 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.
- Díaz S, Cabido M. 2001. Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends Ecol. Evol.* 16:646-655.
- 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 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.
- Duque A, Rangel-Ch O. 1986. Analisisfitosociologico del la vegetación paramuna del Parque Nacional Natural Puracé. *Caldasia*:70.
- Eastman J. 2012. Idrisi Selva. Worcester, MA Clark University.
- Ellis E. 2011. Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.* 369:1010-1035.
- EOT. 2000. Esquema de ordenamiento territorial. Municipio de Purace.
- 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., Colombia.
- Faust F. 1994. La Cultura de los Indígenas en el Macizo Colombiano, Una Cultura del Marco Andino. Noved. Colomb. Contrib. científicas:95.
- Faust F. 2010. La cosmovisión de los coconucos y los yanaconas en su arquitectura. *Boletín Antropol.* 18:350-360.
- Figueroa A, Valencia M. 2009. Ecología y fragmentación. En: Figueroa 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.
- 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, 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, Elmqvist T, Gunderson L, Holling C. 2004. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*:557-581.
- Forman R. 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landsc. Ecol.* 10:133-142.
- Galeano M. 2012. Políticas ambientales de los indígenas Kokonucos 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.
- García-Frapolli E, Toledo V. 2008. Evaluación de sistemas socioecológicos en áreas protegidas: un instrumento desde la economía ecológica. *Argumentos (México, D.F.)* 21:103-116.
- 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: *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.
- 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., Colombia.
- Gonzales L. 2011. Viabilidad de las técnicas de ecología del paisaje, en el proceso de toma de decisiones del uso del terreno.
- 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, Holling C. 2001. *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems.* Island Press.
- 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.
- Herrera J. 2011. El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. *Rev. Ecosistemas* p 20.
- 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 (Perfil15) 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.
- Hobbs R. 1997. Future landscapes and the future of landscape ecology. *Landsc. Urban Plan.* 37: p 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.:*p 1-23.
- Holling C. 1986. The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change. *Sustain. Dev. Biosph.:*292-317.
- 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.
- IALE. 2015. Landscape ecology: what is it? Available from: <http://www.landscapeecology.org/index.php?id=13>
- IDEAM. 2001. Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Bogotá, DC.
- IDEAM. 2016. Registro historico estaciones meteorologicas: San Juan, Termales

- Pilimbalá, San Rafael y PNN Puracé. Sistema de información. IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, Sinchi I, IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogotá, D. C.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2012. Cartografía de Paramos de Colombia Esc 1: 100.000 Proyecto:Actualización del Atlas de Paramos de Colombia. Convenio interadministrativo de asociación 11-103, IAvH y Miniambiente y desarrollo sostenible.
- IPCC. 2002. Intergovernmental Panel on Climate Change. climate changes and biodiversity.
- Jaeger J. 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landsc. Ecol.* 15:115-130.
- Joaquí S. 2017. Capacidad de adaptación social y ecosistémica para la alta montaña andina. Tesis doctorado Ciencias Ambientales, Universidad del Cauca.
- Joaqui S. 2005. Analisis multitemporal de las coberturas vegetales para ecotopos paramunos caracterizando las intervenciones antropicas, en una ventana del Parque Nacional Natural Puracé. Universidad del Cauca.
- Joaqui S, Figueroa A. 2014. Factores que determinan la resiliencia socio-ecológica para la alta montaña andina. *Rev. Ing. Univ. Medellín* 13:45-55.
- 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.
- 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.
- Maeshiro R, Kusumoto B, Fujii S, Shiono T, Kubota Y. 2013. Using tree functional diversity to evaluate management impacts in a subtropical forest. *Ecosphere* 4:1-17.
- 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, 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, Montes C. 2011. 5.1. Los sistemas socio-ecológicos: entendiendo las relaciones entre la biodiversidad y el bienestar humano.
- 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. Universidad del Cauca.
- 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.
- McGarigal K. 2015. FRAGSTATS HELP. :182. Available from: <https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf>
- 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.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Synthesis report Opportunities and Challenges for Business and Industry. World Resources Institute. Washington, DC.: Millennium Ecosystem Assessment.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. 2002. Congreso Mundial de Páramos. En: Jaramillo CA, editor. Programa Nacional Para el Manejo Sostenible y Restauración de Ecosistemas de la Alta Montaña Colombiana: Páramos. Paipa, Boyacá - Colombia. p 50-56.
- 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.
- Morales-Betancourt J, Estévez-Varón J. 2006. El páramo: ¿ ecosistema en vía de extinción? *Rev. Luna Azul.*
- Morales-Rivas M, Otero-García J, van der Hammen T, Torres-Perdigón A, Cadena-Vargas CE, Pedraza-Peñaloza CA, Rodríguez-Eraso N, Franco-Aguilera CA, Betancourth-Suárez JC, et al. 2007. Atlas de páramos de Colombia. Bogotá Inst. Investig. Recur. Biológicos Alexander von Humboldt.
- 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.

- Mouchet M, Villegger S, Mason N, Mouillot D. 2010. Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Funct. Ecol.* 24:867-876.
- 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.
- Negrão R. 2000. Notas de clases dictadas en el II Curso internacional de aspectos geológicos de protección ambiental: Campinas, S, Brasil, 5 al 20 de junio de 2000. :37.
- Ospina D. 2013. La Identidad Indígena de los Kokonucos 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.
- Páez K, Pérez Á, H A, Cardona A, Hernández L, Mafla H, Niño M. 2011. Aspectos del cambio climático y adaptación en el ordenamiento territorial de alta montaña. Guía Metodológica, caso piloto, Proyecto nacional de adaptación al cambio climático –INAP– componente B.
- Palacio G, González J, Yepes P, Carrizosa J, Palacio L, Montoya C, Márquez G. 2001. Naturaleza en disputa. Ensayos de historia ambiental de Colombia 1850-1995.
- 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.
- 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.*
- Petchey O, Gaston K. 2002. Extinction and the loss of functional diversity. *Proc. R. Soc. London B Biol. Sci.* 269:1721-1727.
- Petchey O, Gaston K. 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecol. Lett.* 9:741-758.
- 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.
- PNGIBSE. 2012. Política Nacional para la gestión integral de la biodiversidad y de sus servicios ecosistémicos. Ministerio del Medio Ambiente.

- 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.
- Prieto A, Rudas A, Casanoves F, Phillips O, Rangel O. 2013. Diversidad funcional de la Vegetación en Colombia. En: Quimbayo M, Billanueva B, editores. *Diversidad funcional en dos bosques amazónicos de tierra firme en una cronosecuencia y el cambio climático*. Universidad del Tolima, Ibagué.
- 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 ecologia 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.
- 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*.
- Rescia A, Pons A, Lomba I, Esteban C, Dover J. 2008. Reformulating the social–ecological system in a cultural rural mountain landscape in the Picos de Europa region (northern Spain). *Landsc. Urban Plan.* 88:23-33.
- Rescia A, Willaarts B, Schmitz M, Aguilera P. 2010. Changes in land uses and management in two Nature Reserves in Spain: Evaluating the social–ecological resilience of cultural landscapes. *Landsc. Urban Plan.* 98:26-35.
- Resguardo Indígena de Puracé, Central de Cooperativas Agrarias, Konrad-Adenauer-Stiftung. Außenstelle Bogotá. 1999. Plan de vida resguardo Indígena de Puracé : Cabildo Indígena de Puracé -Departamento del Cauca.
- Resilience Alliance. 2013. *Adaptative cicle* . Available from: [http://www.resalliance.org/index.php/adaptive\\_cycle](http://www.resalliance.org/index.php/adaptive_cycle)
- Rodríguez N, Fernández F, Melo O. 2012. Rasgos de diversidad funcional para especies andinas ubicadas en el área amortiguadora del parque nacional natural Los Nevados. En: *Biodiversidad forestal. Colombia Forestal*, 15(Supl. 1). p 33.
- Rose L. 2005. Caracterizacion de unidades del paisaje en el Parque Nacional Natural Puracé.
- 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. Bogotá D.C.
- Ruiz D, Martinez J, Figueroa A. 2015. Agricultura sostenible en ecosistemas de

- alta montaña. *Biotechnol. 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.
- Saldaña A. 2013. Relación entre riqueza de especies y diversidad funcional de atributos foliares en dos ensamblajes de especies siempreverdes de un bosque templado lluvioso. *Gayana. Botánica* 70:177-187.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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. 2004. Plan de Manejo Parque Nacional Natural Puracé. :225.
- 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.
- Victorino A. 2012. Bosques para las personas: memorias del Año Internacional de los Bosques, 2011. Instituto Humboldt.
- Vila S, Llausàs P, Ribas P, Varga D. 2006. Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. En: Documents d'anàlisi geogràfica. . p 151-166.
- 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.
- Villéger S, Miranda J, Hernández I. 2010. Contrasting changes in taxonomic vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. Ecol. Appl. 20:1512-1522.
- Violle C, Navas M, Vile D, Kazakou E, Fortunel C, Hummel I, Garnier E. 2007. Let the concept of trait be functional! Oikos 116:882-892.
- Vitousek P, Mooney H, Lubchenco J, Melillo J. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. Science (80-. ). 277:494-499.
- Wang S-H, Huang S-L, Budd W. 2012. Resilience analysis of the interaction of between typhoons and land use change. Landsc. Urban Plan. 106:303-315.
- Weitzenfeld H. 1990. Manual básico de evaluación del impacto en el ambiente y la salud de proyectos de desarrollo; versión preliminar. Eco.
- Wu J. 2013. Landscape Ecology. En: Leemans R, editor. Ecological Systems. Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Vol. 1. New York: Springer New York. p 179-200.

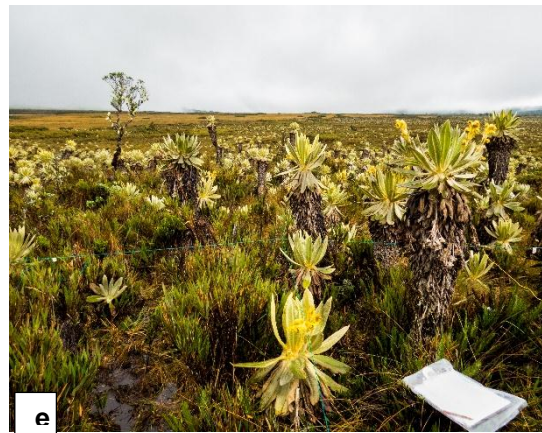
## ANEXOS

### Anexo 1. Ficha entrevista semiestructurada aplicada en el norte de PNN Puracé

Análisis de transformaciones del paisaje en el norte del PNN Puracé					
<b>Entrevista No.</b>		<b>Fecha:</b>		<b>Lugar:</b>	
Actor:		Edad:		Sexo:	
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?					
<b>Provisión:</b> Alimento, agua, recursos ornamentales, recursos genéticos, leña, madera, productos silvestres, ganadería y agrícolas <b>Culturales:</b> recreación y turismo, disfrute espiritual y estético, identidad cultural, conocimiento ecológico local, conocimiento científico, educación ambiental <b>Regulación:</b> 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.					
¿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?	
<b>Observaciones:</b>					



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



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

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 luteynii</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	1	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 lanciolides</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 y 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	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	0	0	
	<i>Miconia orcheotoma</i> Naudin	1	1	1	1	1	1	1	1	0	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	0	0	1	1	1	1	
	<i>Miconia salicifolia</i> (Bonpl. Ej Naudin) Naudin	0	0	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	0	
		<i>Miconia</i> sp. 2	1	0	0	1	0	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	0	
		<i>Miconia</i> sp. 4	1	1	0	1	0	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	0	
		<i>Miconia</i> sp. 6	0	1	1	1	0	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	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	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	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	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	0	
	Primulaceae	<i>Myrsine dependens</i> (Ruiz y Pav.) Spreng.	0	0	1	1	0	1	0	1	0	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	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	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	0	
		<i>Palicourea</i> sp.	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Rubiaceae	<i>Solanum asperolanatum</i> Ruiz y Pav.	0	0	0	0	0	0	1	1	0	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	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	0	
	Verbenaceae	<i>Greigia</i> sp. 1	0	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	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	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	0
		<i>Rhynchospora schiedeana</i> (Schltdl.) Kunth	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
	Cyperaceae	<i>Chusquea cf. acuminata</i> Döll	0	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	0	1	0	0	1	1	0	1	1
	Poaceae	<i>Chusquea</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
		<i>Chusquea tessellata</i> Munro	0	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	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	0
		<i>Blechnum cf. auratum</i> (Fée) R.M. Tryon y Stolze	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
Pteridófitos	Blechnaceae	<i>Blechnum loxense</i> (Kunth) Hook. ex Salomon	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	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	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	0
	Dicksoniaceae	<i>Jamesonia imbricata</i> (Sw.) Hook. y Grev.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
	Pteridaceae	<b>Total</b>	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
Sussistema físico biótico	Bosque Nativo	Reforestar con especies nativas las quebradas y manantiales que abastecen y abastecerán acueductos veredales e interveredales	Establecimiento de viveros temporales en puntos principales de las subcuencas que integran la red hidrográfica. Sembrando especies. Hacer mantenimiento a las plantas sembradas	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, CRC, CAM, FEDECAFE	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 indígenas, UASPNN, CAM, CRC
	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. 20003- 2005 continuación del aislamiento. 2009 recuperación de la ronda de los ríos y quebradas	Regular los niveles de caudal de las fuentes hídricas en el Municipio de Puracé – Coconuco..			
	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	Construcción de bebederos para el ganado fuera de la franja de protección	Identificación y construcción de bebederos fuera de la franja de protección, dando prioridad a las fuentes hídricas que abastecen		Mejoramiento de la calidad del agua en el Municipio de Puracé – Coconuco.	

		ríos.	de manantiales, ríos y quebradas.	acueductos.		
				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 Pailetera.	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.		Regulamiento 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	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 Purace.
		Poblados. Produciendo abono orgánico por diferentes sistemas				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, jutas 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 Mpal.	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 PNN Puracé

Componente	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.			
	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	303.455.887
	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	