

MECANISMOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS
SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL BOSQUE ALTOANDINO COLOMBIANO

ADRIANA PAOLA CUELLAR MAYORGA
INGENIERA FORESTAL

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
MAESTRÍA EN DESARROLLO SUSTENTABLE Y GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C. OCTUBRE DE 2021

MECANISMOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS
SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL BOSQUE ALTOANDINO COLOMBIANO

ADRIANA PAOLA CUELLAR MAYORGA
INGENIERA FORESTAL

TESIS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER EN
DESARROLLO SUSTENTABLE Y GESTIÓN AMBIENTAL

DIRECTOR

Ph.D. (c) JAIME ALBERTO MORENO GUTIÉRREZ
PROFESOR ASOCIADO FAMARENA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
MAESTRÍA EN DESARROLLO SUSTENTABLE Y GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C. OCTUBRE DE 2021

**MECANISMOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA CONSERVACIÓN DE
LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL BOSQUE ALTOANDINO
COLOMBIANO**

TESIS DE INVESTIGACIÓN

Presentado como requisito parcial para optar al título de Magister en Desarrollo Sustentable y
Gestión Ambiental

Nota de aceptación

Ph.D. (c) Jaime Alberto Moreno Gutiérrez
Director de tesis

Firma jurado 1

Firma jurado 2

BOGOTÁ D.C. OCTUBRE DE 2021

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios, por brindarme salud, sabiduría, protección, fortaleza y fuerza para superar obstáculos de la vida.

A mi madre por su comprensión, apoyo y ánimo a lo largo de este proceso de formación.

A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y a los profesores de la Maestría en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental por contribuir a lo largo de este proceso formativo a mi crecimiento profesional.

A mi director de tesis Jaime Moreno por sus orientaciones, acompañamiento, paciencia, comprensión y dedicación a lo largo de esta investigación

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	16
3.1 OBJETIVO GENERAL	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4. MARCO TEÓRICO.....	17
4.1 ELEMENTOS CONCEPTUALES Y TEÓRICOS	17
4.1.1 Gestión ambiental.....	17
4.1.2 Servicios ecosistémicos.....	18
4.1.3 Bosques altoandinos.....	23
4.2 TÉCNICAS Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	24
4.2.1 Revisión sistemática.....	24
4.2.2 Método de Análisis Estructural: Matriz de impactos cruzados Multiplicación aplicada a una clasificación (MicMac)	24
4.2.3 Prospectiva	26
5. MARCO GEOGRÁFICO	30
6. MARCO NORMATIVO	34
6.1 REFERENTES NORMATIVOS E INSTRUMENTOS DE GESTIÓN A NIVEL NACIONAL.....	34
6.2 ORIENTACIONES INTERNACIONALES	36
7. MATERIALES Y MÉTODOS	38
7.1 FASES METODOLÓGICAS	38
7.2.1 Fase 1. Identificación y tipificación de los servicios ecosistémicos y factores incidentes en la generación / degradación de los servicios ecosistémicos del bosque altoandino.....	39
7.2.2 Fase 2. Determinación de variables clave para la generación de mecanismos de gestión ambiental del bosque altoandino	41
7.2.3 Fase 3. Análisis prospectivo hacia una gestión ambiental efectiva	46
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53

8.1 FASE 1. IDENTIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL BOSQUE ALTOANDINO	53
8.1.1 Abordaje de los servicios ecosistémicos de los bosques en Colombia reportados en artículos científicos	53
8.1.2 Análisis del estudio de los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos en Colombia	59
8.1.3 Determinación de factores incidentes en la generación / degradación de los servicios ecosistémicos del bosque altoandino	67
8.2 FASE 2. DETERMINACIÓN DE VARIABLES CLAVE PARA LA GENERACIÓN DE MECANISMOS DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL BOSQUE ALTOANDINO	68
8.2.1 Descripción de factores	68
8.2.2 Identificación de influencias directas entre variables	79
8.2.3 Identificación de influencias directas potenciales entre variables	84
8.2.4 Identificación de influencias indirectas entre variables	87
8.2.5 Identificación de influencias indirectas potenciales entre variables	90
8.2.6 Determinación de variables clave	93
8.3 FASE 3 ANÁLISIS PROSPECTIVO HACIA UNA GESTIÓN AMBIENTAL EFECTIVA	95
8.3.1 Exploración preliminar de cambios deseados y temidos	95
8.3.2 Análisis de probabilidades y construcción de escenarios prospectivos	100
8.3.3 Construcción de los mecanismos de gestión ambiental	116
9. CONCLUSIONES	122
10. RECOMENDACIONES	125
11. REFERENCIAS	126
12. ANEXOS	140

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Enfoques y desarrollo de los servicios ecosistémicos</i>	20
Tabla 2. <i>Localización de los bosques altoandinos en Colombia.</i>	31
Tabla 3. <i>Legislación asociada a la biodiversidad e institucionalidad ambiental nacional</i> 34	
Tabla 4. <i>Principales orientaciones internacionales en materia de gestión de la biodiversidad</i>	36
Tabla 5. <i>Matriz de calificación de influencia directa</i>	42
Tabla 6. <i>Tipología de variables según el plano de influencia y dependencia indirecta potencial.</i>	43
Tabla 7. <i>Matriz del cambio para análisis de las variables clave.</i>	48
Tabla 8. <i>Análisis probabilístico realizado</i>	50
Tabla 9. <i>Enfoques de estudio y técnicas de análisis de los Servicios Ecosistémicos a nivel mundial.</i>	53
Tabla 9. <i>Tipos de servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos colombianos</i>	60
Tabla 10. <i>Determinación preliminar de los factores incidentes en la generación y/o degradación de los Servicios Ecosistémicos del bosque altoandino colombiano.</i>	67
Tabla 11. <i>Porcentaje de motricidad de las variables</i>	79
Tabla 12. <i>Porcentaje de dependencia de las variables</i>	80
Tabla 13. <i>Abreviatura de la denominación de las variables para el análisis MicMac.</i> ..	81
Tabla 14. <i>Ubicación de las variables en el plano de influencia y dependencias directas</i> 82	
Tabla 15. <i>Ubicación de las variables en el plano de influencia y dependencias directas potenciales</i>	85
Tabla 16. <i>Ubicación de las variables en el plano de influencia y dependencias indirectas potenciales</i>	88
Tabla 17. <i>VARIABLES CLAVE DE LOS BOSQUES ALTOANDINOS IDENTIFICADAS</i>	94
Tabla 18. <i>Hipótesis de futuro base para el análisis de probabilidad SMIC PRO EXPERT</i>	100
Tabla 19. <i>Valores para las probabilidades simples netas</i>	101
Tabla 20. <i>Probabilidades condicionales netas de “SI” realización</i>	106
Tabla 21. <i>Probabilidades condicionales netas de “NO” realización</i>	107
Tabla 22. <i>Matriz de probabilidades de escenarios</i>	109
Tabla 23 <i>Escenario apuesta a 2030</i>	113
Tabla 24. <i>Marco de gestión para la conservación de los SSEE del bosque altoandino colombiano</i>	118

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Distribución espacial del bosque altoandino en Colombia.</i>	33
Figura 2. <i>Fases metodológicas para la formulación de mecanismos de gestión ambiental para la conservación de los servicios ecosistémicos del bosque altoandino colombiano</i> 38	
Figura 3. <i>Técnica de análisis de los SSEE más utilizada en Colombia de acuerdo con el índice de citación (Q).</i>	55
Figura 4 <i>Principales enfoques de estudio de los SSEE en Colombia de acuerdo al valor acumulado del Índice (Q) de las técnicas de análisis.</i>	56
Figura 5. <i>Denominaciones de bosques encontrados en el análisis de los artículos científicos de los bosques en Colombia.</i>	57
Figura 6. <i>Enfoques de estudio de los servicios ecosistémicos en Colombia.</i>	58
Figura 7. <i>Nivel de importancia de los servicios ecosistémicos identificados en los bosques altoandinos de Colombia.</i>	61
Figura 8. <i>Vulnerabilidad de oferta de servicios en Colombia</i>	63
Figura 9. <i>Trayectoria de cambio y evolución para un bosque altoandino</i>	63
Figura 10. <i>Plano de influencias directas</i>	82
Figura 11. <i>Relaciones de influencia directa al 100%</i>	83
Figura 12. <i>Plano de influencias directas potenciales</i>	85
Figura 13. <i>Relaciones de influencia directa potenciales al 100%</i>	86
Figura 14. <i>Ranking de clasificación de relaciones directas y directas potenciales</i>	87
Figura 15. <i>Plano de influencias indirectas</i>	88
Figura 16. <i>Relaciones de influencia indirecta al 100%</i>	90
Figura 17. <i>Plano de influencias indirectas potenciales</i>	91
Figura 18. <i>Relaciones de influencia indirecta potenciales al 100%</i>	92
Figura 19. <i>Ranking de clasificación de relaciones de influencia directas potenciales e indirectas potenciales.</i>	93
Figura 20. <i>Probabilidades asignadas para la hipótesis 1 para los cuatro grupos de actores expertos</i>	103
Figura 21. <i>Probabilidades asignadas para la hipótesis 2 para los cuatro grupos de actores expertos</i>	103
Figura 22. <i>Probabilidades asignadas para la hipótesis 3 para los cuatro grupos de actores expertos</i>	104
Figura 23. <i>Probabilidades asignadas para la hipótesis 4 para los cuatro grupos de actores expertos</i>	105
Figura 24. <i>Probabilidades asignadas para la hipótesis 5 para los cuatro grupos de actores expertos</i>	105
Figura 25. <i>Probabilidades asignadas para la hipótesis 6 para los cuatro grupos de actores</i>	106
Figura 26. <i>Histograma de la influencia de las hipótesis base para construcción de escenarios prospectivos</i>	107

Figura 27. <i>Histograma de las dependencias de las hipótesis base para construcción de escenarios prospectivos</i>	108
Figura 29. <i>Proximidades entre los cuatro grupos de experto y los 64 escenarios establecidos</i>	111
Figura 28. <i>Histograma de probabilidad de escenarios</i>	112

INTRODUCCION

Conceptualmente desde la década de los 70, la definición de servicio ecosistémico – SSEE han evolucionado desde perspectivas exclusivamente ecológicas, sociales, o económicas hasta alcanzar perspectivas integrales socioecológicas-económicas, en las que se ve inmersa de forma directa e indirecta el bienestar de las comunidades, constituyendo vínculos entre las funciones de los ecosistemas y el bienestar humano (TEEB, 2010; Gómez-Baggethun & Barton, 2013; Villareyna, Avelino, & Cerda, 2020).

A nivel global se reconoce que la biota de ecosistemas de montaña, especialmente las especies de alta montaña en el Neotrópico, son particularmente sensibles a los efectos del cambio climático y presiones antrópicas a razón de los restringidos rangos térmicos, altos requerimientos energéticos y la potencial reducción de la distribución de las especies debido al aumento de temperatura y pérdida del hábitat (Bosques andinos, 2020). En Colombia, de acuerdo con Velasco-Linares & Vargas (2008) los bosques con mayor presión por colonización, y con las más altas tasas de deforestación son los existentes en los ecosistemas de montaña y alta montaña, los cuales han presentado grandes transformaciones en los últimos dos siglos, alcanzando niveles de transformación que han pasado del 70 al 93% como producto del incremento de la densidad poblacional al conformar nuevos asentamientos humanos, consumo de leña, expansión de la frontera agropecuaria entre otros, que ha conllevado a la pérdida y disminución de la cobertura vegetal, cambios en los patrones de distribución de las especies, alteración de la estructura y funcionalidad del ecosistema.

Partiendo de la importancia en términos de biodiversidad que albergan los ecosistemas de alta montaña en el país, específicamente el bosque altoandino, y el objeto de la relación con la gestión ambiental, algunos autores han formulado diversos métodos y técnicas de análisis y valoración para los servicios ecosistémicos, con el fin de conocer el estado de conservación y medidas de manejo que requieren ser implementadas; sin embargo, son escasos los estudios que involucran el reconocimiento de los servicios bajo un enfoque institucional, o como herramienta útil para toma de decisiones de conservación de estos bosques, pese a que cada vez presentan una mayor intervención y degradación de los recursos naturales; por lo tanto, la presente investigación, giró en torno a la formulación de Mecanismos efectivos de Gestión Ambiental para la conservación de los servicios ecosistémicos del bosque altoandino colombiano en un horizonte a mediano plazo

(diez años), bajo un marco de análisis estructuralista a partir del desarrollo de tres fases metodológicas.

En la primera fase, se adelantó una revisión sistemática de 52 documentos para conocer el análisis general de los servicios ecosistémicos en los bosques de Colombia, y posteriormente se efectuó una segunda revisión de 44 documentos, con el fin de identificar los principales servicios ecosistémicos derivados de los bosques altoandinos colombianos y determinar preliminarmente factores incidentes en la generación / degradación de los servicios ecosistémicos.

En la segunda fase, se analizaron los factores incidentes en la generación / degradación de los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos, para los que se construyó una matriz de influencia directa, con el fin de determinar cuáles de estos factores inciden mayoritariamente en el bienestar humano. Se establecieron relaciones causales, con el fin de determinar variables incidentes en la conservación de los servicios ecosistémicos. Posteriormente, se identificó y priorizó a partir de las variables establecidas, aquellas clave para la conservación de los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos, haciendo uso del software MIC-MAC Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación, para relacionar los factores incidentes de mayor influencia y dependencia. Se realizó un ejercicio de modelación con MIC-MAC para representar la realidad de las relaciones que ocurren entre los distintos factores incidentes identificados, y se construyó planos de influencias directas e indirectas para identificar los relacionamientos entre las variables.

En la tercera fase, establecidas las variables clave, se definieron las hipótesis de sus potenciales cambios a futuro para a partir de ellas y del software SMIC PROB EXPERT, construir posibles escenarios futuros materializables para una gestión ambiental efectiva que hiciera concomitante los intereses de la sociedad con los posibles despliegues de capacidades institucionales para su materialización. Finalmente, el desarrollo de las tres fases metodológicas, permitió construir la propuesta de mecanismos efectivos de gestión ambiental para la conservación de los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos en Colombia, los cuales orientan sobre las estrategias a cometer, los objetivos a implementar, y las metas a conseguir para una gestión ambiental efectiva del bosque altoandino que permita alcanzar el escenario apuesta para su conservación y la perpetuación de los SSEE conexos de los mismos en un horizonte de diez años.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los recursos naturales se configuran para las sociedades humanas en bienes o servicios de acuerdo a las necesidades que satisfacen. La mayoría de los ecosistemas naturales son utilizados para beneficiarse prioritariamente de uno o varios servicios, sin considerar su capacidad de resiliencia, lo que conlleva a generar presiones sobre la biodiversidad reflejándose en la degradación de los servicios ecosistémicos, e incidiendo directa e indirectamente en el bienestar humano (Diaz, Fargione, Chapin, & Tilman, 2006; Castañeda, 2013).

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio-MEA (2005) sentó, en gran parte, las bases para la conceptualización de los servicios ecosistémicos, convirtiendo actualmente sus categorías de clasificación en el marco más utilizado para entender su relación con el bienestar humano. Esta evaluación se elaboró sobre la base del enfoque de ecosistemas del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), bajo el cual, la toma de decisiones y su consecuente gestión, se realiza con una aproximación hacia una estrategia para el manejo integrado del suelo, el agua y los recursos vivos, promoviendo su conservación y uso sostenible de forma justa y equitativa (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012); sin embargo, esta estrategia se plantea de modo general para todos los ecosistemas del país, sin tener en cuenta las características propias de los mismos, sus singularidades y peculiaridades, evidenciando que rara vez están sujetos a una forma de gestión o regulación que se aplique de forma clara en la que todos los actores la entiendan, por lo que centrarse en la conceptualización e interconexión de los servicios derivados de un ecosistema en particular, permitirá un abordaje más claro para el diseño de procesos singulares y apropiados con la consecuente implementación y monitoreo de la gestión (GIZ, 2012).

En los últimos años la conceptualización de los servicios ecosistémicos desde un ámbito científico ha ido en aumento, y del mismo modo, la incorporación del concepto al interior de la gestión ambiental territorial; sin embargo, de acuerdo con la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios ecosistémicos 2012, la baja capacidad de adaptación al cambio que presentan las instituciones ambientales, hace que se genere largos tiempos de respuesta a los cambios territoriales, haciendo que la gestión ambiental se considere ineficiente al reflejarse lenta, poco flexible, y con baja capacidad de innovación. Aunado a lo anterior, la gestión de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en el país, se ha enfocado principalmente en la declaratoria de áreas protegidas u otras áreas de manejo especial, las cuales, aunque son estrategias

de gran importancia para la conservación, solo contemplan porciones puntuales del territorio, además de no considerar las condiciones propias de cada ecosistema, dificultando su manejo integral y limitando la sostenibilidad territorial (Londoño et.al, 2020).

En el desarrollo de las líneas estratégicas de los instrumentos de política en Colombia, la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos es un tema que siempre está presente, sin embargo, en la mayoría de los casos se presenta un diagnóstico general de las condiciones del país, y la inclusión y armonización de prioridades de investigación dentro de los instrumentos de política no son claras, impidiendo contribuir a la transformación productiva del país, al desarrollo sostenible y al bienestar humano. De esta forma, aunque en las últimas décadas los esfuerzos en relación al acceso, tipo, calidad de información, y conocimiento de los servicios ecosistémicos han aumentado en el país, no logran permear la toma de decisiones, impidiendo contar con una gestión ambiental efectiva que contribuya a la conservación de los servicios ecosistémicos en función de los distintos tipos de bosques, que sea valorada de igual manera por toda la sociedad.

En el caso de los bosques altoandinos es evidente la fuerte presión antrópica a la que han sido sometidos, con la consecuente fragmentación y pérdida de su hábitat, convirtiendo sus paisajes en mosaicos compuestos por potreros, fragmentos de bosque secundario, zonas paramizadas, extensiones de cultivos y plantaciones forestales, generando que alrededor del 93% de estos bosques se hayan convertido en relictos de bosque primario, que evidencia la urgente necesidad de plantear una gestión ambiental con énfasis en la conservación, protección y restauración de los bosques altoandinos, para mitigar la sobrepresión a la que están sometidos, y lograr a futuro la recuperación de los servicios ecosistémicos que le son propios (Velasco-Linares & Vargas, 2014).

Partiendo de lo anteriormente enunciado, y el objeto de la relación con la gestión ambiental en el país, algunos autores han formulado métodos y técnicas de análisis de los diferentes servicios ecosistémicos para conocer el estado de conservación y medidas de manejo de éstos ecosistemas; sin embargo, son escasos los estudios que involucran el análisis de los servicios bajo un enfoque institucional, o como herramienta útil para toma de decisiones de conservación de ésta áreas, por lo cual, es fundamental resaltar la importancia del análisis de los servicios ecosistémicos que proveen; en este sentido, se considera que el abordaje de los servicios ecosistémicos en Colombia

y particularmente para los ecosistemas de alta montaña, no obedecen a un rigor conceptual y por ende son tratados de manera indiscriminada, esto conlleva a que sea necesario generar mecanismos efectivos de gestión ambiental para la conservación de los servicios ecosistémicos que oferta el bosque altoandino colombiano.

Bajo este contexto, y frente a la evidencia en las deficiencias de una gestión ambiental efectiva enfocada a los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos en Colombia, la presente investigación gira en torno a establecer ¿Cuáles deberían ser los mecanismos para la gestión ambiental de los bosques altoandinos que garanticen la conservación de los servicios ecosistémicos y contribuyan de manera efectiva al manejo integral de estos ecosistemas?

2. JUSTIFICACIÓN

La región Andina en Colombia, es una de las regiones con mayor porcentaje de transformación debido al desarrollo de actividades antrópicas; al interior de esta, se localizan los bosques altoandinos caracterizados por presentar vegetación estratificada, dosel continuo, y ser de acuerdo con Rangel (2000) una de las zonas más diversas de todo el mundo, en la que sus bosques desempeñan papeles fundamentales en el ciclo hidrológico y en el soporte de los sistemas productivos. De acuerdo con Garcia, García, & Correa (2004); ERE, (2015), los ecosistemas de páramo y bosque altoandino presentan una alta densidad poblacional asociada que incide en los niveles de transformación del bosque, debido al desarrollo de actividades económicas como agricultura, ganadería y minería, así como el establecimiento de asentamientos humanos, lo cual ha repercutido en un rápido deterioro de sus condiciones medioambientales, sumado a la falta de una gestión ambiental efectiva, que resalta la importancia de identificar y tipificar estos bosques en el país, así como los servicios ecosistémicos que le son conexos.

La formulación de la propuesta de mecanismos de gestión ambiental para la conservación de los servicios ecosistémicos que oferta el bosque altoandino busca constituirse como una herramienta útil para la toma de decisiones al interior de entidades públicas o privadas del orden local, regional o nacional adscritas al SINA o de carácter misional privado tipo ONG, entorno a la conservación de estos bosques, y al consecuente manejo integrado de los recursos naturales; adicionalmente, permitirá fortalecer el conocimiento del grupo de investigación Productos y Procesos del Bosque – PROPROBOS de la Universidad Distrital, al cual se encuentra sujeta la presente investigación, aportando al desarrollo del conocimiento de su línea de investigación en Gestión ambiental de riesgos, amenazas y vulnerabilidades. De otra parte, esta investigación también permitirá aportar conocimientos al área estratégica de Dinámica y Gestión de ecosistemas de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como a la línea de investigación en Gestión territorial del desarrollo sustentable de la Maestría en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- ❖ Formular mecanismos de gestión ambiental para la conservación de los servicios ecosistémicos que oferta el bosque altoandino colombiano durante los próximos 10 años.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Identificar y tipificar los principales servicios ecosistémicos y factores incidentes en la generación y/o degradación de los servicios ecosistémicos derivados del bosque altoandino colombiano.
- ❖ Determinar las variables clave para definir los potenciales mecanismos de gestión ambiental del bosque altoandino colombiano en pro de la conservación de sus servicios ecosistémicos.
- ❖ Adelantar una prospectiva estratégica de mediano plazo centrada en servicios ecosistémicos para generar potenciales mecanismos incidentes en la implementación de una gestión ambiental del bosque altoandino en Colombia.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 ELEMENTOS CONCEPTUALES Y TEÓRICOS

4.1.1 Gestión ambiental

La gestión ambiental se considera como un proceso orientado a resolver problemas, mitigar y/o prevenir problemas de carácter ambiental, con el objetivo de lograr un desarrollo sostenible, además de ser un conjunto de acciones encaminadas al uso, conservación o aprovechamiento ordenado de los recursos (Red de Desarrollo Sostenible de Colombia - RDS, 2011). De acuerdo con (Carvajal & Edith, 2015) el concepto de gestión ambiental, es dinámico, cambiante, con la particularidad que, independientemente de su visión, es un término que llama a la acción, que se convierte en una práctica ambiental.

Los problemas ambientales surgen como resultado de diferentes interacciones entre el hombre y el territorio; como consecuencia de un uso inadecuado de los servicios ambientales; el hombre actúa no solo como generador sino también como receptor de estos. De esta manera, la gestión ambiental se convierte en una disciplina que busca la conservación de los recursos naturales, por lo que adquiere significado, en la medida en que propicie un desarrollo ecológicamente sustentable (Peña & Moreno, 2015).

La pérdida y transformación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que los procesos de urbanización han generado, se encuentran relacionados con distintos impactos y pasivos ambientales, lo cual se ha venido considerando como un fenómeno preocupante teniendo en cuenta la complejidad ecosistémica y biológica que caracteriza nuestro país y que representa bienestar y calidad de vida para los habitantes. En los ecosistemas de alta montaña se ha venido evidenciando el constante deterioro en términos de los servicios ecosistémicos que oferta, incidiendo directamente en la disminución de la biodiversidad de éstas áreas; por lo cual, realizar una propuesta de mecanismos de gestión ambiental para estas áreas resulta ser una herramienta de utilidad para entender y analizar el concepto de servicios ecosistémicos como una relación socio-ecosistémica, y para poder generar pautas de manejo y conservación que garanticen la perpetuidad de los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos objeto de la presente investigación.

4.1.2 Servicios ecosistémicos

El concepto de servicios ecosistémicos se remonta a la década de los años 70. Para 1974 Holdren & Ehrlich conceptualizaron los servicios del capital natural como funciones de los servicios proporcionados por el ambiente global no reemplazables por tecnología ahora o en un futuro, y que involucran, entre otras cosas controles de plaga, polinización, y la regulación del clima. Para Ehrlich & Mooney, (1983) los servicios ecosistémicos corresponden a las “funciones ecológicas del ecosistema”, lo que Daily, (1997) describe como una serie de condiciones y procesos en los que los ecosistemas permiten el sostenimiento de la humanidad, a través de provisión de alimentos, materias primas, productos medicinales entre otros. Distintos autores dentro del contexto ecológico resaltan la importancia de relacionarlos con la capacidad de satisfacer directa o indirectamente las necesidades, usos y preferencias humanas (Daily et.al, 1997; de Groot, Wilson, & Boumans, 2002; Hawkins, 2003; Kremen, 2005). Conceptualmente, los servicios ecosistémicos evolucionaron desde una perspectiva ecológica, hasta conseguir un enfoque de valoración, resultando en bienes y servicios ambientales, siendo éstos imprescindibles para el funcionamiento de los ecosistemas, y el bienestar de la humanidad (Constanza, y otros, 1997).

De acuerdo a lo establecido en la Evaluación de Ecosistemas del Milenio - MEA por sus siglas en inglés, se utiliza el término servicios ecosistémicos para abarcar todos aquellos beneficios que las poblaciones humanas obtienen de los ecosistemas; además, considera que la interacción dinámica entre las sociedades humanas y los ecosistemas es determinante del tipo de servicios ecosistémicos que se generan, por tanto las condiciones de las sociedades humanas, como la falta, escasez o distribución desigual de estos servicios pueden ocasionar conflictos sociales o políticos (Balvanera & Cotler, 2009; Castro, 2017).

La Plataforma Intergubernamental de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES, 2015) desarrolló un marco conceptual, el cual tiene como base lo establecido por la MEA (2005), pero resume de una forma más integral la relación entre la sociedad y la naturaleza, incluye los componentes ecológicos y sociales claves, así como la relación entre ellos. En este marco se consideran objetivos de la plataforma la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, el bienestar humano a largo plazo y el desarrollo sostenible, al igual que otras iniciativas (Ochoa, Marin, & Osejo, 2017).

Diversos autores han propuesto clasificaciones de los servicios ecosistémicos en función de su papel ecológico, económico, o a partir de las funciones básicas que se generan en los ecosistemas (Camacho & Ruiz, 2011). Rositano et.al, (2012), al comparar diversas clasificaciones a partir de (Daily, 1997), resaltan que una de las principales diferencias es la falta de consenso acerca de la categoría donde está el servicio de mantenimiento de la biodiversidad, que hace necesario poder distinguir los servicios ecosistémicos de los servicios del paisaje, al involucrar éstos como un componente social (Valles, Galiana, & Van Eetvelde, 2014); de esta forma, Diaz, et.al (2006); Caro & Torres, (2014) mencionan la importancia de identificar y monitorear los servicios ecosistémicos con métodos lo más concretos posibles sin sesgar su análisis, o como lo señala Egoh et.al (2007) cuantificar los servicios ecológicos con unidades de servicio biofísico y no económico, así como tener enfoques interdisciplinarios en su estudio y análisis.

De Groot, Wilson, & Boumans, (2002) exponen que, tras definir las funciones de los ecosistemas, la naturaleza y la magnitud del valor de éstos para las sociedades humanas pueden ser analizados y evaluados a través de los bienes y servicios proporcionados por cualquier ecosistema. En relación al bienestar humano como elemento central de la definición de servicios ecosistémicos, Lele et.al , (2013) plantean que *“la contribución de la naturaleza biótica para el bienestar humano es reconocido y subvalorado, lo que resulta en la destrucción de los ecosistemas”*. Fisher et.al, (2009) consideran que además de los componentes del sistema ecológico de interés, es necesario incluir los contextos sociales y políticos en los que los servicios de los ecosistemas están siendo investigados o utilizados.

De acuerdo con Vandewalle et.al (2008), la conceptualización de servicios ecosistémicos se puede sintetizar en tres enfoques: ecológico, económico y ecológico-económico. Caro & Torres, (2014) proponen una modificación a esta propuesta, incorporando las temáticas específicas (ver Tabla 1), tomando en consideración el enfoque diferencial para los servicios culturales propuestos por Rositano et.al, (2012). En esta misma línea se presentan postulados en las opciones de cuantificación ecológica y valoración cualitativa (Vilardy et.al, 2012) de cuantificación ecológica y valoración económica de estos servicios a través de métodos de la economía ecológica y la economía ambiental. Asimismo, (Rositano et.al, 2012) expresa que los servicios ecosistémicos proveen un marco sencillo para la toma de decisiones, que puede parametrizarse y cuantificarse fácilmente.

Tabla 1. Enfoques y desarrollo de los servicios ecosistémicos

ENFOQUE	DEFINICIÓN	TEMAS DESARROLLADOS	REFERENCIA
Ecológico	“Un amplio rango de condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies hacen parte de ellos ayudan a sostener la vida humana” (Daily, 1997)	Servicios públicos y ambiente global. Biodiversidad y conservación. Bienes y servicios ecológicos. Servicios ecosistémicos y bienestar humano. Servicios ecosistémicos y cuantificación ecológica. Biodiversidad y servicios ecosistémicos.	Holdren y Ehrlich, 1974 Ehrlich y Mooney, 1983 Márquez, 1996 Daily, 1997; Kremen, 2005 Vandewalle <i>et al.</i> , 2008 Martín-López y Montes, 2011
Económico	“Los servicios del ecosistema consisten en flujos de materiales, energía e información de reservas de capital natural que se combinan con los servicios de capital manufacturados y humanos para producir el bienestar humano” (Constanza <i>et al.</i> , 1997)	Bienes y servicios ambientales Capital natural y bienestar humano Capital natural y resiliencia Servicios ecosistémicos Servicios ecosistémicos oferta (Valoración ecológica) demanda (Valoración sociocultural y monetaria)	Constanza y Daly, 1992 Constanza y Folke, 1997 Constanza <i>et al.</i> , 1997 Hawkins, 2003 TEEB (2010)
Ecológico-Económico	“Los servicios ecosistémicos son los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad” (MEA, 2005)	Funciones: Regulación, hábitat, producción, información. Marco conceptual y metodológico de servicios ecosistémicos. Valoración de ecosistemas y servicios ecosistémicos-herramienta pragmática. Capital natural y servicios ecosistémicos: sostenibilidad Gestión de la biodiversidad: garantía de servicios ecosistémicos.	de Groot <i>et al.</i> , 2002 MEA 2003,2005 Gómez-Baggethun y de Groot, 2007 Montes, 2007 Martín-López y Montes, 2011; MADS, 2012; Rincón-Ruiz <i>et al.</i> , 2014

Fuente: Tomado de Caro & Torres, (2014).

En un contexto global, el Informe de Ecosistemas del Milenio propone para los servicios ecosistémicos un marco de referencia conceptual, metodológico y de aplicación a la toma de

decisiones. En su definición de servicios ecosistémicos precisa “*son los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad*”, y los clasifica en cuatro categorías: I) aprovisionamiento ó bienes y productos brindados por los ecosistemas como alimentos, agua, recursos genéticos, productos forestales; II) regulación que pertenecen a los beneficios obtenidos de la regulación de los procesos ecosistémicos incidiendo en el clima, las inundaciones, la calidad del agua; III) culturales, definidos como los bienes no materiales obtenidos de los ecosistemas: enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, reflexión, recreación y las experiencias estéticas; IV) soporte o apoyo, correspondiente a procesos ecológicos necesarios para la provisión y existencia de los demás servicios ecosistémicos, tales como la producción primaria, la formación del suelo y el ciclado de nutrientes.

Es importante tener en cuenta que si bien, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio-MEA (2005) considerada como el marco base para la conceptualización de los servicios ecosistémicos propone cuatro categorías, algunas clasificaciones como la Evaluación de Ecosistemas del Milenio del Reino Unido, la valoración integral de la biodiversidad y servicios ecosistémicos de Colombia (2014), y algunos autores como Fisher et. al, (2009), y la Economía de los ecosistemas y la biodiversidad - TEEB, (2010) consideran que los servicios de provisión no son tanto un servicio, sino que son los procesos asociados al funcionamiento y la integridad de los ecosistemas lo que hace que se conviertan en la base de existencia de los demás servicios, y se manejen solo tres tipos de clasificaciones.

4.1.2.1 Servicios de aprovisionamiento

Conjunto de bienes y productos que se obtienen de los ecosistemas como alimentos, fibras, maderas, leña, agua, suelo, recursos genéticos, pieles, mascotas, entre otros (MEA 2005). En Colombia, la disponibilidad permanente de alimentos (cultivos y ganados), de acuerdo con lo planteado en la Política Nacional de Gestión Integral de la Biodiversidad y Servicios ecosistémicos (2012), es una de las condiciones necesarias para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional del país. Estos tipos de servicios se consideran como productos obtenidos del ecosistema.

4.1.2.2 Servicios de Regulación y soporte

Los servicios de regulación se consideran como los beneficios resultantes de la regulación de los procesos ecosistémicos, incluyendo el mantenimiento de la calidad del aire, la regulación

del clima, el control de la erosión, el control de enfermedades humanas y la purificación del agua (MEA 2005). Los servicios ecosistémicos de soporte, son servicios y procesos ecológicos necesarios para el aprovisionamiento y la existencia de los demás servicios ecosistémicos. Estos servicios se evidencian a escalas de tiempo y espacio mucho más amplias que los demás, ya que incluyen procesos como la producción primaria, la formación del suelo, la provisión de hábitat para especies, el ciclado de nutrientes, entre otros (MEA 2005).

Los servicios ecosistémicos de soporte a pesar de ser la base y requisito para existencia de los demás servicios ecosistémicos, de acuerdo con la Política Nacional de Gestión Integral de la Biodiversidad y Servicios ecosistémicos han sido poco reconocidos y estudiados. Estos servicios no son solo esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas naturales, sino que también, constituyen un importante recurso para la gestión sostenible de los sistemas agropecuarios (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación - (FAO, 2008), lo cual no ha sido reconocido ni valorado en los sistemas productivos del país pese a su importancia.

Autores como Viglizzo et.al, (2012), asocian a diferentes tipos de servicios ambientales las funciones y procesos ecológicos, como la generación de flujos de energía, ciclos de nutrientes, entre otros, por ejemplo, Power, (2010) hace mención como servicios como la protección del suelo, el control de inundaciones, el ciclo de nutrientes puede llegar a ser considerados servicios de soporte y de regulación.

Según Volante et.al, (2012), la conversión de hábitat naturales en tierras de cultivo y tierras de pastoreo en zonas subtropicales, conlleva a consecuencias como reducción de la actividad fotosintética, así como la alteración en los servicios de los ecosistemas, tales como el control de la erosión y la regulación del agua, debido a la mayor exposición del suelo desnudo; así mismo, afecta la biodiversidad debido a la pérdida o disminución de la calidad del hábitat y la disminución de la disponibilidad de biomasa verde para los consumidores primarios durante el barbecho.

4.1.2.3 *Servicios culturales*

Son los beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas, a través del enriquecimiento espiritual, belleza escénica, inspiración artística e intelectual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación y las experiencias estéticas (MEA 2005). Este tipo de servicios se consideran beneficios no materiales que la gente obtiene de los ecosistemas.

4.1.3 Bosques altoandinos

Los ecosistemas de alta montaña de acuerdo con Avella, Torres, Gomez, & Wilson, (2014), se ubican desde los 2800 metros de altitud y comprenden los bosques altoandinos y el páramo que va hasta los 4700 msnm, en estos bosques, se puede observar grandes diferencias ambientales físicas y geográficas debido a estos amplios rangos altitudinales, esto permite que se conformen ecosistemas variados y, a la vez, que se contribuya a la gran oferta de servicios ambientales. La biodiversidad encontrada en estas zonas de vida, corresponde a una reserva genética de diversas especies, utilizables para la ciencia, la industria y la farmacia. La vegetación y el suelo constituyen un hábitat indispensable para muchas especies de organismos y son un factor de protección importante de las laderas contra la erosión (Romero, 2012).

De acuerdo con Romero, (2012) los bosques altoandinos se distribuyen entre los 2800 y los 3400 metros sobre nivel del mar, y se caracterizan principalmente por poseer una vegetación estratificada con un alto nivel de biodiversidad y endemismos. El bosque altoandino Presenta nubosidad y niebla con temperaturas promedio de 15 a 6°C. El factor característico de estos bosques es la alta humedad atmosférica ya que por su ubicación en zonas donde el aire caliente y saturado de vapor de las zonas bajas se condensa y produce nubosidad (Vargas J. , 2008). Esta característica de interceptar la neblina juega un papel importante en la regulación del ciclo hidrológico, aumentando los niveles de escorrentía, proporcionando un aporte importante de agua, donde en algunos puede llegar al 48% (Vargas J. , 2008).

Abud & Torres, (2016) consideran los bosques altoandinos como ecosistemas claves estratégicos para el albergue de la biodiversidad del país, cumpliendo diversas funciones ecológicas entre la que resalta la regulación hídrica, la cual se ha visto afectada a raíz de actividades antrópicas que ponen en riesgo el suministro del recurso y la composición y función de estos bosques adicionalmente, pese al alto valor ecológico de estos bosques, en Colombia no se cuenta con registros precisos referentes a la tasa de pérdida de estos ecosistemas, ni a la predicción de su comportamiento en escenarios futuros, la mayoría de los estudios se centran en la composición florística y estructural de estos bosques por lo cual se hace inminente la definición de medidas que contribuyan a la conservación de estos bosques.

4.2 TÉCNICAS Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

4.2.1 Revisión sistemática

La revisión sistemática de acuerdo con Manterola et.al, (2013) es una técnica de análisis de aspectos cuantitativos y cualitativos de estudios primarios, la cual permite resumir la información existente sobre un tema en particular. La revisión sistemática lleva consigo un análisis crítico de acuerdo a diferentes herramientas, siendo fundamentales para la toma de decisiones y dar respuesta a una pregunta específica (Moreno et.al, 2018); esta revisión constituye una herramienta esencial de síntesis de la información científica disponible, permitiendo incrementar la validez de las conclusiones de estudios individuales, así como identificar áreas de incertidumbre o de vacíos en los que sea necesario realizar investigaciones.

De acuerdo con Ferreira, Urrútia, & Alonso-Coello, (2011), la revisión sistemática permite sintetizar los resultados de investigaciones primarias mediante estrategias que reducen el sesgo y error aleatorio, estrategias que se basan principalmente en:

- Definición de criterios explícitos y reproducibles de los artículos que serán incluidos en la revisión.
- Búsqueda exhaustiva de todos los artículos potencialmente relevantes de acuerdo a criterios de búsqueda definidos por cada actor.
- Síntesis de datos obtenidos e interpretación de resultados.

La revisión sistemática según el uso de métodos estadísticos se presenta como una revisión sistemática cualitativa (ausencia de análisis estadístico) o como revisión sistemática cuantitativa o metaanálisis, en el que se usan métodos estadísticos para combinar los resultados de dos o más estudios (Ferreira, Urrútia, & Alonso-Coello, 2011).

4.2.2 Método de Análisis Estructural: Matriz de impactos cruzados Multiplicación aplicada a una clasificación (MicMac)

La técnica de análisis estructural mediante el método MicMac permite describir un sistema en particular, con ayuda de una matriz que conecta sus principales componentes, identificando las variables influyentes y dependientes en el sistema (Arango & Cuevas, 2014).

El desarrollo del método contempla elevar la matriz de análisis estructural a una potencia de valores sucesivos, de este modo se analizan miles y millones de líneas en la mayoría de sistemas concretos” (Godet M. , 2000). El análisis estructural es una herramienta diseñada para el enlace de ideas, permite describir el sistema gracias a una matriz que integra a todos sus elementos constitutivos, estudiando las relaciones producidas entre ellas, con el fin de encontrar las variables influyentes, dependientes y clave para entender la evolución del sistema y predecir su comportamiento futuro (Ballesteros & Ballesteros, 2008).

Una de las principales ventajas de este método, radica en la ayuda que presta a un grupo para plantearse las buenas preguntas y construir reflexión colectiva, en pro de reducir la complejidad de sistema a variables esenciales dinamizadoras (Ballesteros & Ballesteros, 2008). El método se basa en tres (3) fases: listado y definición de las variables del sistema, descripción de las relaciones entre las variables e identificación de variables clave (Vásquez, Malaver, & Rivera, 2005).

En la primera fase, se enumera el conjunto de variables que caracterizan el sistema estudiado y su entorno (variables internas y externas) tratando de ser lo más exhaustivo posible y no excluir a priori ninguna pista de investigación. Se construye una lista homogénea de variables internas y externas al sistema, y se detallan lo mejor posible. El seguimiento del análisis y la localización de relaciones entre estas variables permite constituir la "base" de temas necesarios para toda reflexión prospectiva (Astigarra, 2021).

En la segunda fase, se califican las relaciones directas entre las variables a través del diligenciamiento de una matriz de doble entrada, identificando la fuerza de las relaciones (débil, mediana, fuerte o potencial); de esta forma, se plantean a partir de n variables, $n-1$ preguntas, permitiendo afinar el análisis del sistema (Astigarra, 2021).

En la tercera fase, se identifican las variables clave, es decir, aquellas variables esenciales o dinamizadoras del sistema, considerando en primer lugar una clasificación directa de la matriz elaborada, y posteriormente una clasificación indirecta a partir de la matriz elevada a una determinada potencia (Astigarra, 2021). Calificada la matriz, se construye el Plano de influencia y dependencia el cual, permite una lectura que completa las efectuada anteriormente según resulten ser las variables motrices o dependientes. La combinación de ambos resultados es la que

definitivamente define a las variables según tipologías. Su disposición en el plano en relación a las diagonales nos ofrece una primera clasificación, lo cual varía si se ubica en la diagonal entradas/salidas o, en la diagonal estratégica.

4.2.3 Prospectiva

El uso de la metodología de prospectiva en ejercicios de formulación de escenarios futuros para la conservación de la biodiversidad, y tendencias futuras sobre los ecosistemas ha venido siendo relacionada en las investigaciones de la última década. La prospectiva de acuerdo con Godet M. , (2005) permite concebir un futuro deseado a partir de la anticipación de las acciones preactivas o proactivas, basándose en una probabilidad de escenarios futuros o posibles, y estableciéndose como una “indisciplina” intelectual rigurosa, que conlleva a cuatro principios claves de acuerdo con Gastón Berger: I) Observar lejos, y profundamente; II) Observar de otro modo; III) Observar conjuntamente y IV) utilizar los métodos rigurosos y participativos posibles que reduzcan incoherencias colectivas. La prospectiva estratégica se considera “estratégica” no por los avances que provoca, sino por la intención que lleva en sí la estrategia, generando opciones que comprometan el futuro.

Desde la prospectiva se asume que todos los escenarios posibles no son igualmente probables o deseables, por lo que su distinción debe estar entorno a la estrategia de los actores; además, la incertidumbre sobre el futuro se aprecia a través del número de escenarios que se encuentran en el campo de lo probable, considerando el tiempo de anticipación (cambios posibles y deseables), y el tiempo de la preparación de la acción (preactividad y proactividad) lo cual permite hacer una separación entre la prospectiva y la estrategia. Bajo la visión de la prospectiva, el “futuro” es indeterminado y se encuentra abierto a diversos futuros posibles; además, propende de cinco ideas claves, las cuales son: I) El mundo cambia, pero los problemas permanecen; II) los diagramas de las bifurcaciones: se consideran variables-clave del análisis prospectivo reconociendo el futuro como razón de ser del presente; III) el alto a la complicación de lo complejo; IV) el planteamiento de las buenas preguntas y la desconfianza de las ideas recibidas, y finalmente IV) la anticipación de la acción a través de la apropiación en donde se es imprescindible contar con una visión global que permita la acción local (Aceituno, 2017).

La prospectiva estratégica cuenta con una serie de herramientas que permiten estimular la imaginación, crear un lenguaje de uso común, reducir incoherencias y propender una reflexión colectiva que permita la apropiación, sin que esto conlleve a sustituir la reflexión ni a frenar la libertad de elección de los actores, estas herramientas permiten apreciar desde una forma más objetiva las posibles múltiples realidades desconocidas

Es importante considerar la definición de escenario dada por (Godet M. , Prospectiva estratégica: problemas y métodos, 2005), el cual lo define como “un conjunto formado por la descripción de una situación futura y un camino de acontecimientos que permiten pasar de una situación original a otra. Las hipótesis de los escenarios deben contemplar cinco condiciones: pertinencia, coherencia, verosimilitud, importancia y transparencia; mientras que los escenarios se dividen en dos grandes tipos: exploratorios y anticipativos, los primeros parten de las tendencias pasadas y presentes conducentes a futuros verosímiles, mientras que los segundos, se construyen a partir de imágenes alternativas de futuro deseables o rechazables. La construcción de los escenarios conlleva tres etapas fundamentales que parten de identificar las variables clave a partir de un análisis estructural, analizar los papeles de los actores y formular las preguntas claves para el futuro, y la reducción de la incertidumbre sobre las variables clave a fin de poder seleccionar los escenarios del entorno más probables; a su vez, estas etapas se encuentran sujetas a la implementación de nueve pasos que componen la metodología integrada de la planificación estratégica en relación a la apropiación.

La identificación de hipótesis de futuro simples que precisan la temporalidad y probabilidad de ocurrencia en relación con posibles cambios temidos o anhelados en el corto, mediano y largo plazo por parte de los actores sociales, se constituyen hipótesis orientadoras para la construcción de escenarios prospectivos, además, en términos de prospectiva estratégica territorial, es fundamental establecer acciones de monitoreo del entorno que permitan identificar las principales tendencias y casos de éxito para la construcción de escenarios, adicionalmente, las matrices de influencias directas en donde se precisan las variables clave, se constituyen en un instrumento de análisis de datos estratégicos territoriales, que facilitan la identificación de las percepciones de futuro de los actores sociales.

Considerando que la construcción de mecanismos de gestión ambiental para la conservación de servicios ecosistémicos implica un componente de exploración de futuros, la

prospectiva se perfila como una disciplina pertinente para este objetivo, dado que esta estudia el futuro desde la perspectiva de los actores sociales, sean estos económicos, políticos, organizacionales, académicos o de la sociedad civil, entre otros, por lo cual, la construcción del componente de prospectiva territorial exige un enfoque multiactor (Mojica F. , 2005).

En este sentido, la prospectiva surge principalmente de dos expositores franceses como son Gastón Berger y Bertrand de Jouvenel, quienes determinaron las bases de la disciplina prospectivista en los años sesenta y fueron los gestores de este nuevo modelo de pensamiento. Gastón Berger, definió la prospectiva de acuerdo con cuatro principios: “Ver lejos, ver amplio, analizar en profundidad y aventurarse, a lo que añadía pensar en el hombre” lo cual permite relacionar la importancia de explorar los futuros de los asentamientos humanos bajo una perspectiva de mediano y largo plazo, y además, bajo una perspectiva estratégica e inter-sectorial, esto último, relacionado con la importancia de fortalecer los mecanismos de articulación entre los distintos instrumentos de política pública sectoriales que inciden en la gestión ambiental de los servicios ecosistémicos.

Con el propósito de promover la reflexión colectiva por parte de los actores sociales que participan en la construcción de este componente, es fundamental la comprensión del futuro como no existente y definido como una realidad múltiple, surgiendo el concepto de “futuribles”, esto es, el futuro como un espacio de distintos futuros-posibles (Bertrand De Jouvenel, 1967).

Sobre esta base, se determina que el hombre puede elegir el futuro deseado y factible, tomando las decisiones y acciones necesarias para poder construir un camino común, “dependiendo solamente de la acción del hombre” (Godet M. , 1995), en este sentido, se busca promover la reflexión en torno a los futuros de los asentamientos humanos en Colombia, desde un enfoque voluntarista, esto es, el futuro como resultado de la decisión de los actores sociales (Mojica F. , 2005).

La reflexión colectiva por parte de los actores participantes, se fundamenta en el Triángulo Griego definido por (Godet, 1995), el cual consiste en tres esferas interrelacionadas como son la Anticipación, la Acción y la Apropiación, mediante las que resalta la importancia de los actores del territorio y de su adaptación y disposición estratégica para liderar el cambio frente al

futuro de los servicios ecosistémicos de los bosques en Colombia, futuro que permitirá identificar elementos del porvenir que contribuyan al mejoramiento de la gestión ambiental de los mismos.

5. MARCO GEOGRÁFICO

Los bosques altoandinos de acuerdo con la clasificación proporcionada por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés – INVEMAR son aquellos comprendidos en la franja entre 2900 a 3800 msnm que se caracterizan como un estrato de árboles y arbustos entre 3 y 8 metros de alto, con predominio de robledales y bosques de niebla, la gran mayoría ubicados en áreas relictuales en las cuencas Sinú-Caribe, Caquetá, Meta, Patía, río Catatumbo, alto y medio Magdalena, medio Cauca, río Atrato y Sabana de Bogotá. Velasco-Linares & Vargas O. en el 2008, definen al bosque altoandino como una franja de vegetación localizada entre los 3.000 msnm a los 3.200, con vegetación compuesta principalmente por especies de *Weinmannia* (encenillo), *Ilex* sp., *Hesperomeles* sp. (mortiño), *Miconia* sp. (tuno), *Brunnellia* sp, *Clusia* sp. (cucharo), en el que se incluyen árboles de hasta de 25 m de altura.

Este tipo de bosque presenta nubosidad y niebla con temperaturas promedio de 15 a 6° C, con alta humedad atmosférica que constituye uno de los factores más característicos de estos bosques, la cual es de gran importancia en la regulación del ciclo hidrológico.

Se consideró como objeto de estudio los bosques altoandinos de Colombia distribuidos a lo largo de la cordillera Oriental, Occidental y Central. Se tomó como información espacial base, la elaborada en el estudio “Condición de las unidades Ecobiogeográficas Continentales y Sistema Nacional de Áreas Protegidas en Colombia” (Latorre, et.al, 2014). Utilizando el shape de unidades biogeográficas, se extrajo la información de las provincias biogeográficas que presentaran distritos de bosque altoandinos, excluyendo de la selección a los distritos de vegetación herbácea y arbustiva; las áreas de bosque resultantes se corroboraron con la información del Mapa de Bosque No bosque de Colombia- Área continental Escala LANDSAT, 2017 (IDEAM, Mapa de Bosque No Bosque Colombia-Área Continental (escala fina LANDSAT año 2017). Continuidad a la operación del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono para Colombia -SMBYC, 2017) (ver Figura 1).

Los bosques altoandinos en Colombia se concentran en la provincia biogeográfica Norandina, en 17 distritos: tres (3) en la cordillera oriental, cinco (5) en la cordillera occidental y nueve (9) en la cordillera central (ver Tabla 2) sumando un área aproximada de ocho (8) millones de hectáreas de bosque correspondiente a un 12% de la cobertura boscosa del país.

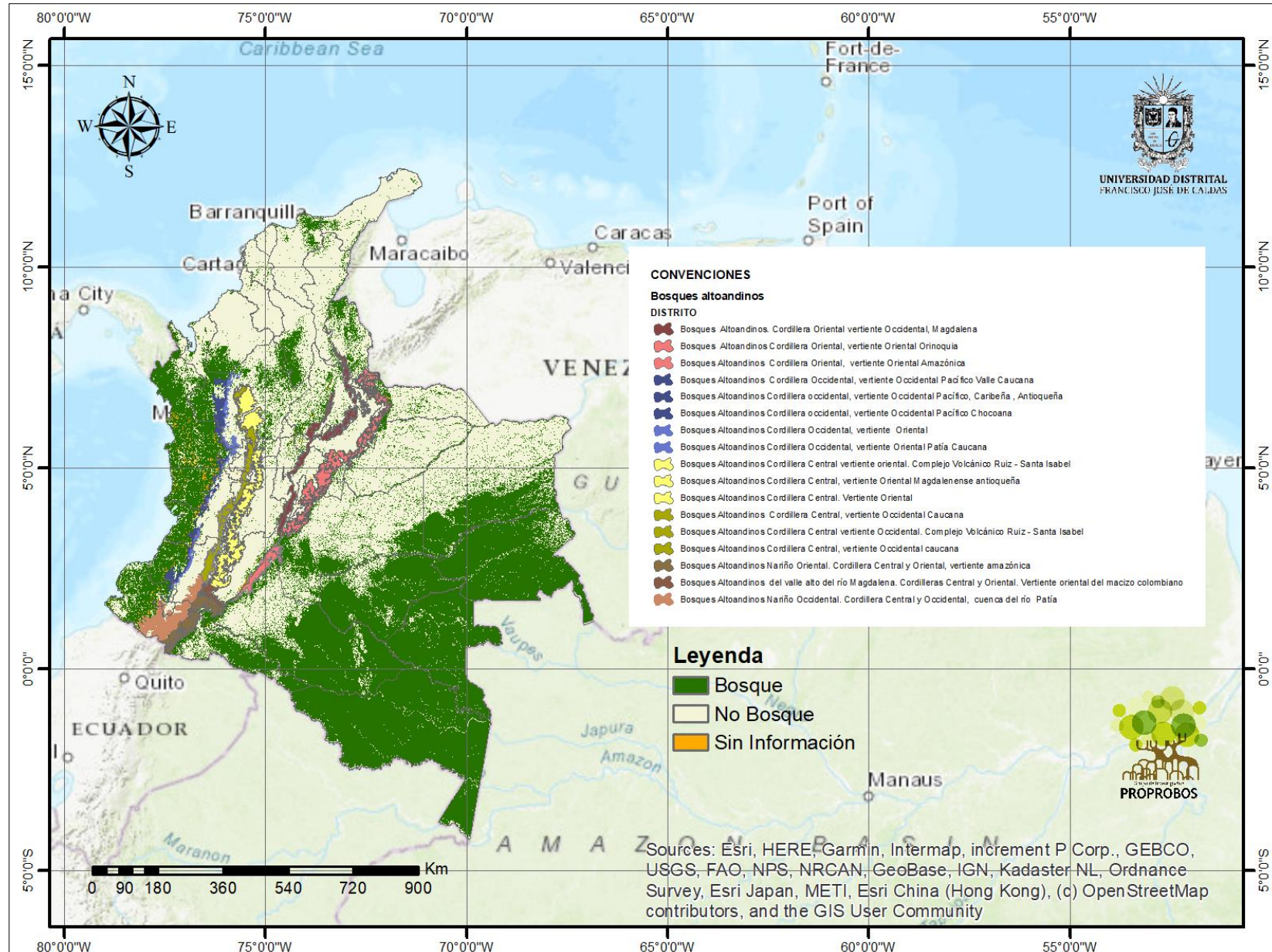
Tabla 2. Localización de los bosques altoandinos en Colombia.

DOMINIO	PROVINCIA	DISTRITO	COORDILLERA	ÁREA (ha)
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos. Cordillera Oriental vertiente Occidental, Magdalena		1.011.251
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos Cordillera Oriental, vertiente Oriental Amazónica	Oriental	384.952
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos Cordillera Oriental, vertiente Oriental Orinoquia		1.485.871
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos Cordillera occidental, vertiente Occidental Pacífico, caribeña, Antioqueña		382.562
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos Cordillera Occidental, vertiente Occidental Pacífico Valle Caucana		270.606
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos Cordillera occidental, vertiente Occidental Pacífico Chocoana	Occidental	219.756
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos Cordillera Occidental, vertiente Oriental Patía Caucana		126.864
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos Cordillera Occidental, vertiente Oriental		307.767
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos Cordillera Central, vertiente Oriental Magdalenense antioqueña		542.033
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos Cordillera Central vertiente oriental. Complejo Volcánico Ruiz - Santa Isabel		211.630
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos Cordillera Central. Vertiente Oriental	Central	900.078
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos Cordillera Central, vertiente Occidental caucana		281.209
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos Cordillera Central vertiente Occidental. Complejo Volcánico Ruiz - Santa Isabel		136.632

DOMINIO	PROVINCIA	DISTRITO	COORDILLERA	ÁREA (ha)
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos Cordillera Central, vertiente Occidental Caucana		481.520
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos Nariño Oriental. Cordillera Central y Oriental, vertiente amazónica		676.326
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos del valle alto del río Magdalena. Cordilleras Central y Oriental. Vertiente oriental del macizo colombiano		154.272
Transinterandino	IX-Norandina	Bosques Altoandinos Nariño Occidental. Cordillera Central y Occidental, cuenca del río Patía		777.832

Fuente: Datos calculados a partir del Shape de Unidades Biogeográficas-Distritos bosque altoandino (Latorre, et.al, 2014).

Figura 1. Distribución espacial del bosque altoandino en Colombia.



Fuente: Elaboración propia, 2021

6. MARCO NORMATIVO

6.1 REFERENTES NORMATIVOS E INSTRUMENTOS DE GESTIÓN A NIVEL NACIONAL

La normatividad nacional clave para la gestión de la biodiversidad se encabeza principalmente por la Constitución Política de Colombia de 1991, en el cual el país incluyó dentro del ámbito legal el manejo y la protección de los recursos naturales y el medio ambiente, a partir de la promulgación de distintos artículos y el acogimiento del concepto de desarrollo sostenible desarrollado a partir del Informe de Brundtland (“Nuestro futuro Común” de 1987) materializado con la Ley 99 de 1993. Adicionalmente, dentro de la gestión que el país ha hecho de su biodiversidad, se destacan algunas normas generales que de manera directa o indirecta han contribuido al desarrollo de actividades para la protección, uso y manejo de la biodiversidad, las cuales se relacionan a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3. Legislación asociada a la biodiversidad e institucionalidad ambiental nacional.

LEGISLACIÓN	DESCRIPCIÓN
Constitución Política de Colombia	Art 8. Obligación del Estado y las personas de proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación; Art. 79 del derecho a un ambiente sano; Art. 80 del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
Decreto ley 2811 de 1974	Expedido por presidencia de la República de Colombia “por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de protección al Medio Ambiente”. Regula el manejo de los recursos naturales renovables, la defensa del ambiente y sus elementos.
Ley 99 de 1993	Ley General Ambiental de Colombia, “Por la cual se crea el Ministerio de Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. Reforma el sector público encargado de la gestión ambiental. Exige la planificación de la gestión ambiental de proyectos.
Decreto 2372 de 2010	Reglamenta el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y otras disposiciones.
Decreto 3572 de 2011	Crea la Unidad Administrativa Especial, se determina sus objetivos, estructura y funciones (Unidad Administrativa Especial Parques Nacionales Naturales de Colombia).
Ley 165 de 1994	Por la cual Colombia aprueba el convenio de diversidad biológica.

LEGISLACIÓN	DESCRIPCIÓN
Resolución 769 de 2002	Por la cual se dictan disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos.
Resolución 383 de 2010	Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman otras determinaciones.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Adicional a la normatividad nacional, el país cuenta con una serie de instrumentos de gestión (Políticas, Programas, y Planes) orientados a la protección, uso y manejo de la biodiversidad a distintos niveles de organización en pro de la conservación.

Como principales instrumentos de política se señala la Política Nacional de Biodiversidad (1996) la cual, busca promover la conservación, el conocimiento y el uso sostenible de la biodiversidad, así como la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los conocimientos, innovaciones y prácticas asociados a ella por parte de la comunidad científica nacional, la industria y las comunidades locales; la Política de Bosques (1996) la cual propende por lograr un uso sostenible de los bosques a fin de conservarlos, consolidar la incorporación del sector forestal en la economía nacional y mejorar la calidad de vida de la población, la Política para la Gestión Ambiental de la Fauna Silvestre en Colombia (1997) la cual pretende generar condiciones para el uso y aprovechamiento sostenible de la fauna silvestre garantizando la permanencia y funcionalidad de la misma; la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2009) que busca garantizar la sostenibilidad del recurso mediante un uso eficiente y eficaz implementando procesos de participación comunitaria; y la Política Nacional para la gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios ecosistémicos (2012) la cual proporciona entre otros aspectos el reconocimiento a una gestión que permita el manejo integral de sistemas ecológicos y sociales, la conservación de la biodiversidad, y el carácter estratégico de la biodiversidad como fuente principal, base y garantía del suministro de servicios ecosistémicos.

Otros instrumentos orientadores en términos de biodiversidad con los que cuenta el País y relacionados con el objeto de la presente investigación, son el Conpes 3680 de 2010, el cual genera lineamientos para la Consolidación del Sistema Nacional de Áreas protegidas; el Programa para el Manejo Sostenible y Restauración de Ecosistemas de alta montaña colombiana (2002) el cual brinda orientaciones a nivel nacional, regional y local la gestión ambiental en ecosistemas de

páramo y adelantar acciones para su manejo sostenible y restauración, mediante la generación de conocimiento y socialización de información de su estructura y función, la restauración ecológica; y la Estrategia Nacional de prevención, control, seguimiento y vigilancia Forestal (2010) la cual busca establecer e implementar un conjunto integrado de lineamientos, procedimientos y acciones que articulen los componentes preventivo, jurídico, administrativo- financiero y operativo de los procesos de prevención, seguimiento, control y vigilancia del manejo y aprovechamiento, movilización, transformación y comercialización de los recursos forestales, maderables y no maderables.

6.2 ORIENTACIONES INTERNACIONALES

En el ámbito internacional, se han llevado a cabo distintos encuentros, convenios y convenciones de alcance global en torno a la conservación, ordenamiento y protección de las áreas y especies de los ecosistemas, entre los que resaltan el Tratado CITES, el convenio RAMSAR, el convenio de Diversidad Biológicas, y el convenio internacional de Maderas tropicales (ver Tabla 5).

Tabla 4. Principales orientaciones internacionales en materia de gestión de la biodiversidad

LEGISLACIÓN	DESCRIPCIÓN
Tratado sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Silvestres en Peligro de Extinción (Cites) firmado en 1973 y ratificado por la ley 17 de 1981	Busca proteger las especies en peligro y amenazadas frente a una explotación excesiva reglamentando o prohibiendo el comercio internacional de tales especies o de sus especímenes, cuenta con 3 apéndices en el que se incluyen las especies sobre las que se cierne el mayor grado de peligro.
Convenio Relativo a los humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (Ramsar) 1981 ratificado en la Ley 357 de 1997	Busca garantizar la conservación y el manejo racional de los humedales, reconociendo la importancia de las funciones que cumplen, su riqueza en flora y fauna y su valor económico, como ecosistemas que generalmente ocupan zonas de transición entre áreas húmedas permanentes y áreas usualmente secas
Convenio de Diversidad Biológica (CDB) 1992 ratificado por la Ley 165 de 1994	Instrumento para la conservación de la diversidad biológica, utilización sostenible de sus componentes y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genético. Su objetivo general es promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible
Convenio internacional de Maderas Tropicales 2006	El convenio busca promover la expansión y diversificación del comercio internacional de maderas tropicales de bosques ordenados de forma sostenible y aprovechada legalmente y

LEGISLACIÓN	DESCRIPCIÓN
	promover la ordenación sostenible de los bosques productores de maderas tropicales.

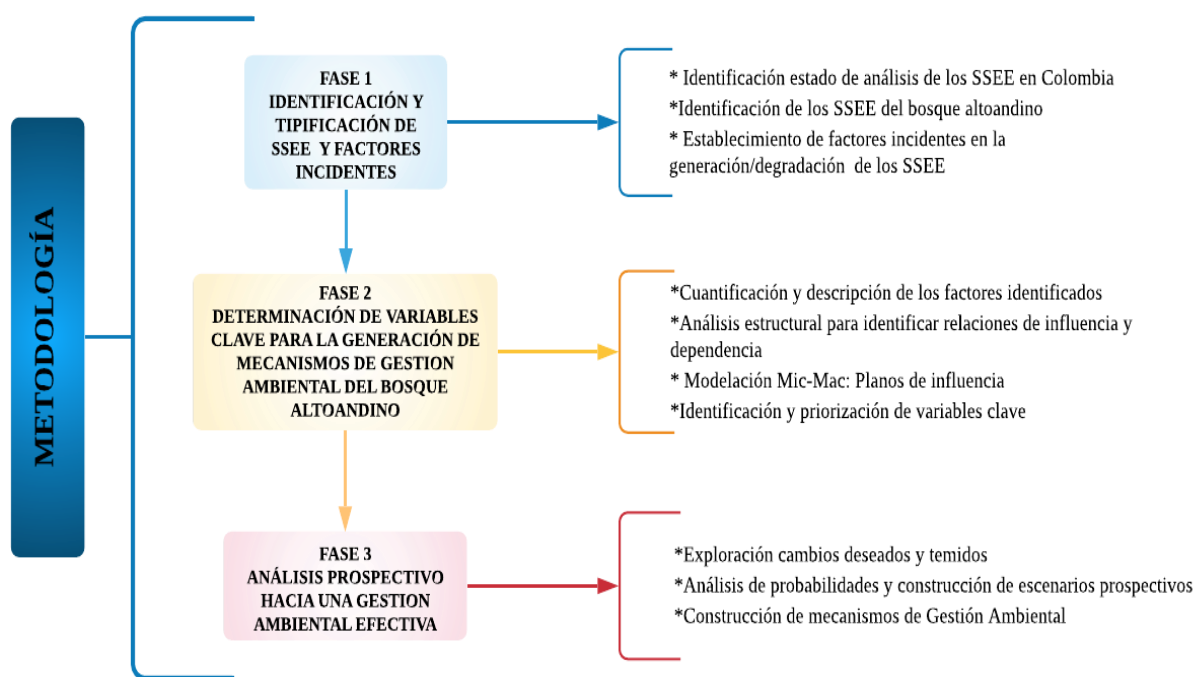
Fuente: Elaboración propia, 2021.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 FASES METODOLÓGICAS

La investigación se desarrolló bajo un marco de un análisis estructuralista en tres (3) fases que permitieron identificar la realidad situacional y retrospectiva de los bosques altoandinos, para abstraer los factores incidentes en su condición, así como las variables de mayor ingerencia que deben ser involucradas en una gestión ambiental efectiva. Establecidas las variables clave se definieron las hipótesis de sus potenciales cambios para a partir de ellas, construir posibles escenarios futuros materializables para una gestión ambiental efectiva que haga concomitante los intereses de la sociedad con los posibles despliegues de capacidades institucionales para su materialización (ver Figura 2).

Figura 2. Fases metodológicas para la formulación de mecanismos de gestión ambiental para la conservación de los servicios ecosistémicos del bosque altoandino colombiano



Fuente: Elaboración propia, 2021.

7.2.1 Fase 1. Identificación y tipificación de los servicios ecosistémicos y factores incidentes en la generación / degradación de los servicios ecosistémicos del bosque altoandino

En esta fase, en un primer momento con el objetivo de contar con un panorama general del abordaje de los servicios ecosistémicos en Colombia, se realizó una búsqueda de documentos disponibles referentes al análisis de los servicios ecosistémicos en el país, a través de cuatro bases de datos: (I) *ScienceDirect*, (II) *Scopus*, (III) *Web of Science* y (IV) *Google Scholar*. Los documentos fueron limitados al uso de palabras clave en inglés (I) bosques (*forests*), (II) servicios (*services*) y (III) ecosistemas (*ecosystem*) a excepción de la base de datos Google Scholar, para poder tener un marco comparativo de referencia entre las bases. La revisión bibliográfica, se realizó para un periodo de tiempo comprendido entre los años 2000 y marzo de 2020.

Se relacionó el número de documentos detectados con el uso de las palabras clave y los enfoques y técnicas de análisis de los servicios ecosistémicos de los bosques, a partir de un índice de frecuencia de citación (Q), el cual tuvo una variación entre 0 y 1 (Ome & Zafra, 2018), en donde Q1 correspondió a valores entre 0,0-0,25; Q2 entre 0,26-0,50; Q3 entre 0,51-0,75, y Q4 entre 0,76-1,0, correspondiendo éste último, al intervalo de agrupación de los factores clave de mayor frecuencia de citación en los documentos científicos de las bases de datos consultadas (Anexo 1). El uso del índice de frecuencia de citación (Q) determina el orden de importancia mediante el valor promedio de cuartiles (Q) obtenido de cada una de las cuatro bases de datos utilizadas para las técnicas de análisis de los servicios ecosistémicos identificadas. Se identificó la categoría de clasificación de los servicios ecosistémicos más investigada, considerando también el índice de frecuencia de citación (Q) para tres categorías: (I) servicios de provisión, (II) servicios de regulación y soporte, y (III) servicios culturales.

De acuerdo con los documentos detectados se identificaron distintos enfoques de estudio según su frecuencia de citación y técnicas de análisis asociadas a los diferentes enfoques.

Finalmente, al interior del primer momento de esta fase, se realizó una revisión sistemática que permitiera el análisis de los servicios ecosistémicos de los distintos bosques en el país, para una ventana de tiempo comprendida entre el año 2000 y marzo de 2020, considerando como principal criterio de inclusión de información los documento tipo artículos científicos, en los cuales se analiza conceptual o metodológicamente los servicios ecosistémicos; empleando así, un total de

52 documentos que si bien no pone en un contexto completo los avances investigativos a nivel nacional, puesto que existe valiosa información que no ha sido llevada a artículos científicos, permite la corroboración de enfoques y técnicas de análisis de los servicios ecosistémicos a nivel nacional.

Los documentos consultados se sistematizaron en una matriz de base de datos que permitió en una primera instancia, dar cuenta de la autoría, año de publicación y localización, y en una segunda instancia, realizar un análisis específico del contenido de los documentos consultados, considerando un total de cinco (5) variables de análisis de acuerdo a la focalización de cada investigación: (I) escala (nacional, regional, departamental o local), (II) tipo de ecosistema (Terrestre, híbrido¹, o marino- costero), (III) tipo de bosque, (IV) enfoque de estudio y (V) servicio ecosistémico analizado (general, provisión, regulación y cultural) ver Anexo 2.

En un segundo momento, se adelantó una segunda revisión sistemática de la literatura relacionada con el análisis de los servicios ecosistémicos en los bosques altoandinos en Colombia, que permitiera identificar y analizar de forma directa e indirecta² los servicios ecosistémicos propios de estos bosques que deben ser conservados. Se asumió la saturación teórica cuando la información recopilada no aportó nada nuevo al desarrollo de las propiedades y dimensiones de las categorías de análisis. El resultado de esta fase permitió dar cumplimiento al primer objetivo específico propuesto.

Se realizó una búsqueda de documentos disponibles referentes al abordaje y análisis de los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos en Colombia considerando como criterio de inclusión artículos científicos consultados en cuatro (4) bases de datos: (I) *ScienceDirect*, (II) *Scopus*, (III) *Web of Science* y (IV) *Google Scholar*, así como documentación institucional que reposara en los repositorios de las principales instituciones ambientales del país. La revisión bibliográfica, se realizó para un periodo de tiempo comprendido entre el año 2000 y enero de 2021, considerando el contenido total de los documentos depositados en las cuatro bases de datos consultadas.

¹ Se consideró como ecosistema híbrido aquel en el que se analizara servicios ecosistémicos provenientes de ecosistemas terrestre y acuáticos.

² Se consideró como análisis directo aquellos documentos que se especializaran en el análisis de uno o varios servicios ecosistémicos en los bosques altoandinos; y se consideró análisis indirecto aquellos documentos que abordaran los bosques altoandinos y que hicieran mención a sus servicios ecosistémicos sin necesidad de realizar un análisis de los mismos.

Los documentos consultados (44) se sistematizaron en una matriz de base de datos que permitió al igual que en el primer momento de revisión bibliográfica, dar cuenta de la autoría, año de publicación y localización y realizar un análisis específico del contenido de los documentos consultados considerando un total de cuatro (4) variables de análisis de acuerdo a la focalización de cada investigación: (I) escala (nacional, regional, departamental o local), (II) servicio ecosistémico analizado (provisión, regulación-soporte³, o cultural), (III) Tipo específico de servicio ecosistémico y (IV) Factor incidente en la generación / degradación de los servicios ecosistémicos. La denominación del tipo específico de servicio ecosistémico se realizó tomando como base la clasificación propuesta en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio – MEA, 2005, lo propuesto por LA TEEB, (2010) y por (Hianes-Young & Potschin, 2012).

Con la información recopilada, se realizó un análisis estadístico descriptivo, en el que a través del uso del Software libre del programa de lenguaje de programación estadística R, versión 4.0.3, y el análisis de datos del programa Microsoft Excel 2019, se evaluó el comportamiento de distribución de las principales variables de análisis, identificando los servicios ecosistémicos de mayor importancia para la comunidad, con ayuda de los paquetes estadísticos “FactoMineR” “Factoextra” y “ggplot2” que permiten establecer niveles de importancia de acuerdo a la construcción de rangos de agrupación de datos según la frecuencia; de esta forma, el programa estableció rangos de importancia para los servicios ecosistémicos según su frecuencia de citación en relación al total de artículos de la revisión sistemática (44 documentos); adicionalmente, se cuantificaron y describieron los factores incidentes en la generación /degradación de los servicios ecosistémicos detectados.

7.2.2 Fase 2. Determinación de variables clave para la generación de mecanismos de gestión ambiental del bosque altoandino

En la segunda fase metodológica, se realizó la caracterización de los factores incidentes en la generación de los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos obtenidos a partir de la información de la revisión sistemática de los 44 documentos identificados en el segundo momento de la primera fase.

³ Se agrupa en una misma categoría de análisis los servicios de regulación y soporte teniendo en cuenta las directrices dadas en la Evaluación de ecosistemas del Milenio de Reino Unido 2011, y la guía para la Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de Colombia 2012.

Se realizó un análisis estructural entre los distintos factores, con el fin de identificar relaciones de influencia que permitiera dar cuenta de cuáles de ellos tienen mayor o menor dependencia. Para el análisis de los factores incidentes se construyó una matriz de influencia directa – MID de doble entrada (Tabla 5) en la que se calificó la influencia directa entre cada factor tomando en consideración la pregunta orientadora: *¿Qué calificación de influencia o afectación tiene la variable 1, sobre la variable 2, la variable 3, ... sobre la variable n.?*

Tabla 5. Matriz de calificación de influencia directa

		Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor n
		v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	vn
Factor 1	v1	0							
Factor 2	v2		0						
Factor 3	v3			0					
Factor 4	v4				0				
Factor 5	v5					0			
Factor 6	v6						0		
Factor 7	v7							0	
Factor 8	vn								0

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La calificación directa de la influencia de cada factor incidente sobre los otros, se realizó teniendo en cuenta:

- 0: influencia nula: la variable “i” no produce impactos significativos sobre “j”
- 1: débil: la variable “i” produce un impacto poco apreciable sobre “j”
- 2: moderada: si un conjunto de variables i_1, i_2, i_3, \dots , actuando conjuntamente tienen tal poder sobre la variable “j” que son determinantes para una gran transformación de ésta
- 3: fuerte: Cuando la variable “i”, por sí sola tiene tal poder sobre “j” que sus dinámicas la transforman radicalmente.

P: potencial: Cuando la variable “i”, tiene potencial futuro de poder sobre “j”

Es importante tener en cuenta que la Matriz de Influencia Directa MID al leerse de manera horizontal, por filas, indica las relaciones de influencia y al leerse de manera vertical, por columnas, indica la dependencia de las variables.

Construida la matriz de influencia directa, se llevó al Software MicMac: Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación para determinar y analizar las influencias a partir de cuatro grupos: (I) influencias Directas, (II) influencias Directas potenciales, (III) influencias indirectas, y (IV) influencias indirectas potenciales.

El software MicMac, permite calcular las relaciones indirectas entre las variables con base en la multiplicación de “n” veces cada celda; además, a través de la calificación directa del valor potencia “P”, es posible involucrar elementos de exploración de futuro que permitan analizar las relaciones de las variables, toda vez que esta calificación permite incluir influencias futuras de una variable sobre la otra, lo anterior, siempre manteniendo como marco de referencia la comprensión de la gestión ambiental para la conservación de los servicios ecosistémicos a 10 años.

Se construyó el plano de influencias para identificar los relacionamientos indirectos, indirectos y potenciales entre las variables, para su posterior priorización y se realizó un ejercicio de modelación con MicMac para representar la realidad de las relaciones que ocurren entre las distintas variables identificadas. Se presenta la posición de cada variable en la diagonal de entradas y salidas (lectura hecha desde el cuadrante superior izquierdo hasta el cuadrante inferior derecho), así como la diagonal estratégica (lectura realizada desde el cuadrante inferior izquierdo hasta el cuadrante superior derecho) teniendo en cuenta la Tabla 6.

Tabla 6. *Tipología de variables según el plano de influencia y dependencia indirecta potencial.*

DIAGONAL	TIPIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	DESCRIPCIÓN	TIPOLOGÍA DE VARIABLES
Diagonal de entradas y salidas	Variables de entrada / determinantes		
	Variables de salida		

DIAGONAL	TIPIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	DESCRIPCIÓN	TIPOLOGÍA DE VARIABLES
Diagonal estratégica	Variables autónomas		
	Variables palanca		
	Variables clave		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En relación con la interpretación de las variables de acuerdo con su disposición en la diagonal estratégica, a medida que se alejan del origen (costado inferior izquierdo del plano), las variables son de mayor interés estratégico, en este caso, la lectura es desde el cuadrante inferior izquierdo hasta el cuadrante superior derecho donde se encuentran las variables de mayor importancia estratégica.

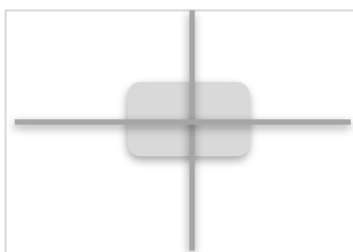
A continuación, se describen el conjunto de variables que hacen parte de la diagonal estratégica, a saber: variables clave / estratégicas, variables palanca / regulación o variables autónomas.

❖ Variables clave/estratégicas



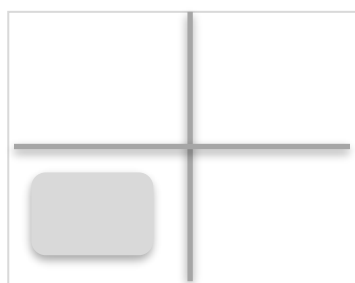
En este cuadrante se ubican las variables de mayor motricidad y dependencia. Por tanto, las variables ubicadas en este cuadrante, indican de forma preliminar, la focalización de la gestión ambiental orientada a la conservación de los servicios ecosistémicos. Asimismo, al tener alto grado de motricidad/influencia, cualquier acción sobre ellas moviliza rápidamente a todo el sistema, son variables de gran importancia y a su vez, integradoras, razón por lo cual se convierten en las variables clave o reto y son los principales direccionadores de futuro para la construcción de los escenarios prospectivos.

❖ Variables de Regulación y/o Palancas Secundarias



Son las variables que se ubican en el centro del Plano de Influencia / Dependencia, regulan la gestión ambiental de los SSEE entendida desde una perspectiva sistémica. En estas variables se deben enfocar acciones de corto plazo para movilizar otras variables de mayor importancia estratégica.

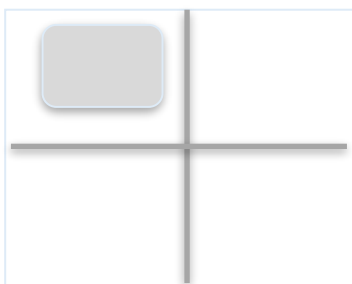
❖ Variables autónomas



Estas variables son poco influyentes o motrices y, además, poco dependientes. En esta zona, próxima al origen, se sitúan las variables que se corresponden con tendencias pasadas o inercias del sistema, o bien están desconectadas del mismo y pueden no ser estructurales para la construcción de los mecanismos de gestión ambiental para la conservación de los SSEE.

En relación con la *Diagonal de entradas y salidas*, ubicadas desde el cuadrante superior izquierdo hasta el cuadrante inferior derecho, a continuación, se presenta su descripción.

❖ Variables de entrada / determinantes



Estas variables del cuadrante superior izquierdo, son fuertemente motrices/influyentes y poco dependientes, razón por la cual determinan la construcción de los mecanismos de gestión ambiental para la conservación de los SSEE. En este sentido, se puede observar que en este cuadrante se ubican las variables que hacen parte del entorno y, a su vez, generan alta motricidad en el mismo. Al ubicarse en este cuadrante, estas variables no son de completo control por parte de los actores del territorio que participen en la implementación de la gestión ambiental y, por tanto, exigen una alta articulación de orden intersectorial y subnacional de los distintos actores políticos y sociales.

❖ Variables de salida



En este cuadrante inferior derecho, se ubican las variables que se consideran resultado de la gestión ambiental para la conservación de los SSEE. En este sentido, estas variables se relacionan con indicadores que permiten medir el resultado de las acciones de política, y son sobre las cuales no es recomendable enfocar las acciones de corto plazo, en atención a que solo en la medida que se logren otros objetivos primarios o estratégicos relacionados con las variables clave (cuadrante superior derecho), las variables resultado se comportarán como indicadores descriptivos de la evolución.

Una vez realizado el análisis de influencia directa, directa potencial, indirecta e indirecta potencial a través del software especializado MicMac, las variables de mayor incidencia se denominaron “Variables clave”, y sobre estas se realizó la construcción de los escenarios futuros. El análisis elaborado se construye con base en un momento, una técnica y un tiempo, para al final generar un producto: identificación de variables estratégicas para la construcción de escenarios claves en pro de la conservación de los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos.

7.2.3 Fase 3. Análisis prospectivo hacia una gestión ambiental efectiva

En la tercera fase, una vez realizado el análisis estructural de los factores incidentes e identificadas las variables clave, se procedió a construir los distintos tipos de escenarios e hipótesis de múltiples futuros. La construcción de escenarios prospectivos, se diseñó sobre la base de la identificación del futuro como un espacio de: I) voluntad, movilización de los actores del territorio para lograr el escenario deseado que oriente la conservación de los servicios ecosistémicos del bosque altoandino colombiano, II) poder, dado que en la medida que se fortalezca el nivel de apropiación de los mecanismos de gestión ambiental, será posible mantener lo propuesto como acción de largo plazo y III) libertad, por lo que la construcción de escenarios prospectivos se hace analizando un conjunto de posibilidades futuras (Gabiña, 1999).

El análisis prospectivo se realizó tomando en consideración la metodología prospectiva referida por la CEPAL (2007), la matriz del cambio para posicionamiento ante el futuro referida por Godet, (2005) y las variables clave resultantes del ejercicio Mic Mac. El análisis prospectivo

y la formulación de los mecanismos de gestión ambiental para la conservación de los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos en Colombia, se desarrolló a partir de tres fases: (I) Exploración preliminar de cambios deseados y temidos, (II) Análisis de probabilidades y construcción de Escenarios prospectivos y (III) Construcción de los mecanismos de gestión ambiental.

7.2.3.1 Exploración preliminar de cambios deseados y temidos

Se utiliza la técnica de matriz del cambio, la cual busca establecer percepciones de futuro a diez (10) años a partir de las variables clave resultantes del ejercicio Mic - Mac. La matriz de cambio permite identificar a partir de la consulta a distintos actores, el tipo de cambio, variables clave incidentes, hipótesis de futuro, probabilidad de ocurrencia, el año en que se espera el evento futuro y finalmente, si es un cambio positivo o negativo (Mojica F. , 2005) (ver Tabla 7).

En el diligenciamiento de la matriz, de acuerdo con lo referido por el autor anteriormente citado, se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- ❖ **Tipología del cambio:** Se clasifica como deseado o temido, donde:
 - **Cambios deseados:** se refiere al conjunto de fenómenos de futuro que representan los anhelos en torno a la construcción de escenarios prospectivos.
 - **Cambios temidos:** busca identificar los principales cambios que pueden incidir negativamente.
- ❖ **Variables clave incidentes:** Se relacionan las variables clave identificadas en el ejercicio Mic- Mac.
- ❖ **Hipótesis de cambio:** La hipótesis será cualitativa donde debe referirse a un estado de mediano/largo plazo.
- ❖ **Probabilidad de ocurrencia:** Se califica del 1 al 10, donde 1 es muy baja probabilidad y 10 es muy alta probabilidad de ocurrencia, para indicar que el enunciado/hipótesis de futuro se cumplirá en el mediano/largo plazo.
- ❖ **Temporalidad** (1. Próximo año, 2. Próximos 5 años, 3. Próximos 10 años): se relaciona el tiempo en el que se considera que la probabilidad de ocurrencia antes seleccionada, se cumpla.

- ❖ **Deseabilidad** (- negativo, + positivo): se indica si la ocurrencia de la hipótesis planteada es deseada (+) o si es no deseada (-).

Tabla 7. *Matriz del cambio para análisis de las variables clave.*

MATRIZ DEL CAMBIO (PROSPECTIVA)					
Tipología del cambio Deseado/Temido	Variable clave Mic-Mac	Hipótesis de cambio (Deseada o Temida)	Probabilidad de ocurrencia (1-10)	Temporalidad (1. Próximo año, 2. Próximos 5 años, 3. Próximos 10 años)	Deseabilidad (- negativo, + positivo)

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La consulta actores se realizó para cuatro (4) grupos clave identificados de acuerdo a las consideraciones de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus servicios ecosistémicos: I) Elaboradores de política y administradores II) Usuarios de los SSEE, III) Generadores de conocimiento para la toma de decisiones y V) Órganos reglamentadores.

El primer grupo de actores “Elaboradores de política y administradores”, incluyó las instituciones públicas que generan políticas sectoriales ambientales e instrumentación técnica y normativa relacionada; adicionalmente, en ese grupo se involucraron aquellas instituciones que ejercen acciones de gobernabilidad y protección de la diversidad biológica a distintas escaladas geográficas. Se consultó en este grupo a el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Corporación autónoma regional - CAR.

El segundo grupo corresponde los “usuarios directos e indirectos” que utilizan como principal elemento para el desarrollo de sus actividades o como fuente de materias primas la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos del país, y aquellos que, aunque se benefician de la biodiversidad y de los SSEE no extraen bienes o sustentan una actividad productiva de los recursos biológicos de estos bosques. En este grupo se incluyó personal agropecuario/forestal y sociedad civil.

El tercer grupo de actores se centró en generadores de conocimiento para la toma de decisiones, los cuales producen información necesaria para conservar la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos a través de investigación científica o conocimiento empírico, permiten generar fortalecimiento a la capacidad de gestión ambiental de las instituciones, inciden en los procesos de elaboración de políticas, planificación territorial e instrumentos de control. Se incluyó grupos de investigaciones de universidades, y el Instituto de Investigaciones de Recursos biológicos Alexander Von Humboldt.

Se conformó un cuarto grupo de actores a partir de instituciones de orden nacional que cumplen el papel de órganos reglamentadores al ejercer control político, expedir decretos, y normas relacionadas a los aspectos que se refieren en la Política de Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos. Se incluyó en este grupo a la secretaria de Ambiente de Bogotá, y el Departamento Nacional de Planeación – DNP.

7.2.3.2 Análisis de probabilidades y construcción de escenarios prospectivos

Teniendo en cuenta los resultados del diligenciamiento de la matriz de cambio, se construye un conjunto de probabilidades que contempla:

- ❖ Construcción de hipótesis de futuro como insumo para el análisis SMIC-PROB-EXPERT de Impactos Cruzados Probabilísticos.
- ❖ Cálculo de probabilidades simples a través de consulta digital a expertos de los cuatro grupos definidos, a través de formularios de Google.
- ❖ Cálculo de probabilidades condicionadas de si “SI” realización a través de consulta digital a expertos.
- ❖ Cálculo de probabilidades condicionadas de si “NO” realización a través de consulta digital a expertos.

El principal objetivo de la técnica SMIC-PRO-EXPERT, es analizar la consistencia a la formulación de hipótesis sobre la evolución futura de un sistema, en este caso la gestión ambiental para la conservación de los SSEE en los bosques altoandinos de Colombia, y al mismo tiempo, identificar distintas probabilidades de ocurrencia de escenarios prospectivos. El SMIC-PRO-EXPERT se basa en el supuesto que los expertos pueden dar respuestas a probabilidades simples y condicionadas de un conjunto de hipótesis seleccionadas previamente; asimismo, y en función de las inconsistencias que pueden surgir en las respuestas de los expertos, el SMIC «corrige»,

utilizando funciones de distancia. Esta corrección de las probabilidades simples y condicionales busca que estas satisfagan los axiomas de la probabilidad simple o combinadas de ocurrencia o no ocurrencia de determinados eventos (Diego & Candela , 2014) es así, como la consulta a distintos actores permite construir hipótesis de futuro para los bosques altoandinos.

Las hipótesis construidas fueron enviadas a través de una encuesta digital a cada uno de los cuatro grupos de actores definidos, con las hipótesis de futuro simples y condicionadas, permitiendo establecer valoraciones probabilísticas insumo para el análisis con el SMIC-PRO-EXPERT (ver Tabla 8).

Tabla 8. *Análisis probabilístico realizado*

SMIC-PRO-EXPERT		PREGUNTA ORIENTADORA PARA CADA EXPERTO
Probabilidad simple de realización de cada una hipótesis	P(A)	¿Qué tan probable es que ocurran la hipótesis 1, 2, 3, 4, 5 y 6?
Probabilidad condicional de cumplimiento de cada una de las hipótesis, en función de que el resto de las hipótesis se cumplan	P(A/B)	¿Qué tan probable es que ocurra la hipótesis 1 SI OCURRE la hipótesis 2, si ocurre la 3, si ocurre la 4, si ocurre la 5 y si ocurre la 6? (este ejercicio de iteración se realiza con cada una de las hipótesis)
Probabilidad condicional de cumplimiento de cada una de las hipótesis, en función de que el resto de las hipótesis NO se cumplan	P(A/no B)	¿Qué tan probable es que ocurra la hipótesis 1 SI NO OCURRE la hipótesis 2, si ocurre la 3, si ocurre la 4, si ocurre la 5 y si ocurre la 6? (este ejercicio de iteración se realiza con cada una de las hipótesis)

Fuente: *Elaboración propia, 2021.*

Calificadas las probabilidades de ocurrencia de cada hipótesis simple, así como la probabilidad condicional de “SÍ” o “NO” realización de las demás, se procedió a realizar el análisis de los datos en el software de prospectiva estratégica SMIC-PRO-EXPERT. El análisis de

probabilidad de los escenarios se realizó a partir de minimización cuadrática que calcula la probabilidad de ocurrencia de cada escenario. El método SMIC-PROB-EXPERT de acuerdo con el Laboratorio de Investigación Prospectiva Estratégica de Organizaciones – LIPSOR, (2013), transforma las probabilidades de hipótesis o eventos definidos por los expertos en datos coherentes. El método, contiene dos matrices que permiten evaluar el impacto de “SI” realización o de “NO” realización de una hipótesis j sobre la probabilidad de realización de una hipótesis i , según:

- La matriz de efectos de hipótesis “SI” realización está determinada de la siguiente manera:

$$M_{effets}(i,j) = P(i, j) - P(i)$$
- La matriz de efectos de hipótesis si “NO” realización está determinada de la manera siguiente:

$$M_{effets}(i,j) = P(i, nonj) - P(i)$$
- Los valores positivos significan que la realización /no realización de la hipótesis j aumentará la probabilidad de realización de la hipótesis i .
- Los valores negativos significan que la realización /no realización de la hipótesis j disminuirá la probabilidad de realización de la hipótesis i .

Con base en las interacciones existentes entre cada hipótesis/evento de futuro, se realiza el cálculo de escenarios posibles de la forma 2^n donde n es el número de hipótesis planteadas. Finalmente, se realizó la construcción de los escenarios prospectivos con base en los resultados de análisis en el software SMIC-PRO-EXPERT, obteniendo escenarios posibles, escenarios improbables, y un escenario apuesta sobre el cual se deben dirigir las acciones de los mecanismos de gestión ambiental.

7.2.3.3 Construcción de los mecanismos de gestión ambiental

Con el desarrollo de las dos fases metodológicas anteriormente implementadas, se procedió a construir mecanismos diferenciados de gestión ambiental para la conservación de los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos en Colombia, a partir de los tres elementos base de la gestión: planificación, mecanismos de ejecución y protocolos de control, los cuales orientan sobre las estrategias a cometer, los objetivos a implementar, las metas a conseguir para una gestión ambiental sobre el bosque altoandino que permita alcanzar el escenario apuesta para la conservación de los SSEE conexos de los mismos en un horizonte de diez (10) años.

La construcción de los mecanismos de gestión, se focalizan en estrategias prospectivas que determinan las necesidades de ejecución de acciones, así como elementos de control, que permitan verificar la consecución del futuro apuesta en términos de la conservación de los bosques altoandinos y sus Servicios Ecosistémicos durante los próximos diez años. La formulación de las estrategias parte de identificar variables incidentes en el escenario apuesta que permitan establecer el sobre qué actuar para procurar el cambio deseado y herramientas de gestión basado en acciones diferenciadas para propiciar dichos cambios; de esta forma, la estrategia se convierte en caminos orientadores y diferenciados para dar cumplimiento a los objetivos y metas establecidos en el escenario apuesta.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados y discusión para cada una de las tres (3) fases metodológicas expuestas en el acápite anterior.

8.1 FASE 1. IDENTIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL BOSQUE ALTOANDINO

Se presentan los resultados asociados al análisis de los servicios ecosistémicos de los bosques desde una visión general de Colombia hasta el análisis particular en los bosques altoandinos del país.

8.1.1 Abordaje de los servicios ecosistémicos de los bosques en Colombia reportados en artículos científicos

De acuerdo a la pesquisa documental efectuada en las cuatro bases de datos, se identificó un mayor número de documentos que relacionan de forma directa o indirecta los servicios ecosistémicos en la base ScienceDirect (1.944), seguido de Google Scholar (747), Scopus (504) y Web of Science (260). Se identificaron en los primeros 100 documentos reportados por la base de datos Scopus los principales enfoques de estudio y técnicas de análisis de los servicios ecosistémicos de los bosques más referenciados en Colombia, identificando seis (6) enfoques de estudio según su frecuencia de citación: (I) Evaluación, (II) Valoración, (III) Revisión, (IV) Mapeo, (V) Modelación y (VI) Prospectiva, los cuales coinciden con los principales enfoques de estudio de los servicios ecosistémicos considerados por Balvanera & H., (2009) y Barrera, Bachmann, & Tironi, (2015); adicionalmente, se identificaron 15 técnicas de análisis asociadas a los anteriores enfoques (ver Tabla 9).

Tabla 9. *Enfoques de estudio y técnicas de análisis de los Servicios Ecosistémicos a nivel mundial.*

Nº	ENFOQUES DE ESTUDIO	Nº	TÉCNICA DE ANÁLISIS
1	Evaluación (evaluation)	1	Estado de los servicios ecosistémicos
		2	Administración
		3	Valoración integral
2	Valoración (valuation)	4	Valoración económica
		5	pago por servicios ecosistémicos
		6	Meta-análisis

N°	ENFOQUES DE ESTUDIO	N°	TÉCNICA DE ANÁLISIS
3	Revisión (review)	7	Conceptualización
		8	Abordaje y metodologías
		9	Uso y percepción
4	Mapeo (Mapping)	10	Análisis Espacial
5	Modelación (Modeling)	11	Modelos numéricos
		12	programación
		13	Análisis dinámico
6	Prospectiva (prospective)	14	Optimización
		15	Escenarios

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Es necesario precisar cada uno de enfoques de estudio utilizados en este documento. Se consideró como enfoque de evaluación aquel que permitiera el análisis de los distintos servicios ecosistémicos que provee un bosque en particular, a partir del estudio de sus componentes y procesos involucrados en la provisión de los servicios. Se incluyó también en este enfoque los documentos que involucraran estrategias incidentes en las instituciones que manejan los servicios ecosistémicos, o que consideraran la normatividad en torno al tema y directrices de política.

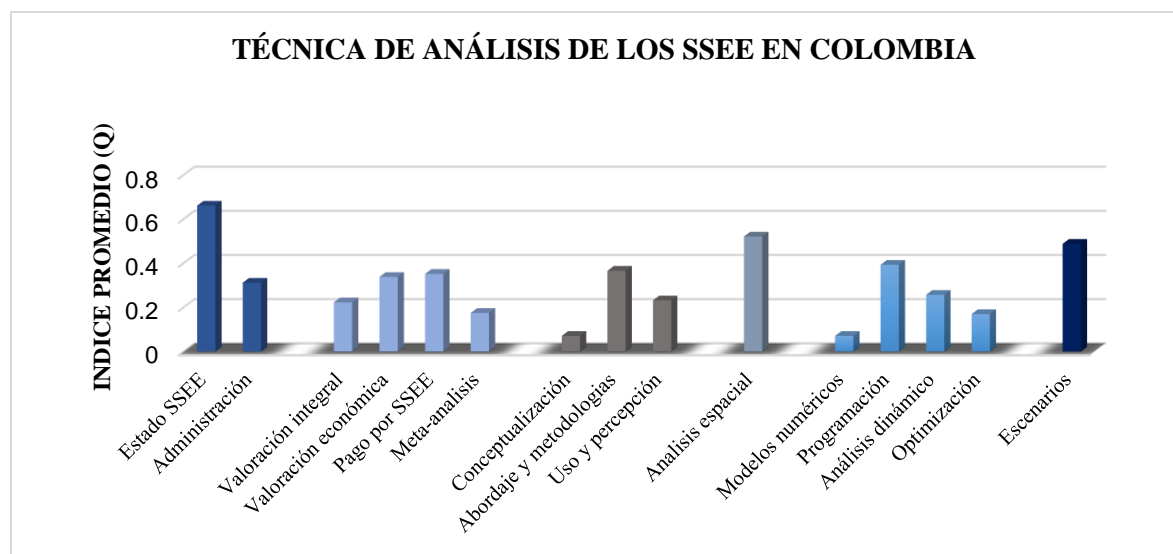
El enfoque de valoración, consideró aquellos documentos en los cuales se presentan metodologías de valuación económica para los distintos servicios ecosistémicos derivados de los bosques; así mismo, se consideró aquellas evaluaciones integrales en las que se realizara el reconocimiento del contexto local de los servicios ecosistémicos, los actores asociados, el entendimiento de trade-offs y sinergias asociadas, además de documentos basados en aspectos económicos que conllevaran a la generación de esquemas de pagos por servicios ecosistémicos.

El enfoque de revisión, contempló los distintos tipos de marcos conceptuales y metodológicos para el estudio de los servicios ecosistémicos de los bosques, así como las percepciones y usos que la comunidad tiene frente a éstos. El enfoque de mapeo consideró la generación de mapas de distribución de los servicios y en el enfoque de modelación se consideraron las investigaciones que incluían modelos numéricos, análisis dinámicos, modelos de programación o de optimización que permitieran calcular los valores de flujo de relaciones de los servicios ecosistémicos al interior de los bosques. Finalmente, el enfoque de prospectiva consideró

los documentos en los que se hiciera uso de escenarios futuros sobre la tendencia y provisión de los distintos servicios ecosistémicos evaluados.

A partir del índice de citación promedio (Q) establecido para Colombia (Anexo 1), se identificó un mayor predominio de investigaciones que evalúan el estado de los servicios ecosistémicos (0,661-Q3) seguido de aquellas que realizan análisis espacial (0,521-Q3); el restante de las técnicas, se agrupó en los cuartiles promedio de citación Q2 (53,3%) con valores entre 0,26 y 0,50 y Q1 (33,3%) con valores entre 0 y 0,25 (ver Figura 3) .

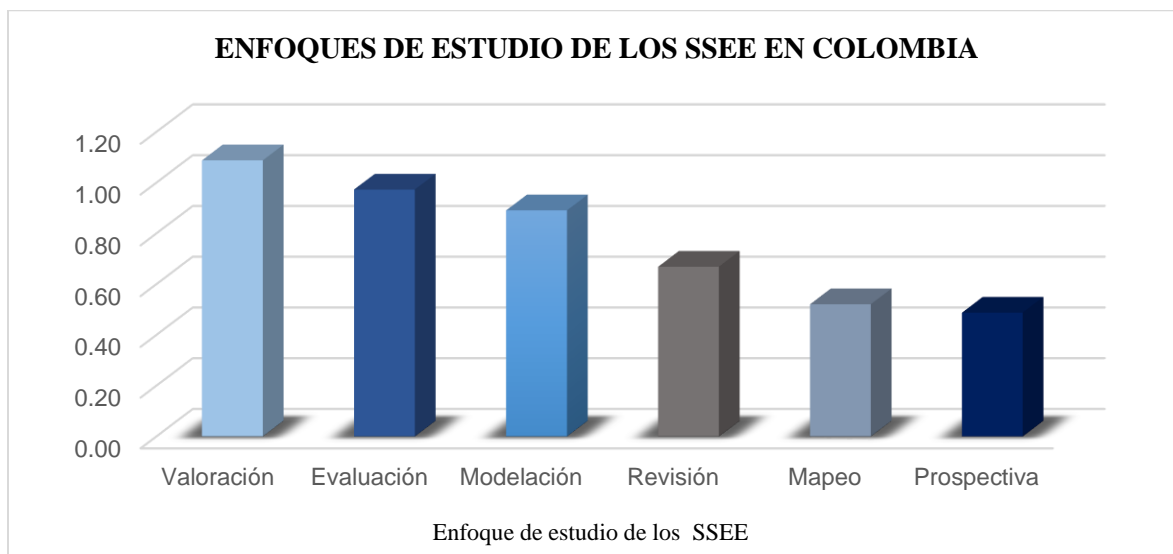
Figura 3. Técnica de análisis de los SSEE más utilizada en Colombia de acuerdo con el índice de citación (Q).



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Teniendo en cuenta el valor del índice promedio (Q) acumulado de cada una de las técnicas de análisis, se identificó una mayor concentración de citación en el enfoque de estudio de valoración, seguido del de evaluación, modelación, revisión, mapeo y prospectiva (ver Figura 4), lo cual, permite evidenciar que en el país los enfoques que mayormente relacionan los servicios ecosistémicos están basados en la realización de valoraciones integrales, económicas, pago por servicios ecosistémicos y ejercicios de meta análisis.

Figura 4 Principales enfoques de estudio de los SSEE en Colombia de acuerdo al valor acumulado del Índice (Q) de las técnicas de análisis.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En cuanto a la clasificación de los servicios ecosistémicos de mayor citación, se identificó el mayor valor para los servicios de regulación y soporte (0,477-Q2), seguido de los servicios de provisión (0,395-Q2) y los servicios culturales (0,356-Q2).

Tomando en consideración la revisión bibliográfica de los 52 documentos tipo artículo científico en torno al análisis de los servicios ecosistémicos de los bosques en Colombia, se construyó una matriz de base de datos, en la cual se sistematizó toda la información recopilada (ver Anexo 2) a fin de analizar las cinco variables principales referidas con anterioridad en la metodología.

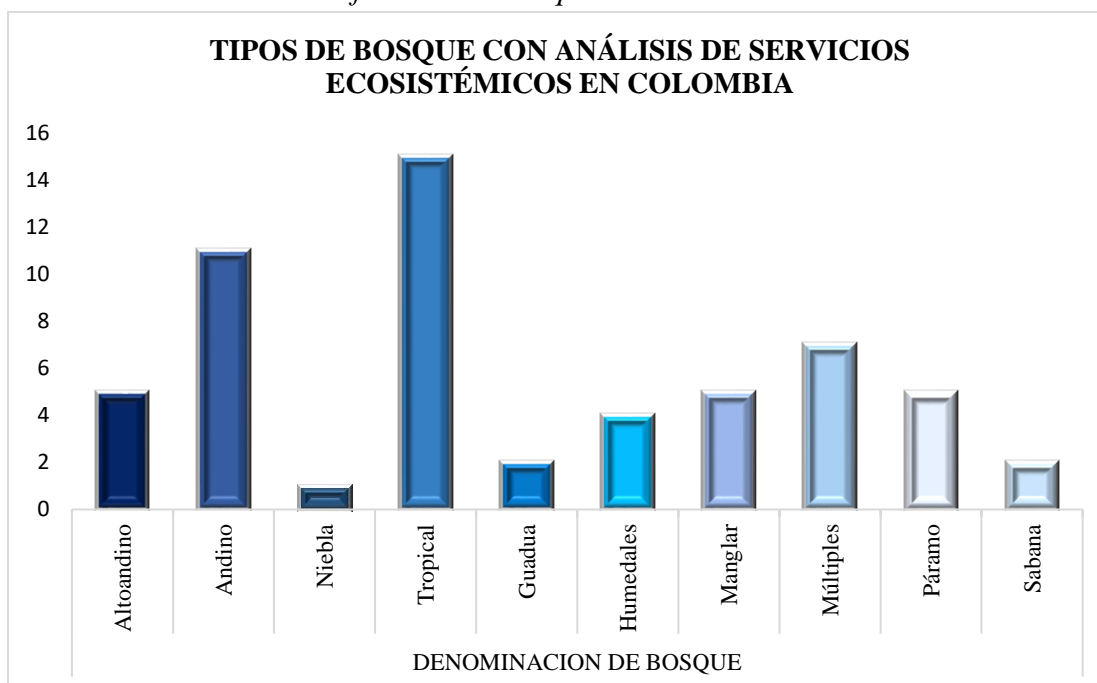
Se identificó a partir de la localización de los estudios revisados, una tendencia de distribución del análisis de los servicios ecosistémicos de los bosques enfocados en la región andina (50%), seguido de la región amazónica (17,31%), pacífico (13,46%), Orinoquía (11,54%) y en menor cantidad en la región caribe (7,69%). En relación a la escala, se identificó una mayor concentración en los estudios locales (61,54%), seguido de los de escala regional (17,31%), nacional (15,38%), y en manera marginal a nivel departamental (5,77%).

Se identificaron artículos científicos de análisis de servicios ecosistémicos en Colombia solamente desde el año 2011, lo que ratifica la presunción de una resolución epistemológica en el

año 2005 cuando se desarrolló la Evaluación de Ecosistemas del Milenio la cual aportó las bases conceptuales y metodológicas para el estudio de los servicios ecosistémicos, adoptado por el país en el año 2012, con la formulación de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), así como, la incorporación de los servicios ecosistémicos a finales de 2013 como pilar de investigación para el manejo ecosistemas naturales en el país, en cabeza del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (Barrera S. , y otros, 2019).

Respecto a los tipos de bosque, se identificaron diez (10) denominaciones estos: I) Altoandino, II) Andino, III) Niebla, IV) Tropical, V) Guadua, VI) Humedal VI) Manglar, VII) Múltiples, IX) Páramo y X) Sabana, relacionando un mayor campo de estudio para los bosques tropicales (26,3%), seguido del bosque andino (19,3%) y los bosques múltiples (12,28%); en tanto que para los bosques altoandinos y manglares (8,77% cada uno) y los humedales (7,02%) las referencias son moderadas. Los bosques que en menor cantidad de artículos se presentan, corresponden a los relictos de bosque de niebla (1,7%) y los ubicados en las sabanas y los guaduales (3,51% c/u).

Figura 5. Denominaciones de bosques encontrados en el análisis de los artículos científicos de los bosques en Colombia.

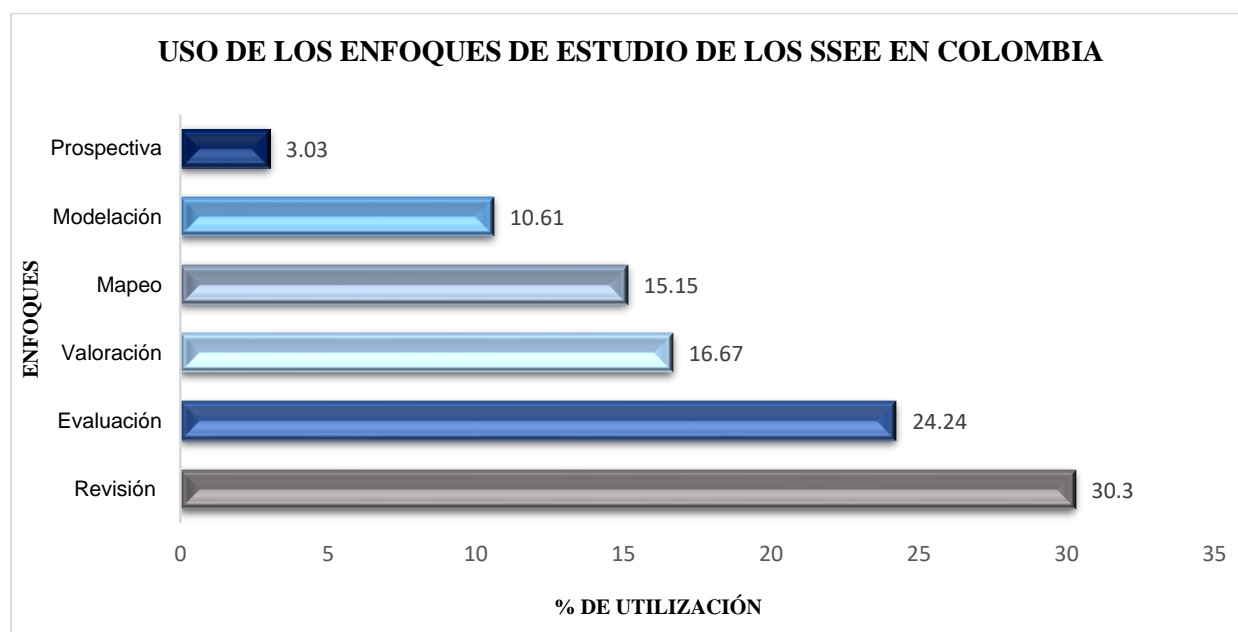


Fuente: Elaboración propia, 2021.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace evidente la necesidad de emprender investigaciones más profundas en los bosques asociados a los ecosistemas marino-costeros y acuáticos, teniendo en cuenta las características únicas de dichas zonas y la provisión de servicios ecosistémicos que brindan a la sociedad; así mismo, debe considerarse un abordaje a profundidad sobre los bosques de niebla y bosques altoandinos, los cuales se vieron escasamente representados en los resultados de la investigación, y son éstos los que sustentan la mayor parte de la población del país, generando un alto flujo de funciones, pero que debido a procesos antrópicos, ha sufrido importantes transformaciones llevándolos a condiciones de relictualidad.

El mayor enfoque de estudio reportado en los artículos para los servicios ecosistémicos de los bosques en Colombia, corresponde al enfoque de revisión (30,3%), seguido del de evaluación (24,2%), valoración (16,7%), mapeo (15,2%), modelación (10,61%) y prospectiva (3,03%) (ver Figura 6).

Figura 6. Enfoques de estudio de los servicios ecosistémicos en Colombia



Fuente: Elaboración propia, 2021.

La técnica de análisis de mayor uso correspondió a la evaluación del estado de los servicios ecosistémicos (22,06%), lo que concuerda con el predominio de análisis de escala local, ya que cuando se analiza el estado de algún servicio ecosistémico, generalmente se hace para una zona local en particular. Seguidamente, se identifica el análisis espacial (16,18%) y la revisión de los

servicios a través de su abordaje y metodologías empleadas (13,24). Las técnicas de análisis dinámico, administración, meta-análisis y valoración integral fueron las técnicas con menor representatividad en la revisión documental (1 documento por técnica), permitiendo identificar vacíos de información y futuras orientaciones de investigación.

Respecto a los servicios ecosistémicos, se identificó a la categoría de servicios ecosistémicos de regulación y soporte como la más estudiada en el país (35,9%), seguida de la de provisión (25,6%), cultural (21,8%) y un restante 16,7% correspondiente al análisis general de los mismos.

8.1.2 Análisis del estudio de los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos en Colombia

A partir de la revisión bibliográfica de los 44 documentos en torno al análisis de los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos en Colombia analizados con la segunda revisión sistemática, se construyó una matriz de base de datos, en la cual se sistematizó toda la información recopilada (ver Anexo 3) analizando las cuatro (4) variables principales referidas en la metodología.

Se identificó a partir de la escala de análisis de los documentos una mayor concentración en los estudios locales con un porcentaje del 52,3%, seguido de los estudios nacionales con un 20,5%, los regionales con un 18,2%, y en menor medida los departamentales con un 9,9%.

La ventana de tiempo seleccionada para la búsqueda y análisis de los documentos utilizados, correspondió a un periodo de 20 años comprendido entre el año 2000 y enero de 2021; sin embargo, en los resultados de búsqueda, solamente se identificaron artículos desde el año 2004 (1 artículo) lo cual ratifica la tendencia de análisis a nivel nacional en el que se evidencia el aumento de estudios posterior al desarrollo de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio.

La producción científica en torno a los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos en Colombia, ha tenido un mayor aumento en la última década, respecto a los estudios realizados a principio de siglo; sin embargo, no se compara con la producción científica de países como Ecuador y Perú en donde la literatura entorno a estos bosques se presenta más especializada (Bosquesandinos, 2020).

La revisión sistemática efectuada sobre los 44 documentos seleccionados de las cuatro bases de datos auscultadas, permitió identificar a la categoría de servicios ecosistémicos de regulación y soporte como la más estudiada para los bosques altoandinos (54,8%), seguida de la de provisión (31%), y cultural con un (14,3%). Se identificaron al interior de las tres (3) categorías de clasificación de los servicios ecosistémicos 22 distintos tipos de servicios, de los cuales 11 se concentran en la categoría de los servicios de regulación /soporte, seis (6) en los servicios culturales y cinco (5) en la de provisión (ver Tabla 10).

Tabla 10. *Tipos de servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos colombianos*

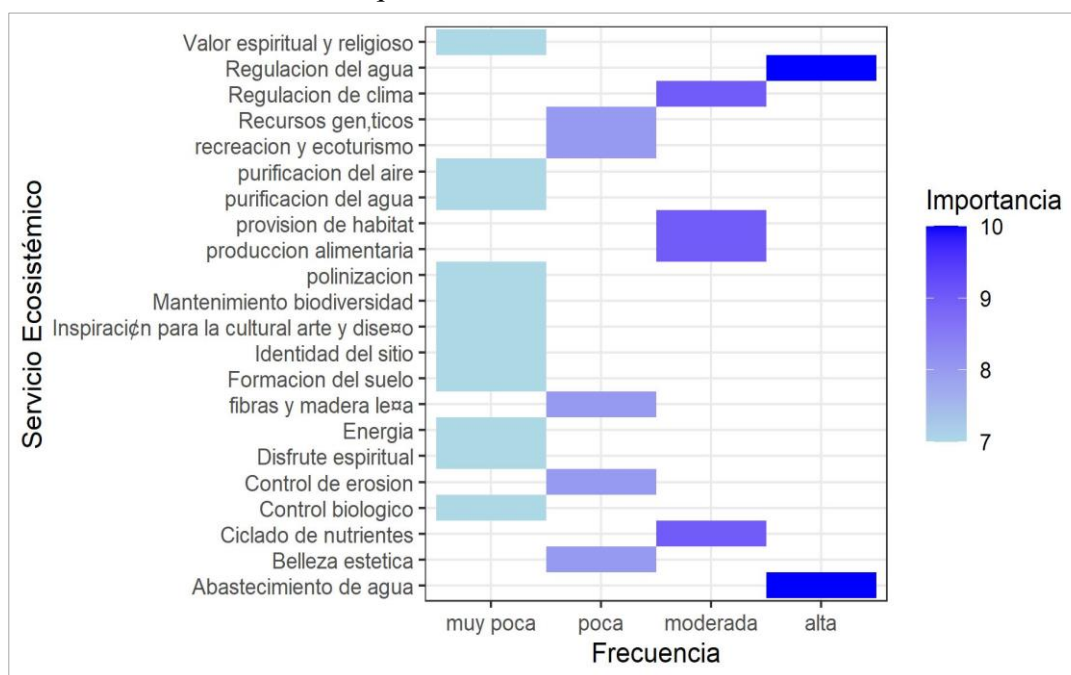
TIPO DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	
Cultural	Provisión
Belleza estética	Abastecimiento de agua
Disfrute espiritual	Energía
Identidad del sitio	fibras y madera (leña)
Inspiración para la cultural, arte y diseño	Producción alimentaria
Recreación y ecoturismo	Recursos genéticos
Valor espiritual y religioso	
Regulación / Soporte	
Formación del suelo	Polinización
Ciclado de nutrientes	Provisión de hábitat
Control biológico	Purificación del agua
Control de erosión	Purificación del aire
Mantenimiento biodiversidad	Regulación de clima
Regulación del agua	

Fuente: *Elaboración propia, 2021.*

De acuerdo a la frecuencia absoluta de cada uno de los distintos tipos de servicios registrados en la matriz de datos, se establecieron cuatro (4) categorías de importancia para los servicios ecosistémicos analizados con ayuda del software R.: (I) categoría de importancia alta con calificación de 10, (II) importancia moderada con valor de 9, (III) poca importancia con valor de 8 y (IV) Muy poca importancia con una calificación de 7. A partir de lo anterior, se identificó a los servicios de regulación y abastecimiento del agua como los servicios más importantes al interior de los bosques altoandinos; seguidos con una importancia moderada por los servicios de

regulación del clima, producción alimentaria, producción de hábitat y ciclado de nutrientes, con poca importancia la recreación y turismo, los recursos genéticos y la belleza estética, y con muy poca importancia los servicios asociados al valor espiritual y religioso, la producción alimentaria, el control biológico, el disfrute espiritual, la energía, formación del suelo, el mantenimiento de la biodiversidad, la purificación del aire, la identidad del sitio y la polinización (ver Figura 7).

Figura 7. Nivel de importancia de los servicios ecosistémicos identificados en los bosques altoandinos de Colombia.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Desde la generalidad de los bosques andinos (altoandinos y subandinos), se evidencia en ellos un papel fundamental en la provisión de bienes y servicios ecosistémicos a partir de la regulación del clima y el suministro de agua, la atenuación de las inundaciones y las sequías, mitigación de las emisiones de GEI y mantenimiento de los hábitats que permiten la permanencia a largo plazo de la biodiversidad; a pesar de esto, se presentan vacíos de información importantes en comparación con otros ecosistemas forestales como se refleja a través de la revisión sistemática del análisis de los bosques en Colombia, en la cual se evidenció una muy baja representatividad de estudios en los ecosistemas andinos en comparación con los bosques tropicales, resultados que pueden deberse en parte a la complejidad de estos ecosistemas, y a los diferentes disturbios tanto naturales como antrópicos tales como la deforestación y degradación (Cuesta et al. 2012;

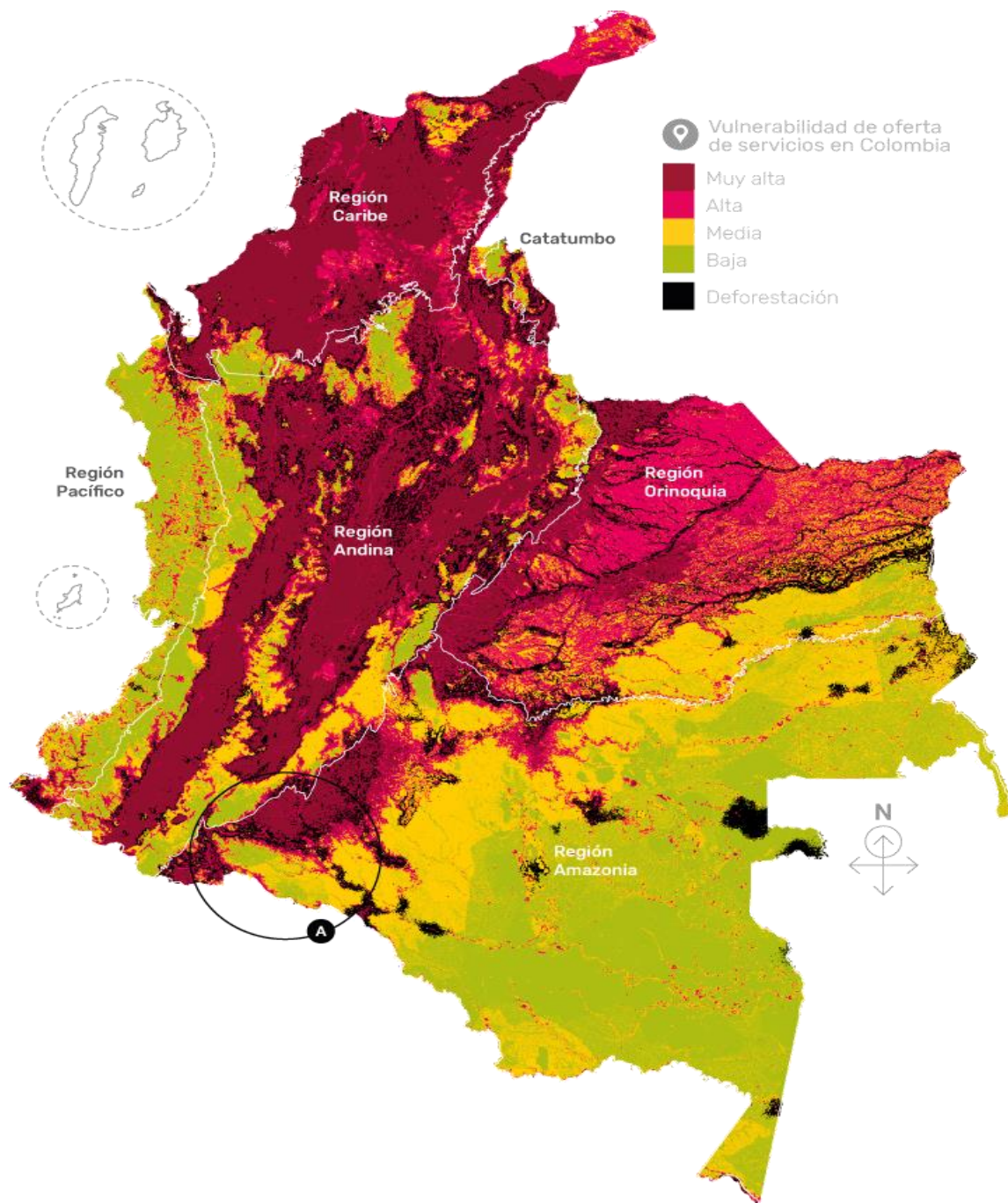
(Bosquesandinos, 2020); así mismo, el Centro para el Desarrollo y Medioambiente - CDE, (2015) a través de la alianza con el programa Bosques andinos, identificaron que para países como Perú, Ecuador y Colombia los cambios en los servicios ecosistémicos se ven influenciados por procesos socio-ambientales acelerados como migraciones, cultivos, asentamientos humanos, tala, y aumento de vulnerabilidad, además evidenciaron vacíos de conocimientos en estudios interdisciplinarios sobre bosques andinos, resiliencia socio-ecológica y relaciones trade-offs.

En ambientes de montaña en general (páramos, bosques andinos: altoandinos y subandinos), de acuerdo con el Programa de bosques andinos en Latinoamérica (Bosquesandinos, 2020) persisten vacíos de conocimiento sobre el funcionamiento de ecosistemas, sistemas sociales y los procesos que los vinculan. El alcance geográfico y temático de estos vacíos de conocimiento es variado, pero pueden identificarse algunos temas clave como:

- Vínculos entre prácticas de manejo sostenible del territorio y provisión de bienes y servicios ecosistémicos clave.
- Patrones de demanda de bienes y servicios ecosistémico, y conexión entre distintos actores territoriales a través de externalidades asociadas a regímenes de uso de la tierra tales como la agricultura, el riego y la contaminación por agroquímicos.
- Carencia de series temporales largas de observación de procesos clave relacionados con la hidrología, el clima, la biodiversidad y los distintos usos de la tierra en distintas escalas.
- Viabilidad social y económica de alternativas productivas sostenibles incluyendo agricultura baja en carbono y diversificación de actividades económicas a otros sectores.

De acuerdo con el reporte de Biodiversidad del Instituto Humboldt 2020, en su ficha 201 (Díaz, Cubides, & Arce, 2020), se establece que para los bosques altoandinos en Colombia se presenta una mediana, alta y muy alta vulnerabilidad por pérdida de SSEE debido a la fragmentación de las coberturas naturales. A nivel de la región andina, se evidencia que un 44,93% de los bosques se encuentran en vulnerabilidad muy alta, seguido del 26,64% en vulnerabilidad alta, un 15,88% en media y el restante 12,55 en vulnerabilidad baja, posicionándose como la segunda región con mayor grado de vulnerabilidad después de la región Caribe (ver Figura 8).

Figura 8. *Vulnerabilidad de oferta de servicios en Colombia*



Fuente: Tomado del reporte de Biodiversidad del Instituto Humboldt 2020, ficha 201.

De acuerdo con el IDEAM & IA vH., (2018) se debe propender por analizar las trayectorias futuras y de evolución de los bosques altoandinos, entendiendo que de acuerdo a su distinta funcionalidad ecológica, provisión de servicios ecosistémicos y diversidad taxonómica, estas

De acuerdo con datos estimativos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - (IDEAM, 2010) el rendimiento hídrico promedio en el país es de 63 l/s-Km², el cual es seis veces mayor que el promedio mundial (10 l/s-Km²) y tres veces el de América Latina (21 l/s-Km²), y el volumen total de la precipitación del país asciende a 3.700 km³/año, del cual el 61% se convierte en escorrentía superficial (caudal medio de 71.800 m³/s o 2.265 km³/año). Los bosques andinos a partir de rol fundamental de regulación hídrica, asociados a la presencia de musgos y de epífitas pueden capturar una cantidad que representa entre el 5% y el 35% de la precipitación total anual de los bosques a lo largo de los andes (Bosques andinos, 2020).

La captación de agua en los bosques andinos depende de la acción de las plantas epífitas, que pueden almacenar más agua que su peso seco (Hoelscher, Koehler, Van Dijk, & Bruijnzeel, 2004) alcanzando retención de volúmenes desde 1.3 mm hasta 5 mm, y se estiman que puede haber 44 t/ha de plantas epífitas en los bosques nublados de Colombia.

En la región andina el abastecimiento del agua es de vital importancia para consumidores de agua potable en ciudades (grandes) andinas y costeras. En términos de volumen de agua y valor de la producción agrícola, el uso para riego es muy importante, servicio que depende a menudo de infraestructura como reservorios, también el uso del agua para generar hidroelectricidad es clave y de relevancia económica: actualmente y en promedio, 54% de la provisión proviene de ríos andinos, variando entre Colombia (80%), Perú (70%) a Ecuador (45%) y Bolivia (40%). El potencial es mucho mayor y la demanda en la región motiva la construcción de nuevas centrales (Cuesta & Peralvo, 2009). De acuerdo con la Asociación Mundial para el agua - GWP, (2014) es necesario realizar un cambio fundamental en las políticas de gestión del agua para alcanzar una visión más amplia de la naturaleza dinámica de los ecosistemas y de los beneficios a corto y largo plazo que éstos proveen.

8.1.2.2 *Ciclado de nutrientes*

El ciclado de nutrientes es un servicio ecosistémico cuya función es la regulación de nutrientes, almacenando a fin de reutilizar el mismo e incidir en el mantenimiento de la calidad del suelo y de la productividad de los distintos ecosistemas (Muschiatti & Fernández, 2014). De acuerdo con Leon, González, & Gallardo, (2011) en Colombia la deforestación abarca amplias extensiones de bosques altoandinos, lo que ha conllevado la alteración no sólo de su alta diversidad

y endemismo, sino también de procesos como el reciclaje de nutrientes y la regulación de caudales de las cuencas hidrográficas.

8.1.2.3 Producción de hábitat

Los bosques altoandinos dadas sus características intrínsecas de precipitación, humedad y temperatura albergan alta diversidad de especies de fauna y flora que constituyen el hábitat de cientos de especies. Estos bosques son considerados grandes reservorios de biodiversidad y de endemismos constituyendo una ecorregión terrestre prioritaria; sin embargo, son altamente sensibles al cambio, puesto que su establecimiento en relieves empinados genera erosión extrema bajo un régimen de alta precipitación a causa de la falta de cobertura vegetal boscosa protectora por procesos de deforestación; adicional a esto, los fenómenos de aumento poblacional, degradación, conversión de usos del suelo, principalmente, por la extensión de la frontera agropecuaria para ganadería vacuna, actividades mineras y cambio climático, generan la rápida reducción de su extensión superficial (Cortés-Ballen & Camacho-Ballesteros, 2020).

8.1.2.4 Regulación del clima

De acuerdo con el programa de bosques andinos (Bosquesandinos, 2020) los bosques andinos (altoandinos y subandinos) cumplen un papel importante en relación a la funcionalidad para la mitigación del cambio climático a través de la distribución relativa de contenidos de carbono en la biomasa aérea y en el suelo, entendiéndose que a mayor elevación la biomasa aérea disminuye, por lo tanto, el suelo desempeña un papel fundamental en la contribución de carbono orgánico; además contribuyen a mitigar el cambio climático si se reconoce su rol como reservorios de carbono y el potencial de captura de gases de efecto invernadero.

Se considera a los territorios de la alta montaña en Colombia como algunos de los más expuestos y vulnerables a los efectos del cambio climático. En general, para Colombia, se han registrado tasas de calentamiento de 0,1- 0,2 °C por década, durante la segunda mitad del siglo XX, y un aumento proyectado entre 1,5 y 4, 5 °C para el 2080 (IDEAM, IAvH, & Codesan, 2018). Se espera que las tasas de cambio en la temperatura sean aún más rápidas en zonas de alta montaña (MRI, 2015), con aumentos de hasta 0,4 °C por década a elevaciones sobre los 3000 m (Vuille & Bradley); sin embargo, existe mucha incertidumbre asociada a los cambios climáticos para las

zonas de alta montaña del país, debido a la menor disponibilidad de estaciones, registros y datos de parcelas permanentes de largo plazo a estas elevaciones.

De acuerdo con Sarmiento & León, (2015), el aumento de la temperatura en las próximas décadas puede resultar en un desplazamiento altitudinal de las zonas bioclimáticas y ecosistemas de alta montaña de hasta unos 400 m, lo que implicaría una reducción de 75-85 % de la superficie de los páramos y superpáramos, y un desplazamiento hacia mayores elevaciones de elementos leñosos de los bosques altoandinos y subpáramos.

8.1.3 Determinación de factores incidentes en la generación / degradación de los servicios ecosistémicos del bosque altoandino

En relación a los factores incidentes en la generación / degradación de los servicios ecosistémicos del bosque altoandino en Colombia, con la revisión sistemática efectuada fue posible identificar preliminarmente veinte (20) distintos tipos de factores, siendo los más recurrentes la expansión de la frontera agrícola y el cambio climático (13,3% c/u), seguido de cerca por el cambio de uso del suelo (12,2%) y el menos recurrente resultó ser el de recursos biológicos (ver Tabla 11).

Tabla 11. *Determinación preliminar de los factores incidentes en la generación y/o degradación de los Servicios Ecosistémicos del bosque altoandino colombiano.*

FACTORES INCIDENTES EN LA GENERACIÓN / DEGRADACIÓN DE LOS SSEE	FRECUENCIA
Agricultura intensiva	1
Agroquímicos y otros contaminantes	1
Asentamiento humano	9
Cambio climático	12
Cambio uso del suelo	11
Conflictos ambientales	1
Deforestación	3
Desastres naturales	1
Erosión del suelo	1
Especies invasoras	4
Expansión frontera agrícola	12

FACTORES INCIDENTES EN LA GENERACIÓN / DEGRADACIÓN DE LOS SSEE	FRECUENCIA
Fragmentación	2
Ganadería	6
Inundaciones	1
Minería	3
Actividades antrópicas	7
Paramización del bosque	1
Potrerización	4
Quemas	3
Tala de bosque	7

Fuente: Elaboración propia, 2021.

8.2 FASE 2. DETERMINACIÓN DE VARIABLES CLAVE PARA LA GENERACIÓN DE MECANISMOS DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL BOSQUE ALTOANDINO

La definición y análisis estructural de los factores incidentes en la generación y/o degradación de los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos se hace un elemento primordial para la determinación de variables clave y la construcción de escenarios prospectivos, toda vez que tienen la capacidad de incidir positiva o negativamente en el desarrollo actual o futuro de una gestión ambiental efectiva encaminada a la conservación de los servicios ecosistémicos al interior de los bosques altoandinos. A continuación, se presenta la descripción de los factores incidentes identificados, el reconocimiento de las relaciones directas, indirectas, directas potenciales e indirectas potenciales entre variables para la determinación de variables clave en la generación de mecanismos de gestión ambiental del bosque altoandino en pro de la conservación de sus servicios ecosistémicos.

8.2.1 Descripción de factores

Partiendo del método de análisis estructural propuesto por Godet M., (2000) se presenta una breve descripción de los veinte (20) factores incidentes preliminarmente identificados, basado en una descripción de dinámicas evolutivas en los últimos 20 años.

8.2.1.1 Agricultura intensiva

La agricultura intensiva en los bosques altoandinos es una de las practicas más comunes que deterioran la prestación de los servicios ecosistémicos, influyendo en la perdida de bosque, y disminución del hábitat de especies; sin embargo, es importante tener en cuenta que esta práctica es una de las más incidentes en el sustento e ingresos de las comunidades locales (Rodriguez & Van Hoof, 2004). De acuerdo con una investigación publicada por Ecology Letters (2012) la siembra intensiva de monocultivos, que principalmente corresponde a la papa en la región andina, genera un declive aproximadamente del 40% en el recambio o diferencia de especies que debería ocurrir a medida que aumentan las distancias geográficas, denotando amplios cambios en la diversidad beta.

8.2.1.2 Asentamientos humanos

En el contexto histórico, la región Andina ha presentado un acelerado incremento poblacional, de acuerdo con el GHSL (GEO, 2015), la población pasó de aproximadamente 17'854.089 habitantes en 1975 a 32'361.365 habitantes para el año 2015; lo que representa un aumento en cerca del 81,25% de la población asentada con respecto a 1975. Con respecto al área construida, la GHSL (GEO, 2015) establece que para el año 1975, se encontraban ocupados aproximadamente 2.333,25 km² de la región Andina por asentamientos humanos, y para el año 2015 se encontraban 3.394,77 km²; es decir, hubo un incremento del 43,39% en cuarenta años. Estos valores muestran que para el año 1975 la región contaba con una densidad poblacional promedio de 7.961,47 hab/km², pasando a una densidad de 10.286,70 hab/km² en el año 2015, lo que refleja un aumento del 45,50%.

Teniendo en cuenta la información anterior, y realizando una relación entre la población total sobre el área construida para cada tipo de asentamiento en los años de referencia (1975 y 2015), se puede notar como la densidad poblacional para las áreas rurales dispersas pasó de 1.477,60 hab/km² en 1975 a 1.415,95 hab/km² en 2015 y para los pueblos de 6.775,08 hab/km² a 5.339,43 hab/km², lo cual refleja dinámicas de expansión en los asentamientos del área rural dispersa. En las ciudades se evidencia un aumento en la densificación, ya que para el año 1975 este tipo de asentamientos presentaba una densidad de 9233,56 hab/km² y para el 2015 se registraban 15134,67 hab/km².

8.2.1.3 Cambio climático

En los países Andinos, los procesos de intervención antrópica han ejercido gran influencia en la aceleración o reducción del ritmo de deforestación y degradación de los bosques Andinos. Es así que a nivel global se resalta la importancia y las dificultades de preservar los bosques nativos y, mediante el manejo forestal sostenible y la restauración de ecosistemas, encontrar un equilibrio entre la conservación y el uso para garantizar toda la gama de la contribución de los bosques en los planos económico, social y ambiental. El papel que cumplen los bosques altoandinos ha sido reconocido por su capacidad de reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas e incrementar resiliencia, por tanto, contribuir con la adaptación al cambio climático (Bosquesandinos, 2020).

La funcionalidad de los bosques andinos para la mitigación del cambio climático es la distribución relativa de contenidos de carbono en la biomasa aérea y en el suelo. En los amplios gradientes de elevación cubiertos por los Bosques Andinos, se observa que la biomasa aérea (y los contenidos asociados de carbono) disminuye con la elevación, con una importante contribución de carbono orgánico en suelos. Se ha encontrado que el carbono almacenado en ambos compartimentos puede variar entre 130 y 200 Mg C ha⁻¹ aunque existe una alta variabilidad en función de factores de meso escala como régimen climático, pendientes, suelos y tipos de ecosistemas (Bosquesandinos, 2020).

Cambios en la composición y estructura de los ecosistemas del bosque altoandino producto del cambio climático, generan implicaciones para la capacidad de los mismos de proveer bienes y servicios ecosistémicos, especialmente los relacionados a mantenimiento y captura de carbono y provisión y regulación hídrica (Buytaert, C., & Tobon, 2011).

En Colombia se tiene poca información sobre la interrelación entre los recursos naturales y el clima, por ello se deben diseñar planes y programas para profundizar en el conocimiento de las variables y elementos relacionados, para evitar, compensar y/o mitigar la degradación de uno de los biomas más sensibles, como son los páramos y los Bosques Altoandinos (MinAmbiente, IDEAM., & PNUD., 2002).

8.2.1.4 Cambio de uso del suelo, deforestación y tala

Disturbios antrópicos tales como la tala y la pérdida del hábitat por actividades agropecuarias han generado cambios en la dinámica de regeneración de las comunidades de bosque. Si el fenómeno de deforestación va acompañado por quemadas repetidas, cultivos y potrerización, el bosque no se puede regenerar (Vargas J. , 2008). Como consecuencia de la deforestación y del cambio del uso del suelo, se produce la alteración de las características microclimáticas que a la vez afectan el funcionamiento y la formación de suelo. La vegetación de bosque es reemplazada por un estrato herbáceo donde se disminuye la precipitación horizontal, circunstancia que hace que la temperatura del ambiente aumente y la humedad disminuya (Vargas J. , 2008).

En la región andina factores como el cambio de uso del suelo destinado para actividades de ganadería y agricultura, y el crecimiento y densidad poblacional amenazan la subsistencia en el tiempo de estos ecosistemas. Se estima que en el país perdura menos del 5% de los bosques altoandinos originales, encontrándose principalmente restringidos a fragmentos de diferentes tamaños (Alvear, Betancur, & Franco-Roselli, 2010). De acuerdo con Prieto, et.al (2019) la dinámica de cambio en el uso del suelo incide directamente sobre la cobertura de la tierra generando cambios en los patrones del paisaje, en la composición, estructura y función de los ecosistemas y en los ciclos biogeoquímicos

No existen estadísticas regionales robustas sobre procesos de deforestación, cambio de cobertura y uso de la tierra y degradación de ecosistemas forestales Andinos. Los reportes de los países Andinos a veces no incluyen análisis específicos para los bosques Andinos o utilizan definiciones no consistentes para estos ecosistemas a escala regional. Sin embargo, existe evidencia de que, en ciertos contextos de cambio demográfico, político y económico, la deforestación afecta de forma desproporcionada a estos ecosistemas en comparación a procesos en bosques de tierras bajas (Etter & Wyngaarden, 2000).

8.2.1.5 Agroquímicos y otros contaminantes

El uso de agroquímicos, pesticidas y otros contaminantes en los bosques andinos se presenta comúnmente para el control de plagas asociadas a cultivos de papa, lechuga, café,

remolacha coliflor, repollo y frijol. Las restricciones de la sostenibilidad acerca del uso de insecticidas incluyen efectos sobre la salud humana, los ecosistemas agrícolas (insectos beneficiosos), el medio ambiente en general (especies que no son el objetivo, paisajes y comunidades) y la selección de rasgos que confieren la resistencia a los insecticidas en las especies plagas (Gregor, Dominique, Ogosuku, & Furlong, 2008).

8.2.1.6 Conflictos ambientales

En la región Andina se identifican distintos tipos de conflictos, relacionados en gran medida con el desarrollo y la presión que generan las grandes ciudades, pues cerca del 50% de las ciudades se encuentran sobre zonas con déficit moderados y severos de agua (ver Figura 16), que generan la necesidad de realizar un aprovisionamiento de entornos aledaños, tal es el caso de ciudades como Bogotá o Tunja, las cuales captan el recurso hídrico de cuencas hidrográficas diferentes a aquellas en que se encuentran asentados (Alcaldía Municipal de Tunja, 2013) (EAAB, 2019). Es importante resaltar que, pese a que la región ha tenido un desarrollo concentrado en ciertas áreas, la cobertura de acueductos puede presentar déficits en algunos departamentos (DNP, 2019).

La alta concentración poblacional engendra dificultades substanciales para el abastecimiento hídrico, que configuran un conflicto por el acceso al recurso agua en condiciones de cantidad y calidad, que puede traer consigo situaciones de desabastecimiento en épocas secas. El Estudio Nacional del Agua del 2018 (IDEAM, 2018), evidencia como, se presenta una mayor concentración de cabeceras municipales susceptibles al desabastecimiento en temporada seca en inmediaciones de Sogamoso y a lo largo del denominado Alto y Medio Magdalena.

Adicional a los conflictos por el abastecimiento de recursos, es importante considerar la disposición y tratamiento tanto de residuos sólidos como de aguas residuales en la región. En la región andina se disponía para el 2018 cerca de 19.941 toneladas diarias de residuos en 33 sitios de disposición regional, lo que comprende el 72,5% de los residuos generados en el país. La dependencia de sitios de disposición en entornos fuera de las entidades territoriales que generan los residuos, causa no solo sobrecostos por el transporte de estos, sino que trasladan la problemática a una población receptora, es decir, que las cargas e impactos ambientales de la disposición de residuos se trasladan y traspasan entre municipios, lo que configura un conflicto

socio-ambiental para aquellos que realizan la recepción y disposición final. Dentro de las principales causas de este tipo de conflicto socio-ambiental se encuentran los impactos por contaminación de fuentes hídricas y la pérdida de calidad del aire por la generación de sustancias orgánicas tóxicas y volátiles o de material particulado (Caraballo, 2014).

Por otra parte, el desarrollo de los asentamientos se ha venido realizando en su mayoría sobre áreas con categorías medias y altas de amenaza por movimientos en masa, en especial las áreas suburbanas y las áreas rurales dispersas, esto ha requerido una alta inversión de recursos para la prevención y atención de desastres en la región. El desarrollo de asentamientos en este tipo de áreas puede traer consigo afectaciones sobre las viviendas, las redes de servicios públicos, la infraestructura, los equipamientos y por supuesto los habitantes de un área determinada, configurándose como escenarios de riesgo que establecen un conflicto entre la necesidad de desarrollo de un asentamiento y la amenaza presente en un área determinada, las que se catalogan en los Planes de Ordenamiento Territorial [POT] como áreas críticas para la recuperación y control en la prevención de desastres, de acuerdo con lo establecido en la Ley 388 de 1997.

8.2.1.7 *Desastres naturales*

Los desastres naturales refieren al conjunto de fenómenos como los procesos de remoción en masa, avenidas torrenciales, inundaciones e incidencias que afecten la infraestructura y la vida, y que a su vez, generen alto riesgo para los asentamientos humanos; en este sentido, se requiere la gestión de riesgos, urbana y rural, que permita garantizar la adecuada interacción entre los asentamientos rurales y la cabecera municipal, y que a su vez, se armonicen con los instrumentos de planeación territorial como los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas-POMCA y los Planes de Manejo Ambiental-PMA de áreas protegidas, entre otros (LOOT, 2011).

En este sentido, los contextos de territorio, cuenca hidrográfica y áreas protegidas son determinantes al abordar la gestión del riesgo, más aún cuando es el constante debate y reflexión que se ha dado en torno a la llamada vulnerabilidad social o humana como factor explicativo de los asentamientos humanos en zonas de riesgo o inestables o carentes de servicios básicos.

8.2.1.8 *Erosión del suelo*

De acuerdo con Vargas (2008), la erosión consiste en la desaparición del suelo superficial por causa del agua o el viento, que deja en descubierto la roca madre. Producto de la erosión del

suelo, se remueve el material superficial rico en materia orgánica y nutrientes disponibles para las plantas, se alteran propiedades por la pérdida de arcillas, se disminuye la profundidad efectiva, la capacidad de retención de agua y se degrada la estructura del suelo.

La erosión se puede considerar como consecuencia de la tala del bosque altoandino para el establecimiento de pastos y cultivos, lo cual genera inestabilidad de las formaciones superficiales del suelo, provocando su ruptura y posterior deslizamiento. Al interior de estos bosques, en las áreas donde se realizan desyerbes con azadón en laderas, se estima promedios anuales de pérdidas de suelo por erosión que varían desde muy altas a muy severas, perdiendo en promedio 0,15 a 4,3 cm/ha de espesor del suelo al año (Rivera & Sinesterra, 2005). Otra de las causas del proceso de erosión en estos bosques, se debe a que la mayor parte de la población del país se ubica en la región Andina, circunstancia que ha hecho que se desarrolle la construcción de amplias infraestructuras de origen antrópico, interrumpiendo el equilibrio natural del agua de escorrentía y drenajes, produciendo erosiones y en algunos casos cárcavas que conllevan a la aparición de deslizamientos, derrumbes o procesos de desastres naturales.

8.2.1.9 *Especies invasoras*

Las especies invasoras aparecen como consecuencia de los disturbios antrópicos que da paso al establecimiento de estas. Se considera a una especie invasora cuando sus individuos alcanzan un área y se propagan en ella de forma rápida, generando cambios en la estructura y función de los ecosistemas, los cuales se reflejan en daños ecológicos y muchas veces socioeconómicos (Mooney & Hoobbs, 2000).

Los atributos de las especies invasoras están relacionados con la capacidad de colonizar, establecerse y persistir. Estas especies invasoras son capaces de competir y reemplazar las especies del ecosistema donde llegan dado que presentan un conjunto de estrategias dentro de las que se destacan: I) reproducción vegetativa y/o por semillas, numerosas semillas por fruto y presencia de grandes bancos de semillas persistentes, II) elevadas tasas de crecimiento que conducen a una eficaz captura de recursos III) flexibilidad y plasticidad fenotípica que les confiere la capacidad de rápida adaptación a condiciones ambientales nuevas o cambiantes y tolerancia frente a las condiciones ambientales IV) facilidad para la hibridación lo cual les permite aumentar su variabilidad genética y favorece el establecimiento de poblaciones estables (Vargas J. , 2008).

Los procesos de deforestación y fragmentación generados en los bosques altoandinos, han facilitado la colonización de especies invasoras nativas y exóticas oportunistas en las áreas degradadas, pastizales o remanentes de zonas alteradas, siendo una de las plantas invasoras de mayor amenaza para estos bosques, la especie *Ulex europaeus* de origen mediterráneo. Esta especie posee alta capacidad de regeneración por raíces, un banco de semillas abundante que puede permanecer viable por 70 años (Ríos, 2001) y grandes cantidades de frutos y semillas, lo que la hace colonizar rápidamente potreros abandonados, desplazando posibles focos de regeneración natural de la vegetación, zonas de laderas erosionadas, bordes de quebradas y lugares donde se ha transformado el paisaje montañoso, impidiendo su regeneración natural (Vargas J. , 2008).

8.2.1.10 Expansión de frontera agrícola - Ganadería

En Colombia, de acuerdo con (UPRA, 2016) la frontera agrícola es definida como “*el límite del suelo rural que separa las áreas donde las actividades agropecuarias están permitidas, de las áreas protegidas, las de especial importancia ecológica, y las demás áreas en las que las actividades agropecuarias están excluidas por mandato de la ley o el reglamento*”. La frontera agrícola puede incluir otras áreas cuya categoría de manejo, derivada de la zonificación ambiental, permita las actividades agropecuarias, tales como la explotación forestal o reforestación con fines comerciales asociadas a bosques naturales, así como, aquellas que deban tener un tratamiento especial para su uso por consideraciones ambientales o de gestión del riesgo para el desarrollo de actividades humanas (MADR-UPRA, 2017).

Uno de los motores de mayor pérdida de cobertura boscosa en los bosques altoandinos corresponde a la expansión de la frontera agrícola y agropecuaria para ganadería vacuna (Armenteras, Cabrera, Rodríguez, & Retana, 2017), impulsado principalmente por la generación de incendios para conformación de cultivos, deforestación y tala del bosque. El aumento de las temperaturas mínimas observadas en altas elevaciones ha sido considerable durante los últimos 20 años, lo que ha permitido el movimiento de la frontera agrícola a zonas más altas que afectan los ecosistemas de páramo (Postigo et al., 2008). Las actividades agrícolas tienen un efecto de largo plazo sobre la dinámica de los ecosistemas de páramo y alta montaña, ya que la vegetación puede tomar más de 10 años en recuperar especies de plantas similares a la de comunidades no intervenidas y aún más tiempo en recuperar las funciones básicas de acumulación de carbono y agua en suelos (Abreu et al., 2009).

Gran parte de los bosques andinos, se localizan en mosaicos aislados, asociados a usos de suelo para agricultura y ganadería, con dinámicas de regeneración natural, que responden a procesos ecológicos estrechamente relacionados con la respuesta a cambios en variables ambientales y de intervención antrópica (Alvear, Betancur, & Franco-Roselli, 2010).

8.2.1.11 Fragmentación

La fragmentación al interior de los boques altoandinos se presenta como una de las principales consecuencias de las actividades de ganadería, agricultura y actividades extractivas, siendo estos ecosistemas uno de los más fragmentados en Colombia, con efectos que se extienden hasta los páramos (Armenteras, Gast, & Villareal, 2003; Vargas J. , 2008).

El proceso de fragmentación conduce a la reducción de grandes extensiones de bosque en unidades de vegetación separadas por áreas de actividad humana (cultivo o pastizal) o parches de vegetación diferentes a la original, a pequeña escala; así mismo, la disminución del área del bosque cambia la conformación del paisaje lo cual incide sobre las características físicas y climáticas a gran escala, produciendo para las escalas pequeñas, pérdida de individuos, especies e inclusive poblaciones (Vargas J. , 2008).

8.2.1.12 Minería

En los bosques andinos en el país, se identifican dos grandes factores que han incidido en su transformación y deterioro transformación y deterioro, uno, donde las poblaciones y los asentamientos humanos utilizan y transforman los ecosistemas naturales en paisajes humanos, disminuyendo así sus potencialidades para generar bienes y servicios ambientales; y otro asociada a las actividades humanas de producción agrícola, ganadera y minera han llevado a la destrucción de gran parte de la cobertura vegetal andina (MinAmbiente, IDEAM., & PNUD., 2002).

Los impactos resultado del desarrollo de actividades mineras en la región andina, tiene una mayor relación con la vocación de uso del suelo, en cuanto a la pérdida de tierras con alta capacidad de producción agropecuaria, sin embargo, es necesario reconocer la relación entre los impactos ambientales de este tipo de actividades que recaen sobre la población y que configuran un conflicto en el territorio, ya sea por la contaminación de aguas, de las tierras y del aire (Saade Hazin, 2013) o la competencia misma por el uso del suelo. El mayor conflicto por las actividades mineras se

configura cuando éstas se establecen en zonas en condición de pobreza o con alta dependencia del desarrollo de actividades primarias (Saade Hazin, 2013)

De acuerdo a la información disponible en el Mapa de Zonas Potenciales Integrales para Recursos Minerales elaborado por el Servicio Geológico Colombiano - SGC en el año 2011, la región andina cuenta con un alto potencial de explotación para diferentes tipos de minerales, lo cual, dependiendo del modo de extracción, las practicas implementadas, entre otros factores, pueden llegar a configurar un alto potencial de conflictos socio-ambientales si dichas explotaciones se hacen de manera inadecuada, generando impactos negativos a los asentamientos de la región, o por el contrario, permiten un desarrollo económico de manera armónica para la región.

8.2.1.13 *Actividades antrópicas*

Al interior de este grupo se relacionan las actividades antrópicas incidentes sobre los bosques altoandinos de Colombia, los cuales corresponden a la conformación de asentamientos humanos, deforestación, fragmentación, tala selectiva, quemas y ganadería, factores que son descritos a lo largo de este acápite.

8.2.1.14 *Paramización del bosque*

Las diferentes presiones a las que son sometidos los bosques altoandinos tales como deforestación, tala y pérdida del hábitat a lo largo de las dos últimas décadas ha modificado significativamente la dinámica de regeneración de las comunidades de bosques; sumado a esto, los fenómenos de quemas, cultivos y potrerización, causan que los bosques no se puedan regenerar y se generen alteraciones en la formación del suelo y en las características micro climáticas, aspecto que genera ventajas competitivas a las especies oportunistas de los páramos, las cuales se caracterizan por poseer alta capacidad de colonización sobre áreas extensas, que a lo largo repercute en fenómenos de cambio climático a pequeñas escalas, generando que el subpáramo o páramo aparezcan en zonas que en el pasado correspondían a áreas de bosques de alta montaña (Hernández-Camacho, 1997; Vargas J. , 2008).

8.2.1.15 Potrerización

La potrerización se produce como efecto colateral del proceso de deforestación, y se caracteriza por el reemplazo de los bosques por potreros en el que dominan especies herbáceas. La formación de los potreros en los bosques altoandinos se genera principalmente sobre zonas de abandono que habían sido utilizadas para la instauración de cultivos o de ganadería, las cuales son rápidamente colonizadas por los pastos, conformando un manto denso que forma una barrera física para la llegada de semillas que son dispersadas, impidiendo su implantación, retardando así la llegada de especies de sucesiones tempranas y tardías (Vargas J. , 2008).

El proceso de potrerización, más allá de generar cambios en la cobertura original de la zona, presenta un fuerte impacto que repercute sobre el flujo de agua natural, a raíz de la compactación del suelo y la pérdida de materia orgánica; lo cual, incide directamente en la capacidad de infiltración y retención del agua, haciendo que la temperatura de los suelos aumente, se disminuya la evapotranspiración y la precipitación condicionando una mayor frecuencia de fuegos, mineralización de nutrientes y agua disponible por escorrentía (ibídem).

8.2.1.16 Quemas

A nivel mundial, los ecosistemas altoandinos son reconocidos como centros de diversidad y especialización; sin embargo, estos han sido sometidos a disturbios debido al pastoreo de ganado vacuno y ovino, a los cultivos de papa, a las quemas periódicas y la invasión de especies exóticas, entre otros (Cortes-S, Hammen, & Rangel-Ch, 1999; Restrepo J. , 2016). El proceso de quemas en los bosques altoandinos se genera de manera recurrente, generando que la radiación solar incida directamente sobre los suelos desprovistos de vegetación, lo que forma plintita superficial que impide el desarrollo de las raíces de grandes árboles configurando el área en sabanas permanentes (Quintero, Benavides, Moreno, & Gonzalez, 2017).

Se estima que las emisiones de carbono derivadas de la quema de biomasa de los bosques a nivel mundial están alrededor de dos petagramos (1015 gramos) de carbono cada año (Quintero, Benavides, Moreno, & Gonzalez, 2017). Los incendios de la vegetación también liberan una gran cantidad de gases de efecto invernadero, lo que influye directamente en el cambio climático global (Müller et al., 2013).

8.2.2 Identificación de influencias directas entre variables

Descritos los factores se realizó un análisis estructural sobre estos, con el fin de analizar sus relaciones directas bajo una perspectiva de causalidad estableciendo relaciones de dependencia y motricidad (influencia), lo cual permite que estos factores sean definidos como variables.

De acuerdo con Godet, (1995) las relaciones de influencia directa permiten identificar el comportamiento de las variables en un horizonte temporal del corto plazo, por lo cual, para su análisis se construyó una matriz de doble entrada con 20 filas y 20 columnas, en la cual se calificó la influencia directa de cada variable, teniendo en cuenta la pregunta orientadora descrita en la metodología, estableciendo así, un total de 380⁴ interacciones que permiten analizar de forma individual y cuantitativa las influencias que ejerce cada variable sobre las demás (ver Anexo 4).

Se estableció un total de 125 relaciones nulas (valor cero (0)), y un total de 255 relaciones directas, lo cual permite establecer un relacionamiento efectivo en el 67,10% de las variables contrastadas. Se identificó como variables de mayor efecto causal sobre las otras, es decir variables de mayor motricidad, aquellas con la mayor sumatoria de izquierda a derecha por filas en la matriz de influencias, identificando la Expansión de la frontera agrícola ($\Sigma 45$), asentamientos humanos ($\Sigma 44$), deforestación ($\Sigma 38$), tala de bosque ($\Sigma 38$), y potrerización ($\Sigma 36$), (ver Tabla 12).

Tabla 12. Porcentaje de motricidad de las variables

N°	VARIABLE	Σ FILA	MOTRICIDAD %
v1	Agricultura intensiva	35	6,38
v2	Agroquímicos y otros contaminantes	14	2,55
v3	Asentamientos humanos	44	8,01
v4	Cambio climático	19	3,46
v5	Cambio de uso del suelo	38	6,92
v6	Conflictos ambientales	11	2,00
v7	Deforestación	38	6,92
v8	Desastres naturales	9	1,64
v9	Erosión del suelo	12	2,19
v10	Especies invasoras	7	1,28
v11	Expansión de la frontera agrícola	45	8,20
v12	Fragmentación	33	6,01
v13	Ganadería	31	5,65
v14	Inundaciones	12	2,19

⁴ Se omite la diagonal de la matriz, la cual no es evaluada ya que no se contrasta una variable con sí misma, por lo cual resultan 380 interacciones.

N°	VARIABLE	Σ FILA	MOTRICIDAD %
v15	Minería	32	5,83
v16	Actividades antrópicas	32	5,83
v17	Paramización del bosque	28	5,10
v18	Potrerización	36	6,56
v19	Quemas	31	5,65
v20	Tala de bosque	38	6,92

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Considerando los valores en orden descendentes de las sumatorias por columnas, se estableció el grado de dependencia de las variables analizadas, obteniendo como variables de mayor dependencia el cambio en el uso del suelo ($\Sigma 42$), la fragmentación ($\Sigma 36$), los desastres naturales ($\Sigma 38$) y la erosión del suelo ($\Sigma 37$) (ver Tabla 13).

Tabla 13. *Porcentaje de dependencia de las variables*

N°	VARIABLE	Σ COLUMNA	DEPENDENCIA %
v1	Agricultura intensiva	19	3,46
v2	Agroquímicos y otros contaminantes	14	2,55
v3	Asentamientos humanos	24	4,37
v4	Cambio climático	32	5,83
v5	Cambio de uso del suelo	42	7,65
v6	Conflictos ambientales	28	5,10
v7	Deforestación	31	5,65
v8	Desastres naturales	38	6,92
v9	Erosión del suelo	37	6,74
v10	Especies invasoras	17	3,10
v11	Expansión de la frontera agrícola	31	5,65
v12	Fragmentación	36	6,56
v13	Ganadería	20	3,64
v14	Inundaciones	26	4,74
v15	Minería	9	1,64
v16	Actividades antrópicas	30	5,46
v17	Paramización del bosque	35	6,38
v18	Potrerización	31	5,65
v19	Quemas	24	4,37
v20	Tala de bosque	21	3,83

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Para realizar el análisis de las variables en el software MicMac, se le asignó un código abreviado a cada una de ellas como se muestra a continuación en la Tabla 14.

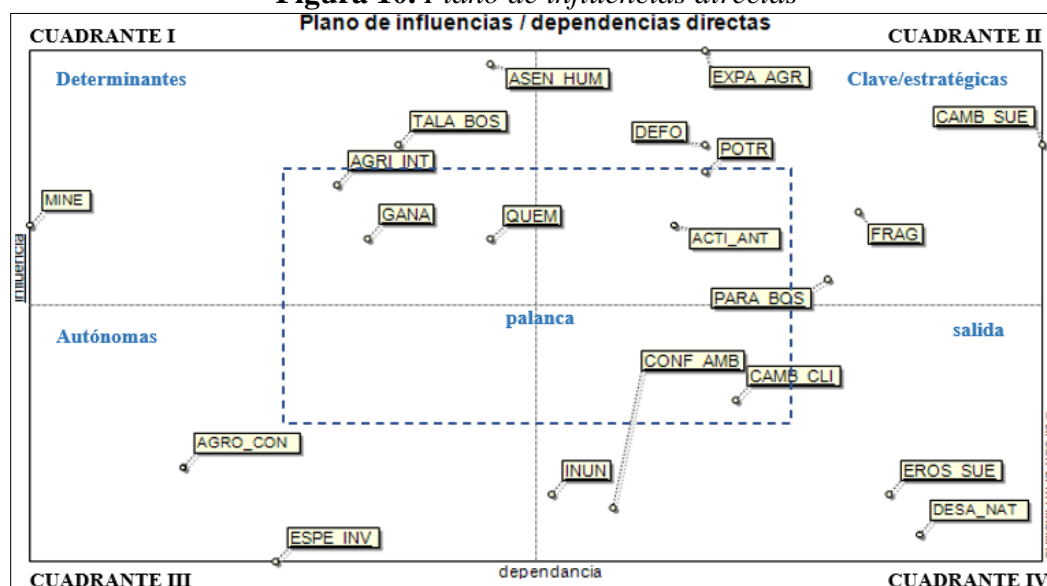
Tabla 14. *Abreviatura de la denominación de las variables para el análisis MicMac.*

N°	VARIABLE	ABREVIATURA
v1	Agricultura intensiva	AGRI_INT
v2	Agroquímicos y otros contaminantes	AGRO_CON
v3	Asentamientos humanos	ASEN_HUM
v4	Cambio climático	CAMB_CLI
v5	Cambio de uso del suelo	CAMB_SUE
v6	Conflictos ambientales	CONF_AMB
v7	Deforestación	DEFO
v8	Desastres naturales	DESA_NAT
v9	Erosión del suelo	EROS_SUE
v10	Especies invasoras	ESPE_INV
v11	Expansión de la frontera agrícola	EXPA_AGR
v12	Fragmentación	FRAG
v13	Ganadería	GAN
v14	Inundaciones	INUN
v15	Minería	MINE
v16	Actividades antrópicas	ACTI_ANT
v17	Paramización del bosque	PARA_BOS
v18	Potrerización	POTR
v19	Quemas	QUEM
v20	Tala de bosque	TALA_BOS

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Para el cálculo de los parámetros de relacionamiento de la matriz, se utilizó el número de iteraciones sugeridas por el software para lograr su estabilidad. En la Figura 10 se espacializa el plano de influencias/dependencias directas de las variables, que para su interpretación se tuvo en cuenta la disposición en la diagonal estratégica descrita en la metodología, obteniendo así, una alta influencia para trece (13) variables distribuidas en el cuadrante I y II, las cuales presentan una alta motricidad en el sistema, que permiten orientar la construcción de escenarios en el marco de la construcción de los mecanismos de gestión ambiental para la conservación de los servicios ecosistémicos del bosque altoandino; en el cuadrante III y IV, se ubican las restantes siete (7) variables, las cuales presentan una menor motricidad siendo dependientes del sistema (ver Tabla 15).

Figura 10. Plano de influencias directas



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 15. Ubicación de las variables en el plano de influencia y dependencias directas

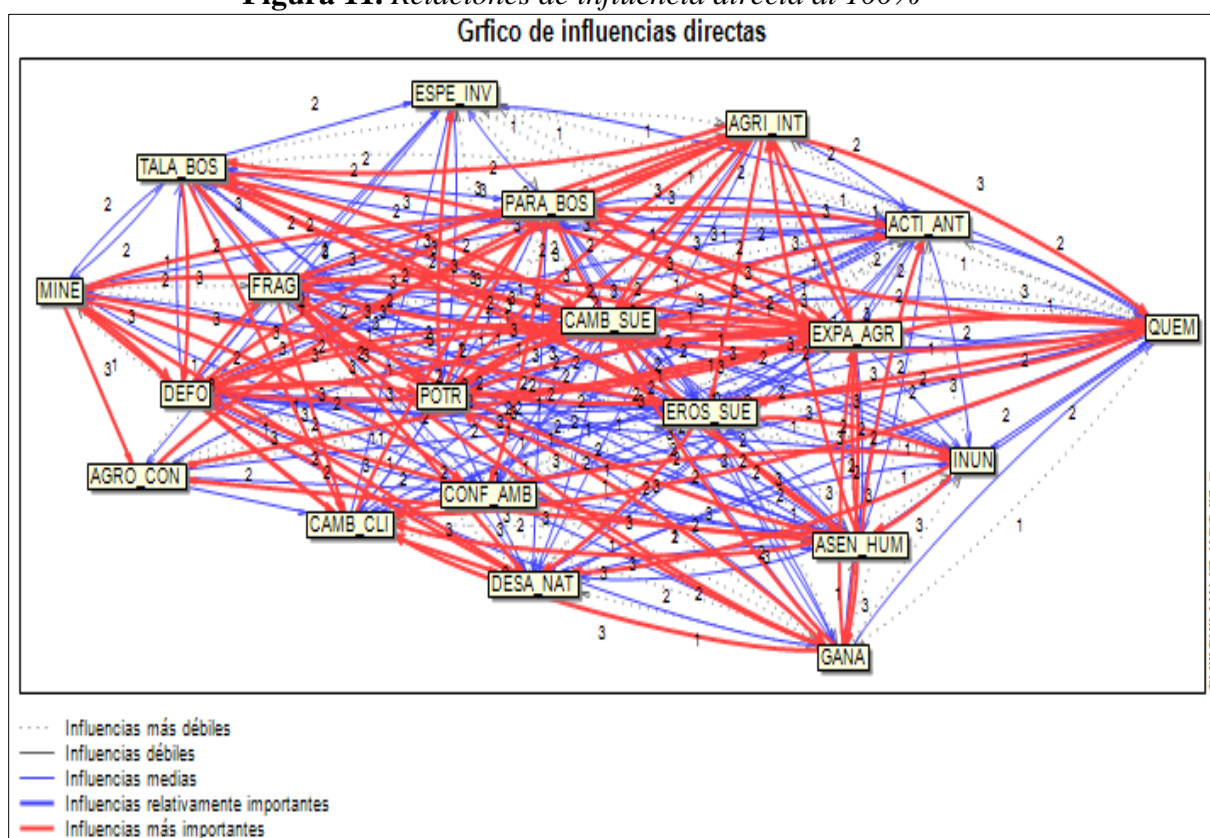
DIAGONAL	TIPIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	DESCRIPCIÓN	TIPOLOGÍA DE VARIABLES
Diagonal de entradas y salidas	Variables de entrada / determinantes	Alta influencia-baja dependencia	-Minería -Tala de bosque -Asentamientos humanos
	Variables de salida	Baja influencia -alta dependencia	- Inundaciones -Conflictos ambientales -Erosión del suelo -Desastres naturales
Diagonal estratégica	Variables autónomas	Baja influencia-baja dependencia	-Agroquímicos y otros contaminantes -Especies invasoras
	Variables palanca	Media influencia-Media dependencia	-Ganadería -Agricultura intensiva -Actividades antrópicas -Quemas -Cambio climático
	Variables clave	Alta influencia-alta dependencia	-Expansión de la frontera agrícola -Deforestación -Potrerización

DIAGONAL	TIPIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	DESCRIPCIÓN	TIPOLOGÍA DE VARIABLES
			-Cambio del uso del suelo -Fragmentación -Paramización del bosque

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Para observar el 100% de las relaciones directas entre las 20 variables analizadas, se realizó un ejercicio de modelación con el objetivo de representar la realidad de las relaciones que ocurren entre las distintas variables identificadas. El ejercicio de modelación permite acercarse a la comprensión de dichas relaciones bajo un enfoque de complejidad. En líneas rojas se observa las influencias más altas que en conjunto caracteriza casi todo el sistema, en el degradé azul se identifican las influencias medias (ej. Relación entre agricultura intensiva y desastres naturales) y débiles (ej. especies invasoras y paramización del bosque) y las líneas punteadas relacionan las variables con influencia más débiles (Actividades antrópicas y agroquímicos) (ver Figura 11).

Figura 11. Relaciones de influencia directa al 100%



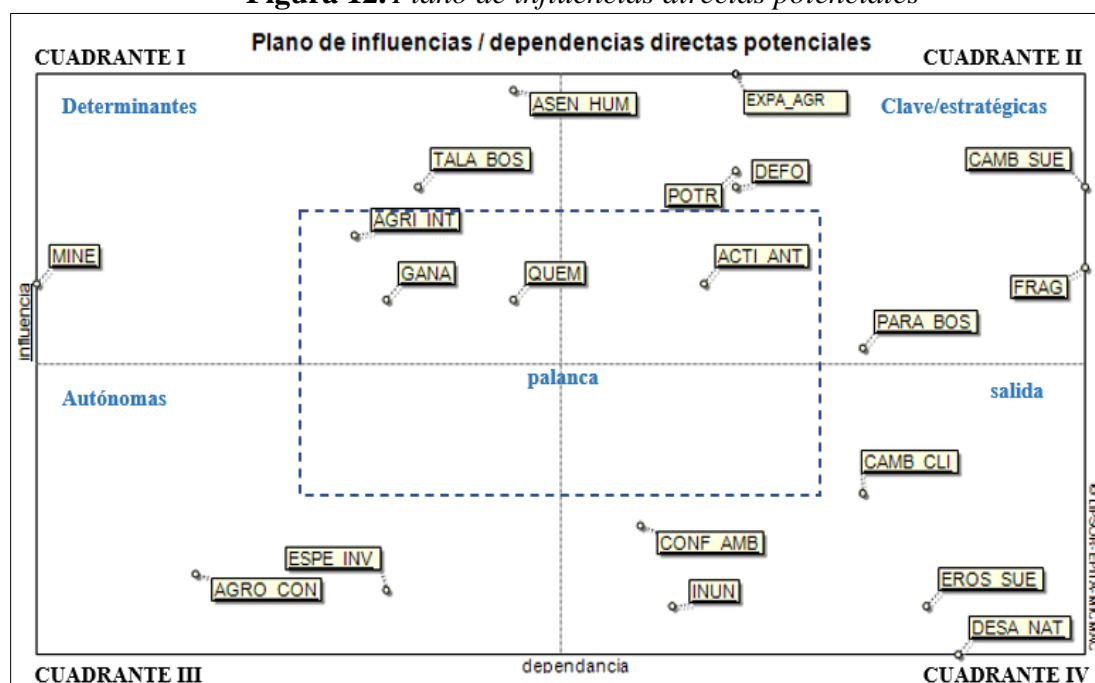
Fuente: Elaboración propia, 2021.

8.2.3 Identificación de influencias directas potenciales entre variables

Las relaciones potenciales permiten hacer un análisis de lo que se presume ocurrirá en el futuro integrando relaciones que podrán ocurrir más adelante; por lo cual, la influencia en el sistema se dará en el largo plazo. Conformada y calificada la matriz de influencia directa - MID se analizó a través del software MicMac para identificar las relaciones potenciales, las cuales corresponden a una variación de la MID en la que se sustituyen las valoraciones consideradas como potenciales por valores numéricos en su mayor nivel (3) (ver Anexo 5).

Se identificó como variables de mayor efecto causal sobre las otras, expansión de la frontera agrícola ($\Sigma 45$), asentamientos humanos ($\Sigma 44$), cambio del uso del suelo ($\Sigma 38$), deforestación ($\Sigma 38$), y tala de bosque ($\Sigma 38$). se estableció el grado de dependencia de las variables analizadas, obteniendo como variables de mayor dependencia el cambio en el uso del suelo ($\Sigma 42$), la fragmentación ($\Sigma 42$), los desastres naturales ($\Sigma 38$) y cambio climático ($\Sigma 35$) (ver Anexo 5).

Se obtuvo un plano de influencia con distribución similar a las influencias directas, en el cual en el cuadrante I y II se registraron trece (13) variables, y en el cuadrante III y IV las restantes siete (7). Se observa una disminución de una variable palanca (mediana influencia y mediana dependencia) y un consecuente aumento en las variables de salida. Se observa que las variables correspondientes a agroquímicos y otros contaminantes e inundaciones se desplazaron hacia abajo respecto al plano de influencia directa, lo que hace que se pierda influencia, mientras que las especies invasoras, los desastres naturales ganaron influencia al desplazarse hacia arriba; así mismo, se observa un desplazamiento hacia la derecha de variables como fragmentación, especies invasoras, y deforestación indicando una ganancia de dependencia y un desplazamiento hacia la izquierda de la variable inundaciones indicando una pérdida de dependencia (ver Figura 12 y Tabla 16).

Figura 12. Plano de influencias directas potenciales

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 16. Ubicación de las variables en el plano de influencia y dependencias directas potenciales

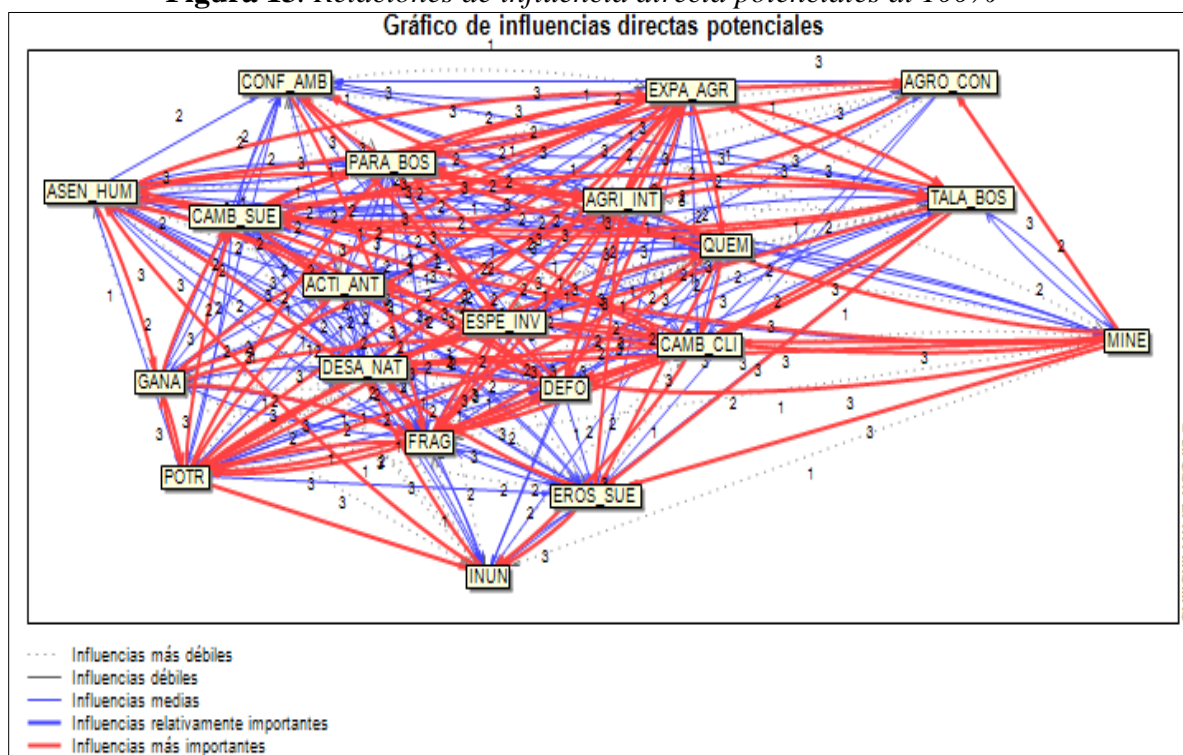
DIAGONAL	TIPIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	DESCRIPCIÓN	TIPOLOGÍA DE VARIABLES
Diagonal de entradas y salidas	Variables de entrada / determinantes	Alta influencia-baja dependencia	-Minería -Tala de bosque -Asentamientos humanos
	Variables de salida	Baja influencia -alta dependencia	- Inundaciones -Conflictos ambientales -Erosión del suelo -Desastres naturales -Cambio climático
Diagonal estratégica	Variables autónomas	Baja influencia-baja dependencia	-Agroquímicos y otros contaminantes -Especies invasoras
	Variables palanca	Media influencia-Media dependencia	-Ganadería -Agricultura intensiva -Actividades antrópicas -Quemas

DIAGONAL	TIPIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	DESCRIPCIÓN	TIPOLOGÍA DE VARIABLES
	Variables clave	Alta influencia-alta dependencia	<ul style="list-style-type: none"> -Expansión de la frontera agrícola -Deforestación -Potrerización -Cambio del uso del suelo -Fragmentación -paramización del bosque

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La representación espacial de las relaciones potenciales de las variables muestra que la mayoría de las influencias se caracterizan por ser influencias importantes, con un reducido número de influencias débiles como es el caso de la minería y las inundaciones, o los conflictos ambientales y la expansión agrícola (ver Figura 13).

Figura 13. Relaciones de influencia directa potenciales al 100%



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Establecidas las relaciones entre las variables de influencia directa y directas potenciales, se presenta un ranking comparativo entre estas, para identificar las variables que ascendieron de

posición según su influencia (verde) y aquellas variables que descendieron (rojo). Se observa que las variables directas fragmentación, expansión de la frontera agrícola, potrerización, inundaciones y ganadería que originalmente ocupaban las posiciones 4,8,9,12 y 16 en función del tejido relacional con las otras variables modeladas en el software MicMac ascendieron su posición en el ranking de calificación de influencias en la matriz de influencias directas potenciales, siendo más significativas para la consideración en la formulación de los mecanismos de gestión ambiental para la conservación de los servicios ecosistémicos del bosque altoandino colombiano (ver Figura 14).

Figura 14. *Ranking de clasificación de relaciones directas y directas potenciales*
Classement par dépendance

Fila	Variable	Variable
1	5 - CAMB_SUE	5 - CAMB_SUE
2	8 - DESA_NAT	8 - DESA_NAT
3	9 - EROS_SUE	12 - FRAG
4	12 - FRAG	9 - EROS_SUE
5	17 - PARA_BOS	17 - PARA_BOS
6	4 - CAMB_CLI	11 - EXPA_AGR
7	7 - DEFO	18 - POTR
8	11 - EXPA_AGR	7 - DEFO
9	18 - POTR	4 - CAMB_CLI
10	16 - ACTI_ANT	16 - ACTI_ANT
11	6 - CONF_AMB	14 - INUN
12	14 - INUN	6 - CONF_AMB
13	3 - ASEN_HUM	3 - ASEN_HUM
14	19 - QUEM	19 - QUEM
15	20 - TALA_BOS	13 - GANA
16	13 - GANA	20 - TALA_BOS
17	1 - AGRI_INT	1 - AGRI_INT
18	10 - ESPE_INV	10 - ESPE_INV
19	2 - AGRO_CON	2 - AGRO_CON
20	15 - MINE	15 - MINE

Fuente: Elaboración propia, 2021.

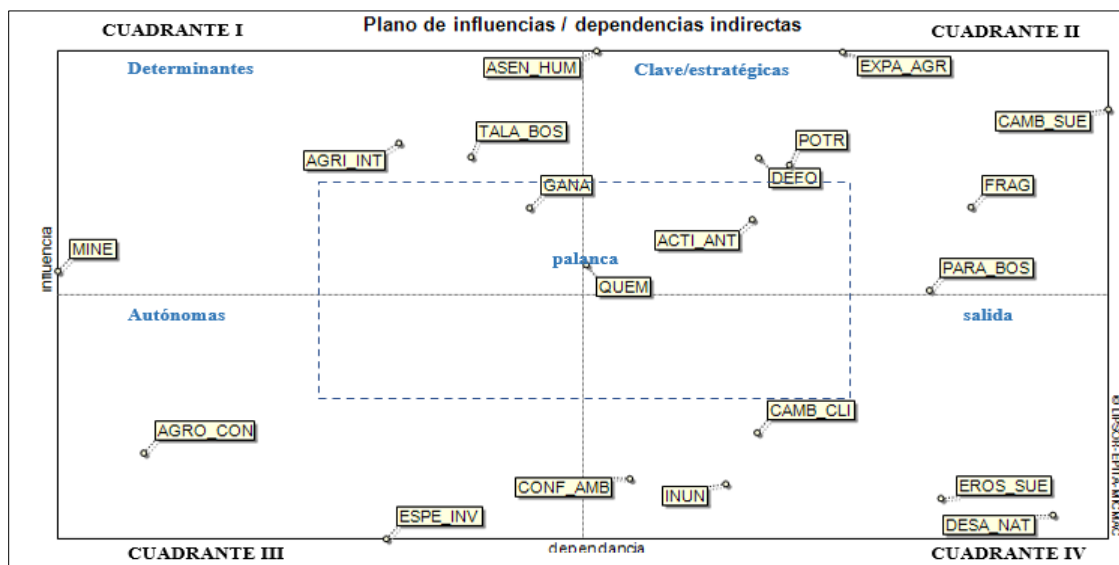
8.2.4 Identificación de influencias indirectas entre variables

Las relaciones de influencia indirectas permiten identificar el comportamiento de las variables en un horizonte temporal de mediano plazo. Las variables de relaciones indirectas, establecen factores de cambio que no son identificados al realizar la valoración de influencia dependencia directa del sistema, con estas podemos analizar los resultados de variables que de manera oculta intervienen en él y podrían lograr desestabilizarlo (Godet M.,2000).

Se analizó la MID en el software Mic-Mac, el cual permitió elevar a la novena potencia la matriz, e identificar las relaciones indirectas potenciales entre los factores incidentes, ahora denominados variables. Se estableció como variables de mayor motricidad los asentamientos humanos, la expansión de la frontera agrícola, los asentamientos humanos, la agricultura intensiva la tala de bosque y la potrerización; como variables de mayor dependencia se establecieron el cambio en el uso del suelo, los desastres naturales, la fragmentación, la erosión del suelo y la paramización del bosque (ver Anexo 6).

Se obtuvo un plano de influencia con distribución similar a las influencias directas, en el cual en el cuadrante I y II se registraron trece (13) variables, y en el cuadrante III y IV las restantes siete (7). Se observa un aumento en una variable determinante (agricultura intensiva), y una disminución en las variables palanca (cambio climático) (ver Figura 15 y Tabla 17).

Figura 15. Plano de influencias indirectas



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 17. Ubicación de las variables en el plano de influencia y dependencias indirectas potenciales

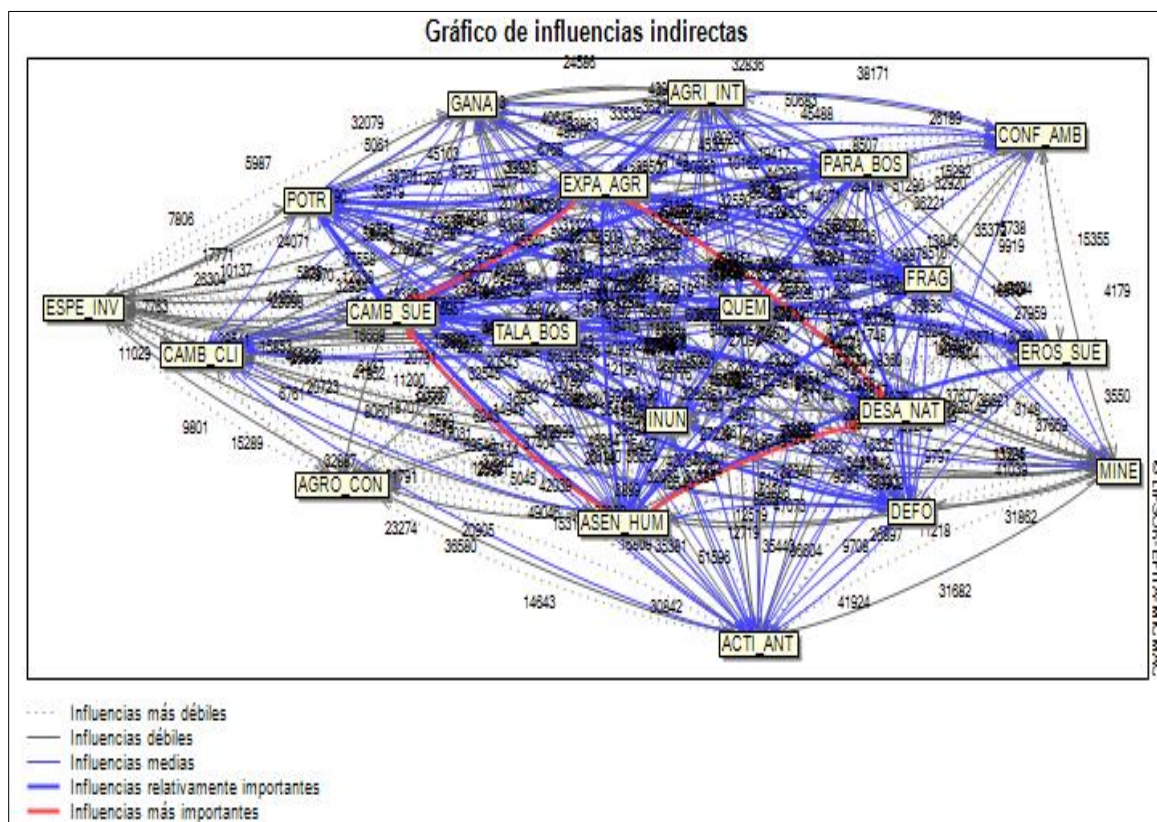
DIAGONAL	TIPIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	DESCRIPCIÓN	TIPOLOGÍA DE VARIABLES
Diagonal de entradas y salidas	VARIABLES de entrada / determinantes	Alta influencia-baja dependencia	-Minería -Tala de bosque -Asentamientos humanos

DIAGONAL	TIPIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	DESCRIPCIÓN	TIPOLOGÍA DE VARIABLES
Diagonal estratégica			-Agricultura intensiva
	VARIABLES DE SALIDA	Baja influencia -alta dependencia	- Inundaciones -Conflictos ambientales -Erosión del suelo -Desastres naturales -Cambio climático
	VARIABLES AUTÓNOMAS	Baja influencia-baja dependencia	-Agroquímicos y otros contaminantes -Especies invasoras
	VARIABLES PALANCA	Media influencia-Media dependencia	-Ganadería -Actividades antrópicas -Quemas
	VARIABLES CLAVE	Alta influencia-alta dependencia	-Expansión de la frontera agrícola -Deforestación -Potrerización -Cambio del uso del suelo -Fragmentación -paramización del bosque

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Se modelaron las relaciones indirectas de las 20 variables analizadas con un porcentaje del 100%, denotando el degradé de líneas azules las influencias medias y débiles, y en las líneas punteadas las influencias más débiles. En líneas rojas se observa las influencias más altas entre las variables, que para este caso correspondió a la relación entre asentamientos humanos y desastres naturales, asentamientos humanos y cambio en el uso del suelo y expansión agrícola con cambio en el uso del suelo (ver Figura 16).

Figura 16. Relaciones de influencia indirecta al 100%



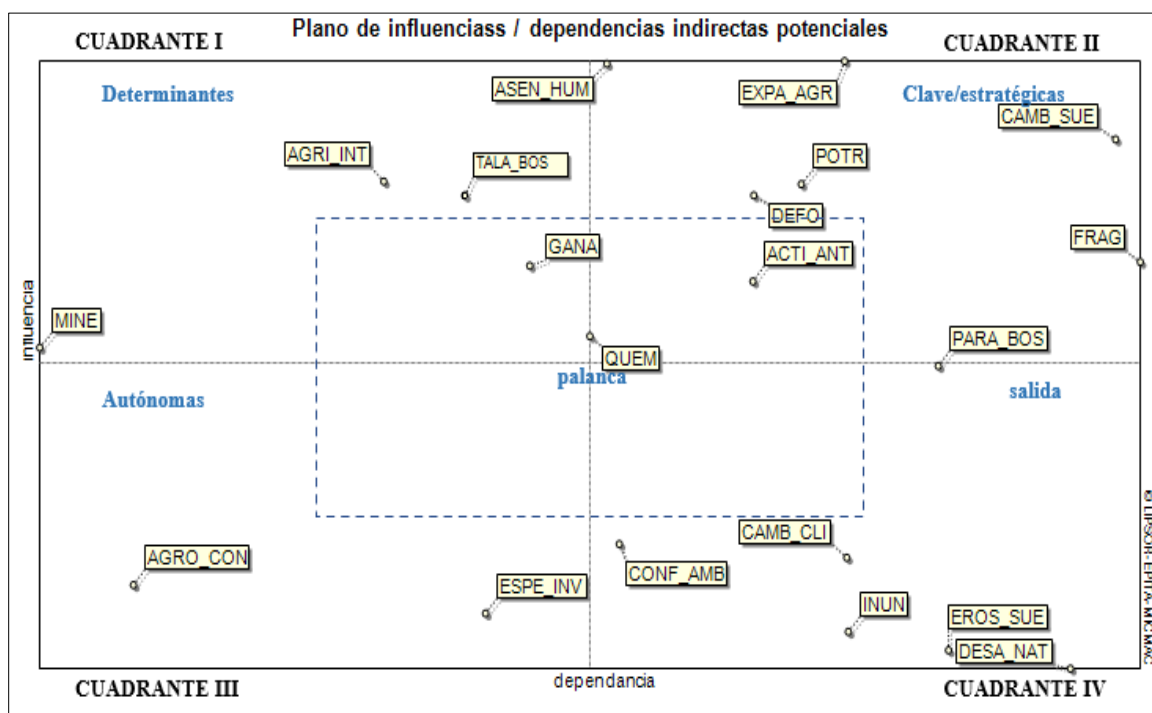
Fuente: Elaboración propia, 2021.

8.2.5 Identificación de influencias indirectas potenciales entre variables

De acuerdo a la matriz de influencias indirectas potenciales estimada por medio del software Mic-Mac, se establece como principales variables motrices el cambio en el uso del suelo, los desastres naturales, la fragmentación, la erosión del suelo y la paramización del bosque; y como variables con mayor dependencia la expansión de la frontera agrícola, los asentamientos humanos, cambio en el uso del suelo, agricultura intensiva y la potrerización (ver Anexo 7).

En la Figura 17 se presenta el plano de influencias indirectas potenciales. El análisis del plano, como resultado del software, permitió identificar los relacionamientos indirectos entre las variables. Para interpretar el plano, se precisa que las variables cuya ubicación fue de izquierda a derecha, ganaron dependencia; mientras que, si las variables se desplazaron hacia la izquierda, perdieron dependencia; así mismo, sucede con las variables que se ubicaron hacia arriba o hacia abajo del plano, una variable que se desplace hacia arriba gana influencia, mientras que, si baja en el plano, pierde influencia.

Figura 17. Plano de influencias indirectas potenciales

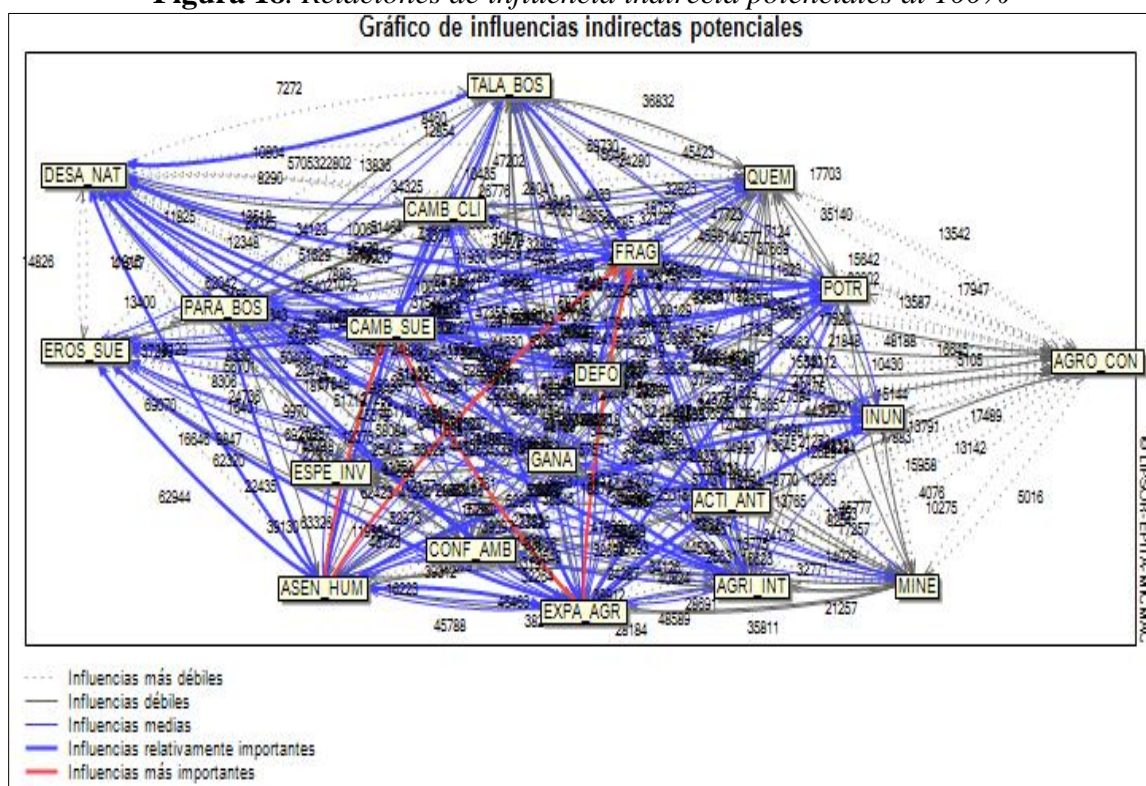


Fuente: Elaboración propia, 2021.

Se observa la misma tendencia de distribución de las variables respecto al plano de influencia de dependencias indirectas, por lo cual no se establece una pérdida o ganancia de dependencia /influencia.

El modelamiento al 100% de las influencias indirectas potenciales permitió identificar como influencias más importantes las que conforman relaciones entre los asentamientos humanos y el cambio del uso del suelo, la expansión de la frontera agrícola y el cambio en el uso del suelo, los asentamientos humanos y la fragmentación y la expansión de la frontera agrícola y los procesos de fragmentación del bosque. Como influencias moderadas se identifica la relación entre la tala del bosque y los desastres naturales, los asentamientos humanos y la expansión de la frontera agrícola, la expansión de la frontera agrícola y la potrerización y los asentamientos humanos con la generación de desastres naturales. Finalmente, en el sistema se identifica una mayor preponderancia a conformar influencias débiles a las variables que se relacionan con los agroquímicos y otros contaminantes y la minería (ver Figura 18).

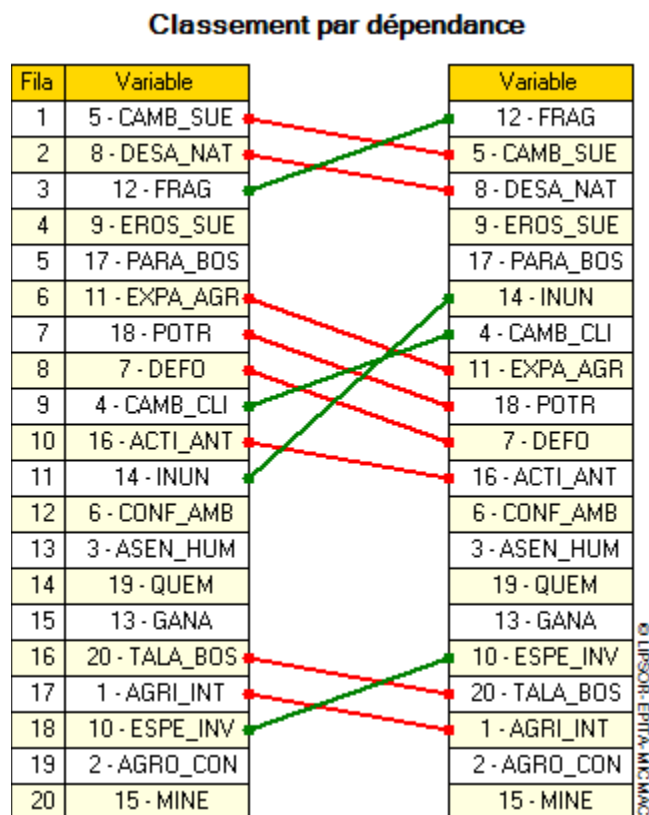
Figura 18. Relaciones de influencia indirecta potenciales al 100%



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Establecidas las relaciones entre las variables de influencia indirecta, y las variables de influencia indirecta potencial, se presenta un ranking comparativo entre estas, para identificar las variables que ascendieron de posición según su influencia (verde) y aquellas variables que descendieron (rojo). Se observa que las variables de influencia indirectas fragmentación, cambio climático, inundaciones y especies invasoras que originalmente se ubicaban en las posiciones 3,9,11,y 18 presentaron cambio de posición en el ranking aumentando de jerarquía, mientras que las variables cambio en el uso del suelo, desastres naturales, expansión de la frontera agrícola, potrerización, deforestación, actividades antrópicas, tala de bosque y agricultura intensiva, con posiciones 1,2,6,7,8,10,16 y 17 respectivamente, descendieron en el ranking generado a partir de las relaciones de influencia indirecta potencial (ver Figura 19).

Figura 19. Ranking de clasificación de relaciones de influencia directas potenciales e indirectas potenciales



Fuente: Elaboración propia, 2021.

8.2.6 Determinación de variables clave

Realizado el análisis estructural de las variables, y considerando la clasificación de estas en directas, directas potenciales, indirectas e indirectas potenciales en los diferentes planos de influencia y su interpretación de acuerdo a la diagonal estratégica, se identificó el listado de variables clave del sistema en el corto, mediano y largo plazo, las cuales se determinan a partir de las variables consignadas en el cuadrante II de la parte superior derecha denominado variables estratégicas, caracterizadas por una alta motricidad y dependencia, permitiendo que cualquier acción sobre ellas movilice rápidamente a todo el sistema, además de su utilización como direccionantes de futuro para la construcción de los escenarios prospectivos.

Se identificó un conjunto de seis (6) variables clave (paramización del bosque, fragmentación, deforestación, expansión de la frontera agrícola y cambio en el uso del suelo) a

partir del relacionamiento de las influencias directas e indirectas que orientan el accionar en el corto plazo, las cuales también fueron identificadas en el relacionamiento de influencias potenciales que orientan su dinamización en el mediano y largo plazo a excepción de la fragmentación, la cual fue reemplazada por la aparición de la variable de cambio climático (ver Tabla 18).

Tabla 18. Variables clave de los bosques altoandinos identificadas

VARIABLES CLAVE			
DIRECTAS - INDIRECTAS		DIRECTAS POTENCIALES - INDIRECTAS POTENCIALES	
CORTO PLAZO		MEDIANO Y LARGO PLAZO	
PARA_BOS	Paramización del bosque	EXPA AGR	Expansión de la frontera agrícola
FRAG	Fragmentación	POTR	Potrerización
DEFO	Deforestación	DEFO	Deforestación
EXPA AGR	Expansión de la frontera agrícola	CAMB SUE	Cambio en el uso del suelo
CAMB SUE	Cambio en el uso del suelo	FRAG	Cambio climático
POTR	Potrerización	PARA_BOS	Paramización del bosque

Fuente: Elaboración propia, 2021.

De acuerdo con el documento en construcción de la Evaluación Nacional de la Biodiversidad y servicios ecosistémicos del Instituto de Investigación Alexander von Humboldt, el cambio en el uso del suelo junto con el cambio climático son los impulsores que más afectan la pérdida de la biodiversidad y servicios ecosistémicos en América Latina, inducidos a futuro por un aumento de la población, el crecimiento del PIB, los patrones de consumo y las políticas subyacentes, sin embargo, pese a este reconocimiento, en Colombia las consecuencias de estas variables pocas veces se analizan de manera sistemática y directa para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, lo cual lo reafirma el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales junto con el Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt y el Consorcio para el Desarrollo de la Ecorregión Andina (IDEAM-IAvH-codesan, 2018), quienes establecen que es necesario interpretar en los bosques altoandinos la respuesta de la biodiversidad, estructura y funcionamiento de los ecosistemas a los factores de cambio climático y cambio en el uso del suelo.

Uno de los principales motores y procesos de transformación de los bosques andinos y altoandinos en Colombia incluyen el crecimiento poblacional, procesos de deforestación y expansión de la frontera agrícola, afectando a las zonas más bajas de estos bosques; adicionalmente, se está generando modificación de las comunidades boscosas producto del cambio climático al aumentar la abundancia de especies provenientes de zonas cálidas que amenazan las especies características de la alta montaña, generando que se reporten tasas de calentamiento de 0,1 y 0,2°C por década durante la segunda mitad del siglo XX y un aumento proyectado entre 1,5 y 4,5°C para el 2018, aumento en la temperatura que incide en un desplazamiento hacia mayores elevaciones de elementos leñosos, por lo cual sustenta el hecho que las variables cambio climático y paramización del bosque sean consideradas como variables clave dinamizadoras en el largo plazo (IDEAM-IAvH-codesan, 2018).

8.3 FASE 3 ANÁLISIS PROSPECTIVO HACIA UNA GESTIÓN AMBIENTAL EFECTIVA

Identificadas las variables clave que dinamizan de forma rápida al sistema, se desarrollaron tres (3) fases en las cuales se construyeron distintos tipos de escenarios e hipótesis de múltiples futuro a través de la indagación de cambios deseados y temidos sobre las variables y el análisis de sus probabilidades de ocurrencia; y de esta forma, se conformó una visión de escenario apuesta, para el cual se diseñó mecanismos de gestión ambiental diferenciados para la conservación de los servicios ecosistémicos de los bosques altoandinos en Colombia.

8.3.1 Exploración preliminar de cambios deseados y temidos

Para cuatro (4) grupos de actores clave pertenecientes a ocho instituciones, seleccionados según su carácter participativo y democrático en relación a la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos para Colombia consignados en la Política Nacional, se utilizó la técnica de matriz del cambio para establecer percepciones de futuro a diez (10) años a partir de las variables clave resultantes del ejercicio Mic – Mac (ver Anexo 8).

Resultado del diligenciamiento de la matriz de cambio por parte de los cuatro grupos de actores para las seis (6) variables clave, se conformaron 56 hipótesis de futuro base para la construcción de los escenarios prospectivos, las cuales se relacionan a continuación.

1. En 2022, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se siga generando cambio en el uso del suelo y sobreutilización del ecosistema a causa de la fragmentación del bosque.
2. En 2022, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de bosque natural debido a la expansión de la frontera agrícola.
3. En 2022, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se siga generando conflictos de uso del suelo debido a la expansión de la frontera agrícola.
4. En 2022, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de áreas naturales debido a la expansión de la frontera agrícola.
5. En 2022, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere tala del bosque derivado de las actividades que generan cambio en el uso del suelo.
6. En 2022, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere tala del bosque a causa de la potrerización.
7. En 2022, es altamente probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de cobertura vegetal y cambio de uso del suelo en áreas boscosas naturales.
8. En 2022, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de cobertura vegetal y cambio de uso del suelo en áreas boscosas naturales y potrerización para la implementación de actividades agropecuarias a consecuencia de la expansión de la frontera agrícola.
9. En 2022, es altamente probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de cobertura vegetal y cambio de uso del suelo en áreas naturales.
10. En 2022, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de cobertura vegetal y cambio de uso del suelo en áreas naturales y potrerización para la implementación de actividades agropecuarias.
11. En 2022, es muy probable que se genere pérdida de cobertura del páramo.
12. En 2022, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere estrategias adaptativas de las especies a causa de los procesos de paramización.
13. En 2022, es altamente probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de ecosistemas producto de la deforestación.
14. En 2022, es altamente probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de la biodiversidad a causa de la fragmentación del bosque.

15. En 2022, es altamente probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere Tala de bosque y disminución del servicio ecosistémico de soporte derivado de la expansión de la frontera agrícola.
16. En 2022, es altamente probable que en los bosques altoandinos de Colombia se siga generando conflicto de uso del suelo.
17. En 2022, es altamente probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere sobreexplotación del suelo a causa de la potrerización.
18. En 2022, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere cambio en el uso del suelo por procesos de paramización del bosque.
19. En 2025, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de biodiversidad derivado de los procesos de paramización del bosque.
20. En 2025, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere degradación ambiental por pérdida de bosque derivado de los procesos de paramización del bosque.
21. En 2025, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de la capacidad de soporte del área debido a cambios en el uso del suelo.
22. En 2025, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere disminución de la cobertura vegetal y aumento de fenómenos erosivos.
23. En 2025, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de cobertura y servicios ecosistémicos por procesos de deforestación.
24. En 2025, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de la biodiversidad nativa como efecto de la fragmentación.
25. En 2025, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de conectividad y fuentes de refugio y alimento para las especies a causa de la fragmentación del bosque.
26. En 2025, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida del hábitat de algunas especies derivado de procesos de deforestación.
27. En 2025, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere compactación del suelo y aumento de emisiones de GEI por fenómenos de potrerización.

28. En 2025, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere afectación de la oferta hídrica debido a la reducción de vegetación boscosa ocasionada por la expansión de la frontera agrícola.
29. En 2025, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de la vegetación a causa de la potrerización.
30. En 2025, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se aumente la ganadería y cultivos en zonas de montaña por efectos del cambio en el uso del suelo.
31. En 2025, es medianamente probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de la mitad de la cobertura vegetal a causa de deforestación.
32. En 2025, es medianamente probable que en los bosques altoandinos de Colombia se disminuya las coberturas forestales y se genere pérdida de servicios ecosistémicos a causa de la deforestación del bosque.
33. En 2025, es medianamente probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de la cobertura vegetal y ocurran desastres naturales con muertes humanas a causa de deforestación y expansión de la frontera agrícola.
34. En 2025, es altamente probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere cambio en el uso del suelo a causa de procesos de proterización.
35. En 2025, es altamente probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere tala de bosque, cambio de uso del suelo, actividades agropecuarias y de extracción conducentes a la deforestación.
36. En 2025, es altamente probable que, en los bosques altoandinos de Colombia, para las áreas naturales se generen procesos de fragmentación por alteración de coberturas con distintos fines de uso del suelo.
37. En 2030, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere aislamiento de poblaciones de flora y fauna por procesos de fragmentación.
38. En 2030, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de funcionalidad ecológica por procesos de paramización del bosque.
39. En 2030, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se de pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos a causa del cambio del uso del suelo.
40. En 2030, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere degradación del suelo a partir de cambios en su uso.

41. En 2030, es altamente probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere aumento de la paramización del bosque y reducción de las áreas boscosas.
42. En 2030, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere fortalecimiento de las medidas de control e instrumentos de planificación.
43. En 2030, es altamente probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida del hábitat de algunas especies derivado de procesos de fragmentación.
44. En 2030, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere desabastecimiento de la oferta hídrica derivado del cambio en el uso del suelo.
45. En 2030, es poco probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere adaptabilidad de las especies a las condiciones de páramo.
46. En 2030, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere cambio en el uso del suelo a causa de la deforestación.
47. En 2030, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se generen parches de bosque a causa de procesos de fragmentación.
48. En 2030, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere pérdida de la cobertura vegetal boscosa debido a procesos de paramización del bosque.
49. En 2030, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere cambio en el uso del suelo por procesos de potrerización.
50. En 2030, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se continúe con la ampliación de matriz de pastos debido a la potrerización.
51. En 2030, es poco probable que, en los bosques altoandinos de Colombia, en sus zonas altas se genere procesos de paramización, dónde los Pajonales y otras especies de vegetación de Páramo desplacen a las especies propias de bosque alto andino.
52. En 2030, es poco probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere cambio en el uso del producto de la expansión de la frontera agrícola.
53. En 2030, es muy probable que en los bosques altoandinos de Colombia se genere cambio en el uso del suelo derivado de procesos de fragmentación.
54. En 2030, es muy probable que se genere pérdida de los bosques altoandinos de Colombia producto de cambio en el uso del suelo.
55. En 2030, es medianamente probable que se de afectación a las características estructurales y funcionales del suelo por procesos de potrerización.

56. En 2030, es medianamente probable que se de cambio en las condiciones climáticas de los bosques altoandinos debido a la expansión de la frontera agrícola.

8.3.2 Análisis de probabilidades y construcción de escenarios prospectivos

Con base en las hipótesis estructuradas, se construyó un conjunto de probabilidades condicionadas de “SI” o “NO” ocurrencia por medio de consulta digital a expertos de los mismos cuatro grupos de actores previamente seleccionados. Se tomó como base la construcción de seis (6) hipótesis de futuro para un mediano y largo plazo, las cuales se retroalimentan mutuamente y se sustentan en el hecho de tener viabilidad por parte de la experticia de los actores y contar con una probabilidad de ocurrencia (ver Tabla 19).

Tabla 19. *Hipótesis de futuro base para el análisis de probabilidad SMIC PRO EXPERT*

HIPOTESIS DE FUTURO

1. ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se aumente el proceso de paramización del bosque, si los principales factores incidentes son el cambio en el uso del suelo, la degradación natural a partir del cambio climático y la deforestación?

2. ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se haya disminuido la mitad de la cobertura, si los principales factores incidentes son la conformación de asentamientos humanos, ganadería, minería y expansión de la frontera agrícola?

3. ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se pierda el hábitat de algunas especies si sus principales factores incidentes son la deforestación, potrerización y quemas?

4. ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se presente desabastecimiento en la oferta hídrica si sus principales factores incidentes son la conformación de asentamientos humanos, y la reducción de la cobertura vegetal?

5. ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se presenten desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial, si sus principales factores incidentes son el aumento en las amenazas por remoción en masa, torrencialidades e incendios

6. ¿Qué tan probable es que en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia se fortalezcan las medidas de control e instrumentos de planificación si sus principales factores incidentes son el control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático?

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Definidas las seis (6) hipótesis base, se generó combinaciones entre ellas construyendo probabilidades simples y probabilidades condicionadas a la “SI” ocurrencia y “NO” ocurrencia obteniendo un total de 66 preguntas (ver Anexo 9). Cada una de las hipótesis de futuro se calificó por los expertos teniendo en cuenta un valor de probabilidad en una escala entre 1 y 10, siendo uno (1) muy poco probable y diez (10) altamente probable.

Una vez los actores clave calificaron la probabilidad de ocurrencia de cada hipótesis simple, así como la probabilidad condicional de sí o no realización de las demás (594 respuestas en total), se procedió a realizar el análisis de los datos en el software de prospectiva estratégica SMIC-PRO-EXPERT, el cual transforma las probabilidades de hipótesis o eventos definidos por los actores en datos coherentes, respetando las fórmulas de base de las probabilidades.

La aplicación de esta técnica a través del software de prospectiva estratégica SMIC- PRO EXPERT permitió evaluar para las seis (6) hipótesis definidas, las probabilidades de ocurrencia del conjunto de eventos ligados con la gestión ambiental de la conservación de los bosques altoandinos y sus servicios ecosistémicos conexos.

Con base en las interacciones existentes entre cada hipótesis/evento de futuro, se realiza el cálculo de escenarios dando como resultado $2^6 = 64$ escenarios posibles de los que algunos son menos probables, otros muy probables y otros improbables.

A través del análisis con el software SMIC-PRO-EXPERT se establecieron los valores de las probabilidades simples netas, denotando un mayor valor de probabilidad para la hipótesis 2, seguido de la hipótesis 3 y la hipótesis 1 (ver Tabla 20).

Tabla 20. *Valores para las probabilidades simples netas*

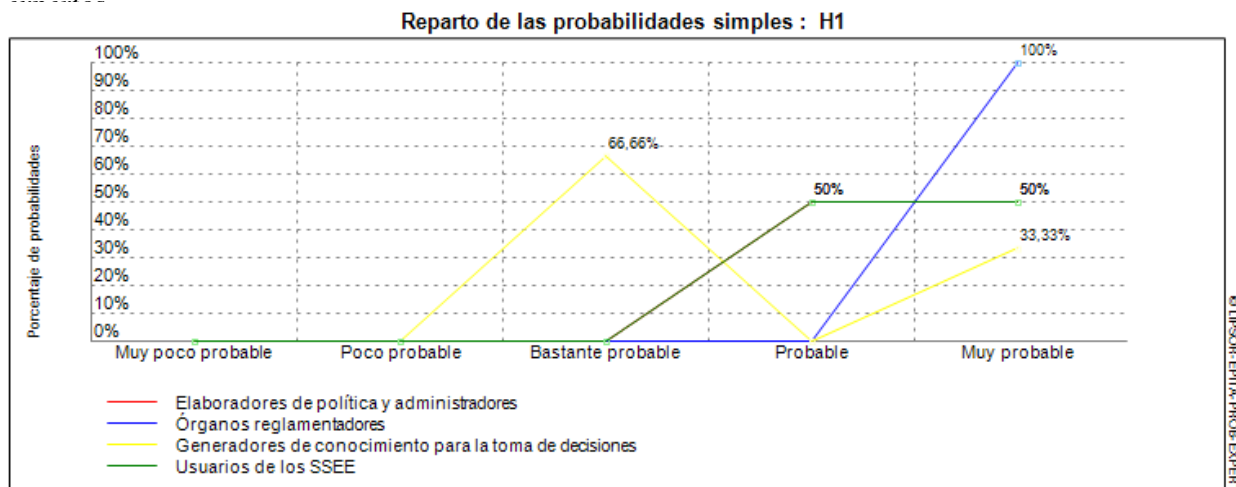
HIPÓTESIS	VALOR PROBABILIDAD
H1: ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se aumente el proceso de paramización del bosque, si los principales factores incidentes son el cambio en el uso del suelo, la degradación natural a partir del cambio climático y la deforestación?	0,518

HIPÓTESIS	VALOR PROBABILIDAD
H2: ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se haya disminuido la mitad de la cobertura, si los principales factores incidentes son la conformación de asentamientos humanos, ganadería, minería y expansión de la frontera agrícola?	0,580
H3: ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se pierda el hábitat de algunas especies si sus principales factores incidentes son la deforestación, potrerización y quemas?	0,576
H4: ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se presente desabastecimiento en la oferta hídrica si sus principales factores incidentes son la conformación de asentamientos humanos, y la reducción de la cobertura vegetal?	0,517
H5: ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se presenten desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial, si sus principales factores incidentes son el aumento en las amenazas por remoción en masa, torrencialidades e incendios?	0,455
H6: ¿Qué tan probable es que en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia se fortalezcan las medidas de control e instrumentos de planificación si sus principales factores incidentes son el control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático?	0,451

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Respecto a la primera hipótesis simple de futuro relacionada con el aumento en el proceso de paramización del bosque, si los principales factores incidentes son el cambio en el uso del suelo, la degradación natural a partir del cambio climático y la deforestación, en conjunto los cuatro grupos de actores clave la definen como muy probable con un 55%, seguido de probable con un 22%, y bastante probable 22%. A nivel individual el mayor porcentaje de probabilidad fue asignado por el grupo de órganos reglamentadores con un 100% de probabilidad (ver Figura 20).

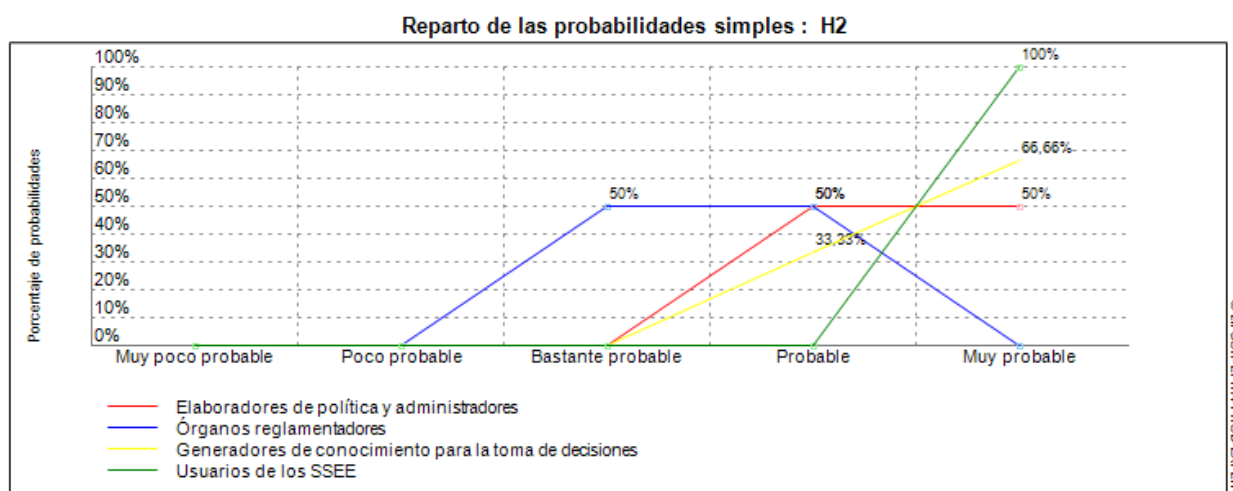
Figura 20. Probabilidades asignadas para la hipótesis 1 para los cuatro grupos de actores



Fuente: Elaborado a partir del software SMIC-PRO-EXPERT, 2021

La hipótesis 2, relacionada con la disminución de la mitad de la cobertura, si los principales factores incidentes son la conformación de asentamientos humanos, ganadería, minería y expansión de la frontera agrícola, tras analizar los resultados de los datos en conjunto se identifica como muy probable con un porcentaje del 55%, seguido de probable con un 33% y bastante probable con un 11%; las mayores probabilidades de ocurrencia a nivel individual fueron dadas por el grupo de los generadores de conocimiento para la toma de decisiones y los usuarios de los SSEE (ver Figura 21).

Figura 21. Probabilidades asignadas para la hipótesis 2 para los cuatro grupos de actores

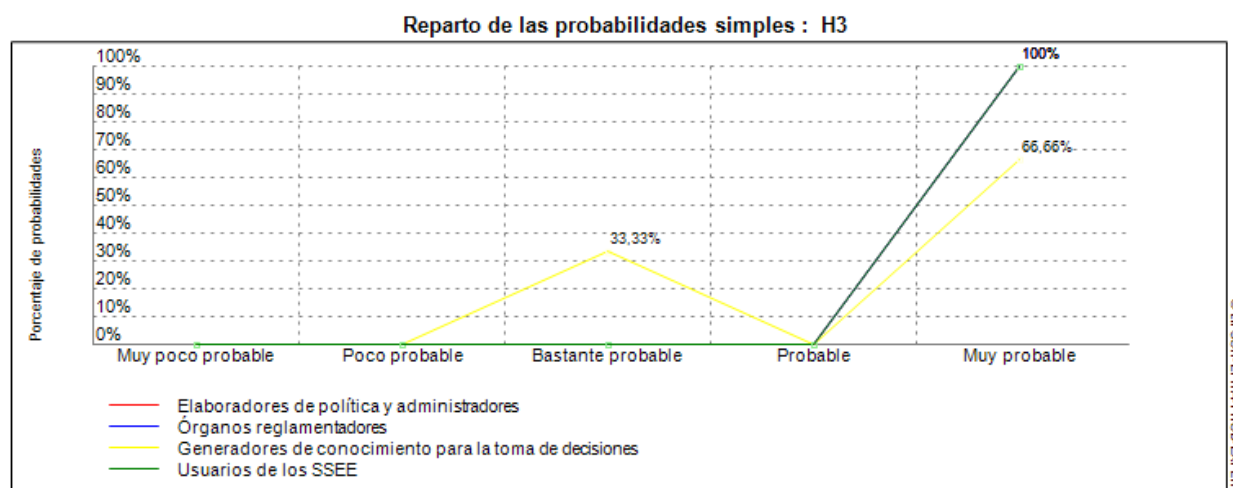


Fuente: Elaborado a partir del software SMIC-PRO-EXPERT, 2021.

De acuerdo con (Boron, Payán, MacMillan, & Tzanopoulos, 2016), la expansión agrícola seguirá siendo un impulsor con impactos directos e indirectos en todos los aspectos de la sostenibilidad, incluyendo la hídrica. Especialmente se destaca que las agendas políticas nacionales y los subsidios seguirán beneficiado ciertos usos del suelo como plantaciones de palma y la ganadería a gran escala, con efectos negativos sobre todos los ecosistemas terrestres y acuáticos.

La hipótesis tres relacionada con la pérdida del hábitat de algunas especies si sus principales factores incidentes son la deforestación, potrerización y quemas, se catalogó como muy probable con un 88% y bastante probable con el restante 12% tras analizar todos los datos en conjunto; y a nivel individual se evidenció un mayor porcentaje de probabilidad de ocurrencia asignado por el grupo de usuarios de los SSEE con un 100% (ver Figura 22).

Figura 22. Probabilidades asignadas para la hipótesis 3 para los cuatro grupos de actores

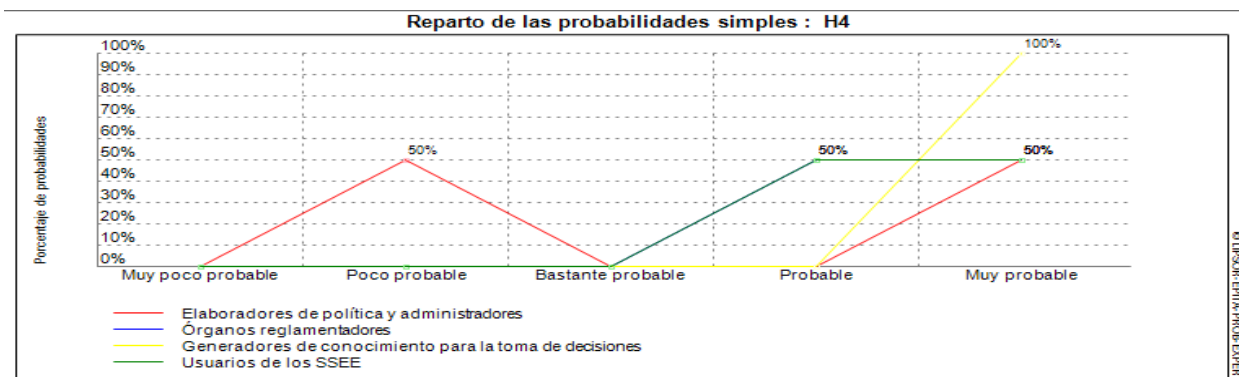


Fuente: Elaborado a partir del software SMIC-PRO-EXPERT, 2021

Para los Andes, los ecosistema de mayor afectación en los escenarios propuestos al año 2050 de acuerdo con el “Bussines as usual” son el páramo (14 a 15%), los bosques andinos (15,6 a 28,6%) y los bosques bajos del piedemonte de la Amazonia y Orinoquia (14,7 a 30,2%), con fuertes implicaciones para el suministro de agua de las partes de alta montaña y en la pérdida de corredores de conexión entre ecosistemas andinos, hábitat de especies y bosques húmedos tropicales (Londoño, y otros, 2020).

la hipótesis 4 relacionada con el desabastecimiento en la oferta hídrica si sus principales factores incidentes son la conformación de asentamientos humanos, y la reducción de la cobertura vegetal fue considerada como muy probable con un 66%, probable con un 22% y poco probable con un restante 12% con mayor probabilidad de ocurrencia a nivel individual asignada por el grupo de generadores de conocimiento para la toma de decisiones (ver Figura 23).

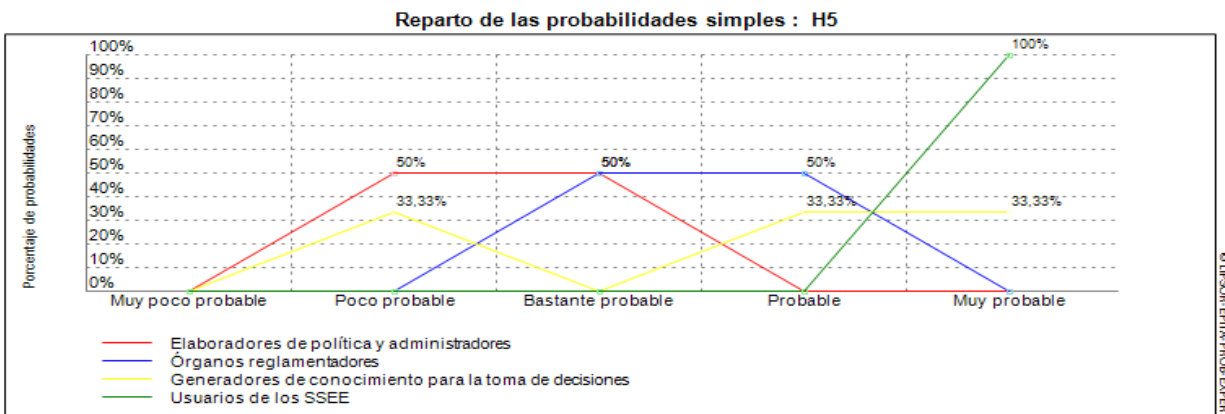
Figura 23. Probabilidades asignadas para la hipótesis 4 para los cuatro grupos de actores expertos



Fuente: Elaborado a partir del software SMIC-PRO-EXPERT, 2021

La hipótesis 5 relacionada con la presencia de desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial, si sus principales factores incidentes son el aumento en las amenazas por remoción en masa, torrencialidades e incendios, según los datos conjuntos de los cuatro grupos, se define como muy probable con un porcentaje del 34%, bastante probable y probable con un 22% cada uno, y poco probable con un 22%. La mayor probabilidad de ocurrencia a nivel individual fue dada por el grupo de usuarios de los SSEE (ver Figura 24).

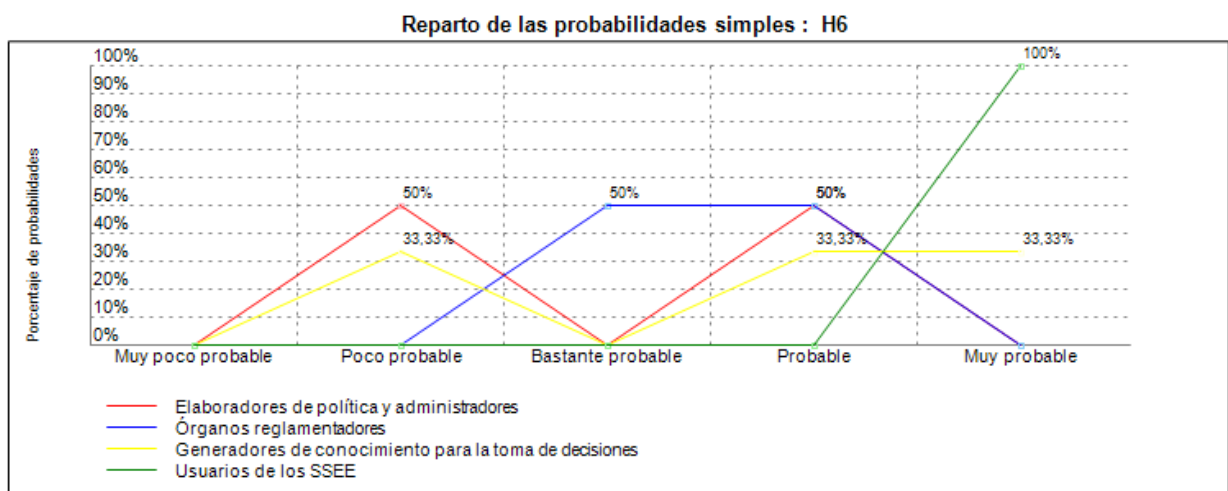
Figura 24. Probabilidades asignadas para la hipótesis 5 para los cuatro grupos de actores



Fuente: Elaborado a partir del software SMIC-PRO-EXPERT, 2021

La hipótesis seis relacionada con el fortalecimiento de las medidas de control e instrumentos de planificación si sus principales factores incidentes son el control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático, se catalogó como muy probable y probable con un 33% respectivamente, bastante probable con un restante 12% y poco probable con un 22% tras analizar todos los datos en conjunto; y a nivel individual se evidenció un mayor porcentaje de probabilidad de ocurrencia asignado por el grupo de los usuarios de los SSEE (Ver Figura 25).

Figura 25. Probabilidades asignadas para la hipótesis 6 para los cuatro grupos de actores



Fuente: Elaborado a partir del software SMIC-PRO-EXPERT, 2021

Respecto a las calificaciones de las probabilidades condicionales de “SI” ocurrencia y “NO” ocurrencia, se identificó un mayor probabilidad de ocurrencia de “SI” para el relacionamiento dado entre la hipótesis tres y la hipótesis 1, el cual relaciona la probabilidad de que se pierda para 2025 el hábitat de algunas especies si se aumenta el proceso de paramización del bosque (Tabla 21); mientras que para las probabilidades condicionales de “NO” ocurrencia se identificó la mayor probabilidad entre el relacionamiento de la hipótesis 2 con la hipótesis 6, en la cual se analiza la probabilidad de que se disminuya a 2025 la mitad de la cobertura si no se fortalecen las medidas de control e instrumentos de planificación (ver Tabla 22).

Tabla 21. Probabilidades condicionales netas de “SI” realización

	H1	H2	H3	H4	H5	H6
1 - H1	0,518	0,768	0,808	0,725	0,693	0,656
2 - H2	0,86	0,58	0,883	0,884	0,866	0,771
3 - H3	0,898	0,877	0,576	0,888	0,84	0,788

	H1	H2	H3	H4	H5	H6
4 - H4	0,724	0,788	0,797	0,517	0,697	0,769
5 - H5	0,608	0,679	0,664	0,613	0,455	0,579
6 - H6	0,571	0,599	0,617	0,67	0,574	0,451

Fuente: Elaboración propia, a partir de cálculos estimativos en el software SMIC-PRO-EXPERT, 2021.

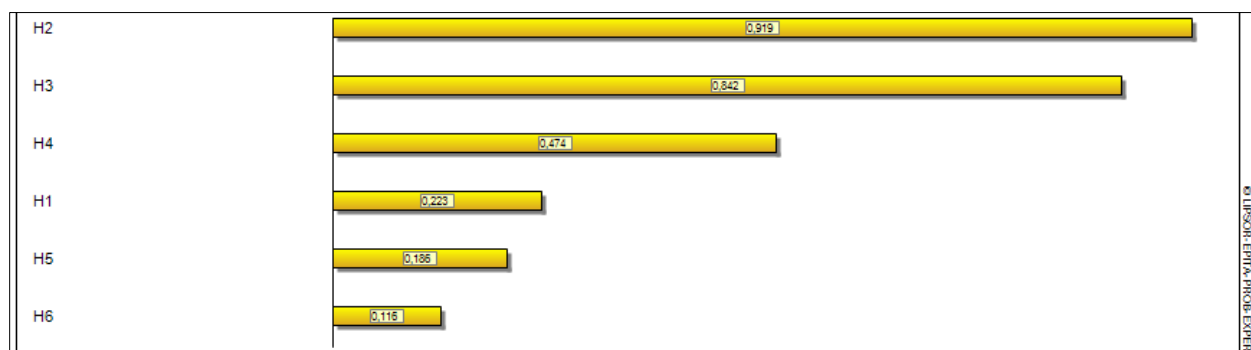
Tabla 22. Probabilidades condicionales netas de “NO” realización

	H1	H2	H3	H4	H5	H6
1 - H1	0	0,173	0,125	0,296	0,372	0,405
2 - H2	0,279	0	0,168	0,254	0,341	0,424
3 - H3	0,229	0,16	0	0,242	0,355	0,401
4 - H4	0,295	0,143	0,137	0	0,367	0,31
5 - H5	0,29	0,145	0,171	0,285	0	0,353
6 - H6	0,322	0,246	0,225	0,216	0,348	0

Fuente: Elaboración propia, a partir de cálculos estimativos en el software SMIC-PRO-EXPERT, 2021.

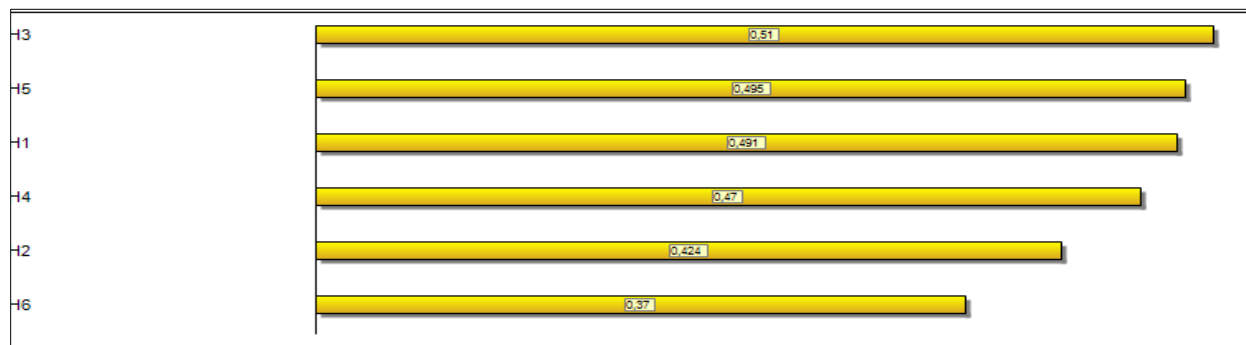
A partir del histograma de sensibilidad de las influencias dadas por las calificaciones de los expertos, se identificó una mayor influencia de la hipótesis 2 (0,919), seguido de la hipótesis 3 (0,842) y la hipótesis 4 (0,474); de otra parte, se identificó una mayor dependencia de la hipótesis 3 (0,51), seguido por la hipótesis 5 (0,495) y la hipótesis 1 (0,491) (ver Figura 26 y Figura 27).

Figura 26. Histograma de la influencia de las hipótesis base para construcción de escenarios prospectivos



Fuente: Elaborado a partir del software SMIC-PRO-EXPERT, 2021

Figura 27. *Histograma de las dependencias de las hipótesis base para construcción de escenarios prospectivos*



Fuente: Elaborado a partir del software SMIC-PRO-EXPERT, 2021

Con respecto a los escenarios, es necesario precisar que estos son definidos como “*la recreación de un momento histórico con los actores, sus roles y sus características, con los lugares, los objetos y las situaciones que se pueden imaginar por el actor; esto permite que los espectadores llamados -la cuarta pared-, puedan interpretar el escenario presentado y sacar conclusiones sobre el mismo dado que lo están visualizando*” (Baena Paz, 2009). En este sentido, se reconocen los siguientes rasgos orientadores para la construcción de los escenarios prospectivos:

- ❖ **Visiones múltiples**, los escenarios siempre implican más de una visión de futuro, es su objetivo explícito, una sola visión sería predicción y no construcción colectiva de futuro.
- ❖ **Cambios cualitativos**, los escenarios son más apropiados mientras las situaciones sean más complejas e inciertas donde se mueven fuerzas cualitativas, más que cuantitativas.
- ❖ **Objetivos**, el objetivo describe lo que podría pasar, no aquello que queremos que pase. Si los escenarios son vistos como imposibles o no factibles, serán rechazados.
- ❖ **Los escenarios son historias**, no explican detalles precisos. Permiten que el lector añada detalles que los mantienen vivos y permiten extrapolar a otros ejemplos más allá de la descripción.
- ❖ **Relevantes**, deben resultar en las incertidumbres y fuerzas de cambio relevantes a las decisiones estratégicas de los sectores del país, en torno a la gestión ambiental de los asentamientos humanos.

En este sentido, los escenarios identificados se constituyen en la imagen futuro que orientan la toma de decisiones presentes para realizar el despliegue de planes, programas y proyectos para lograr la imagen de futuro deseada (Mojica F. , 2005).

Se establecieron los escenarios prospectivos, identificando dos tipos: escenarios posibles (tendenciales y menos probables) y escenarios improbables. Los escenarios tendenciales (11 escenarios identificados) se definieron como aquellos donde se encontraron las mayores probabilidades de ocurrencia acumulada, la cual no debe superar el 80% (Godet, 1995), siendo los escenarios con las mayores probabilidades de ocurrencia dadas por las calificaciones de los expertos; los escenarios menos probables (31 escenarios identificados) son aquellos con mediana y baja probabilidad de ocurrencia individual pero que pueden ser deseables, y los escenarios improbables (22 escenarios) son aquellos que presentan ocurrencia nula y aunque no son probables pueden llegar a ser deseables (ver Tabla 23 y Figura 29).

Tabla 23. *Matriz de probabilidades de escenarios*

	GRUPO 1: Elaboradores de política y administradores	GRUPO 2: Órganos reglamentadores	GRUPO 3: Generadores de conocimiento para la toma de decisiones	GRUPO 4: Usuarios de los SSEE	CONJUNTO DE ACTORES	PROBABILIDAD ACUMULADA
64 - 000000	0,41	0,22	0,277	0,162	0,251	0,251
01 - 111111	0,018	0,059	0,063	0,265	0,122	0,37
03 - 111101	0,065	0,069	0,12	0,078	0,088	0,46
02 - 111110	0,112	0,076	0,076	0,024	0,065	0,53
06 - 111010	0,009	0,052	0,051	0,073	0,052	0,58
04 - 111100	0,06	0,031	0,001	0,1	0,049	0,63
33 - 011111	0,013	0,037	0,047	0,076	0,049	0,68
63 - 000001	0,009	0,085	0,089	0	0,045	0,72
34 - 011110	0	0	0,033	0,061	0,031	0,75
05 - 111011	0,059	0,008	0	0,048	0,027	0,78
62 - 000010	0,012	0,014	0,011	0,03	0,018	0,80
19 - 101101	0	0,059	0,016	0,007	0,017	0,81
32 - 100000	0,025	0,038	0,016	0	0,016	0,83
41 - 010111	0,011	0	0,043	0	0,016	0,85
17 - 101111	0	0,075	0	0,004	0,014	0,86
07 - 111001	0,046	0,016	0	0	0,01	0,87
35 - 011101	0,019	0,043	0	0	0,01	0,88
09 - 110111	0	0	0,027	0	0,009	0,89
53 - 001011	0	0	0	0,028	0,009	0,90
14 - 110010	0,011	0	0,018	0	0,008	0,91

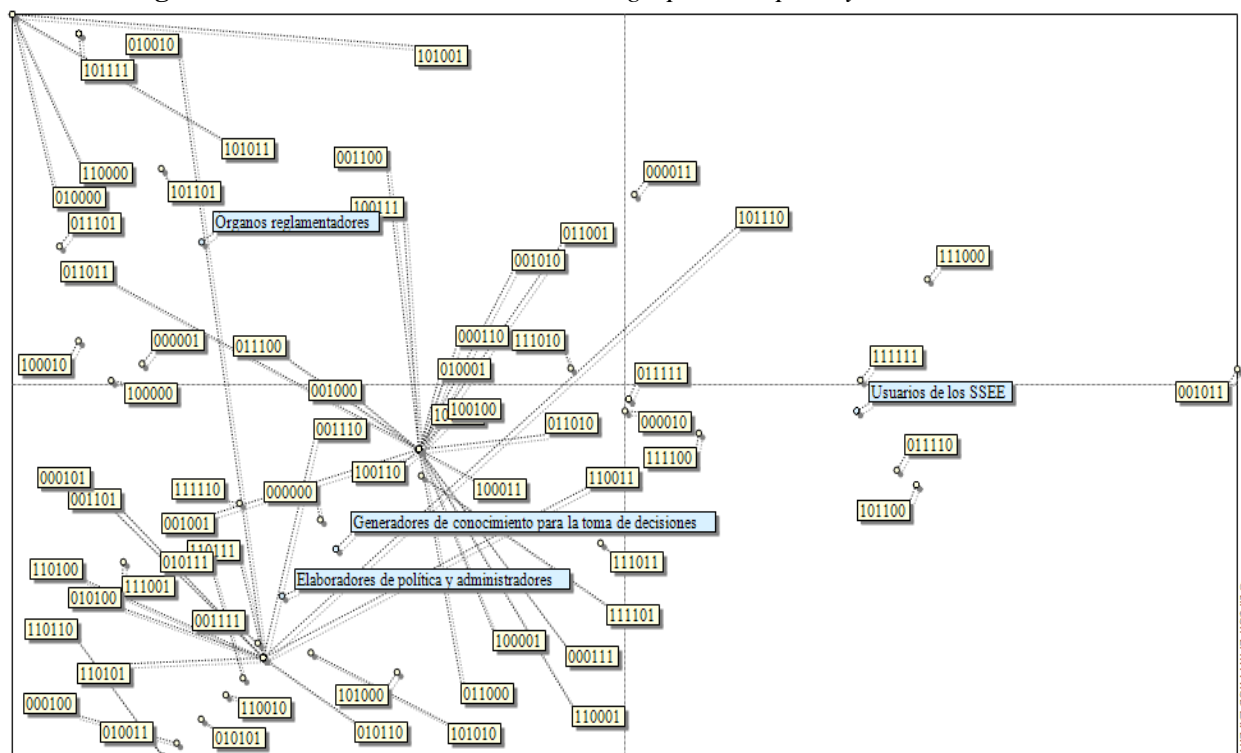
	GRUPO 1: Elaboradores de política y administradores	GRUPO 2: Órganos reglamentadores	GRUPO 3: Generadores de conocimiento para la toma de decisiones	GRUPO 4: Usuarios de los SSEE	CONJUNTO DE ACTORES	PROBABILIDAD ACUMULADA
20 - 101100	0,009	0	0	0,021	0,008	0,91
43 - 010101	0,023	0	0,014	0	0,008	0,92
59 - 000101	0	0	0,023	0	0,008	0,93
22 - 101010	0,003	0	0,017	0,001	0,007	0,94
48 - 010000	0	0,045	0	0	0,007	0,94
60 - 000100	0,033	0	0,005	0	0,007	0,95
08 - 111000	0	0,005	0	0,015	0,006	0,96
13 - 110011	0	0	0,011	0	0,004	0,96
16 - 110000	0	0,027	0	0	0,004	0,97
21 - 101011	0	0,021	0	0	0,004	0,97
24 - 101000	0,014	0	0	0,004	0,004	0,97
30 - 100010	0,009	0,012	0	0	0,004	0,98
42 - 010110	0	0	0,013	0	0,004	0,98
45 - 010011	0,016	0	0	0	0,003	0,98
49 - 001111	0	0	0,007	0	0,003	0,99
10 - 110110	0,015	0	0	0	0,002	0,99
44 - 010100	0	0	0,005	0	0,002	0,99
46 - 010010	0	0	0,006	0	0,002	0,99
61 - 000011	0	0,004	0	0,004	0,002	1,00
23 - 101001	0	0,003	0	0	0,001	1,00
50 - 001110	0	0	0,004	0	0,001	1,00
51 - 001101	0	0	0,004	0	0,001	1,00
11 - 110101	0	0	0,001	0	0	1,00
12 - 110100	0	0	0,001	0	0	1,00
15 - 110001	0	0	0	0	0	1,00
18 - 101110	0	0	0	0	0	1,00
25 - 100111	0	0	0	0	0	1,00
26 - 100110	0	0	0	0	0	1,00
27 - 100101	0	0	0	0	0	1,00
28 - 100100	0	0	0	0	0	1,00
29 - 100011	0	0	0	0	0	1,00
31 - 100001	0	0	0	0	0	1,00
36 - 011100	0	0	0	0	0	1,00
37 - 011011	0	0	0	0	0	1,00
38 - 011010	0	0	0	0	0	1,00
39 - 011001	0	0	0	0	0	1,00
40 - 011000	0	0	0	0	0	1,00
47 - 010001	0	0	0	0	0	1,00
52 - 001100	0	0	0	0	0	1,00

	GRUPO 1: Elaboradores de política y administradores	GRUPO 2: Órganos reglamentadores	GRUPO 3: Generadores de conocimiento para la toma de decisiones	GRUPO 4: Usuarios de los SSEE	CONJUNTO DE ACTORES	PROBABILIDAD ACUMULADA
54 - 001010	0	0	0	0	0	1,00
55 - 001001	0	0	0	0	0	1,00
56 - 001000	0	0	0	0	0	1,00
57 - 000111	0	0	0	0	0	1,00
58 - 000110	0	0	0	0	0	1,00

Fuente: Elaboración propia, a partir de cálculos estimativos en el software SMIC-PRO-EXPERT, 2021.

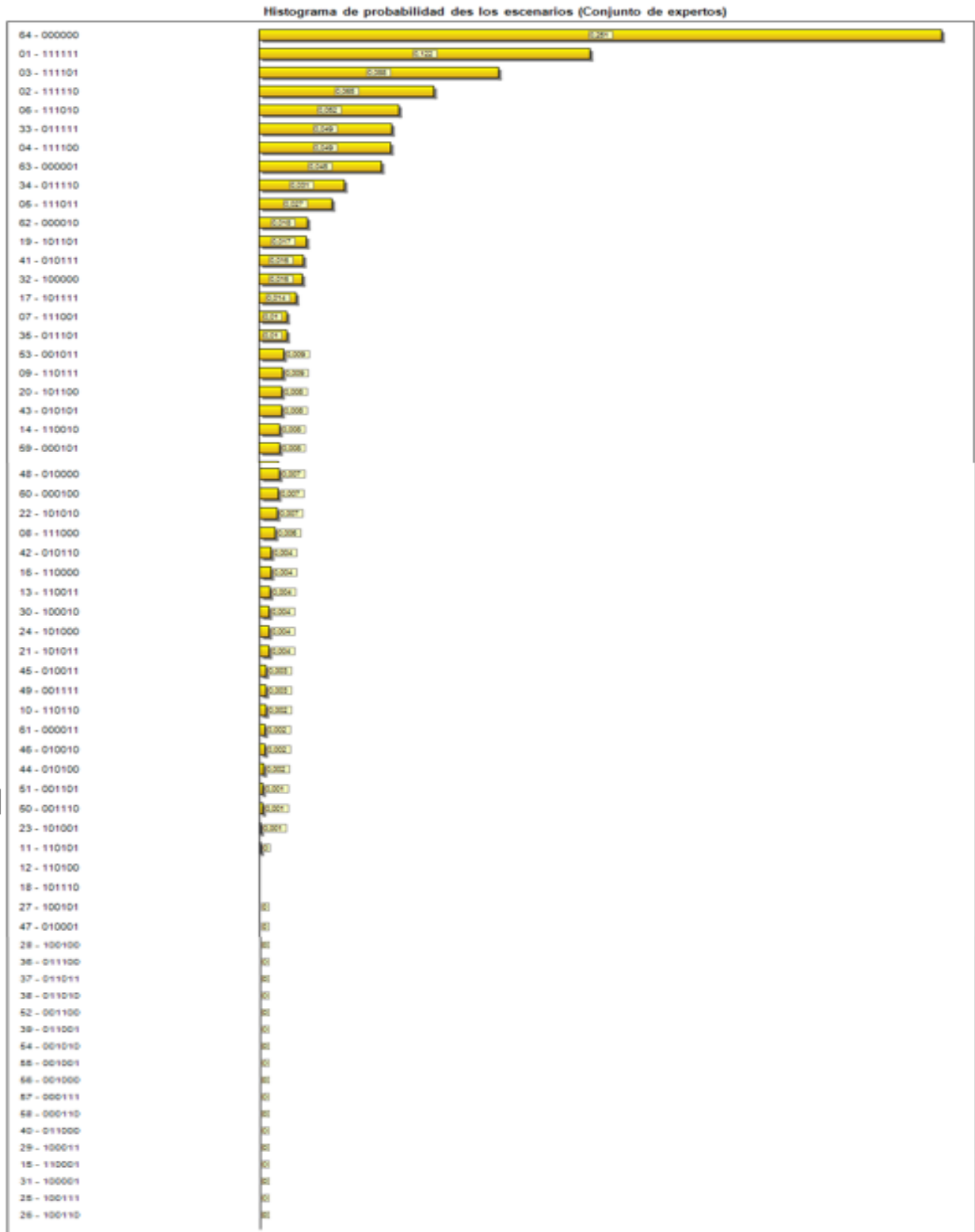
En la Figura 28 se presenta el plano de proximidades entre los cuatro grupos de expertos y los escenarios prospectivos elaborados, denotando una mayor proximidad entre el grupo de generadores de conocimiento para la toma de decisiones y los elaboradores de política y administradores con los escenarios.

Figura 28. Proximidades entre los cuatro grupos de experto y los 64 escenarios establecidos



Fuente: Elaborado a partir del software SMIC-PRO-EXPERT, 2021

Figura 29. Histograma de probabilidad de escenarios



Fuente: Elaborado a partir del software SMIC-PRO-EXPERT, 2021.

La consulta a expertos de la probabilidad de ocurrencia simple o condicionada, permitió identificar un conjunto de 64 escenarios, no obstante lo anterior, si bien existen escenarios con alta probabilidad de ocurrencia, con menor probabilidad e improbables, a continuación, se presenta el escenario APUESTA para 2030 sobre el que se deben orientar las acciones de gestión ambiental para la construcción de mecanismos que contribuyan a la conservación de los servicios ecosistémicos del bosque altoandino colombiano (Ver Tabla 24).

En Colombia, el concepto de escenarios es comúnmente confundido con el concepto de visión. Una visión corresponde a un futuro deseado, mientras que un escenario es la descripción de las vías o rutas que diferentes agentes de cambio tienen que seguir para la consecución, por ejemplo, de la visión (Londoño, y otros, 2020)

Tabla 24 Escenario apuesta a 2030

ESCENARIO NORMATIVO O APUESTA 000001
TIPOLOGÍA DEL ESCENARIO

Escenario No.63	63-000001	0,72
-----------------	-----------	------

En síntesis, la probabilidad de ocurrencia acumulada del escenario apuesta es del 72%

El escenario apuesta corresponde a la combinación de hipótesis 000001 donde 0: es no ocurrencia del evento y 1: es la ocurrencia del evento, según:

- **0:** Aumento del proceso de paramización del bosque como resultado del cambio en el uso del suelo, la degradación natural a partir del cambio climático y la deforestación.
- **0:** Disminución de la mitad de la cobertura boscosa como resultado de la conformación de asentamientos humanos, ganadería, minería y expansión de la frontera agrícola.
- **0:** Pérdida del hábitat de algunas especies a causa de la deforestación, potrerización y quemas
- **0:** Desabastecimiento en la oferta hídrica por la conformación de asentamientos humanos y reducción de la cobertura vegetal
- **0:** Desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial debido a fenómenos por remoción en masa, torrencialidades e incendios.

ESCENARIO NORMATIVO O APUESTA 000001

TIPOLOGÍA DEL ESCENARIO

- **1:** Fortalecimiento de las medidas de control e instrumentos de planificación a través del control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático.

DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO APUESTA

Los bosques altoandinos de Colombia se distribuyen en la región Andina, la cual cuenta con un área aproximada de 283.000 kilómetros cuadrados, se caracteriza por presentar una alta densidad poblacional, con crecimiento en aumento y presencia de las tres cordilleras (oriental, occidental y central) que la convierten en un área con alta diversidad de fauna y flora debido a la diversidad de pisos térmicos que en ella se registran, así como los 33 sistemas acuíferos respecto a un total de 61 que comprende el país, y las casi 11.500 especies de plantas con flores que comprenden el 43% de la riqueza total de Colombia (ORODS., 2020). Para 2030 la mayoría de habitantes se concentrarán en suelos urbanos y en menor medida en suelos rurales, con una población en constante crecimiento cercana a los 34 millones que representarán más de la mitad de la población del país.

De acuerdo a las dinámicas tendenciales de crecimiento de la población en la región andina que si bien, en 1975 presentaba 17'854.089 de habitantes y en 2015 un total de 32'361.365 habitantes, se espera para 2030 altos procesos de densificación poblacional en donde se efectúe el fortalecimiento de las medidas de control y planeación sobre las construcciones de vivienda, aumentando las construcciones verticales, lo cual generará un freno en la expansión de asentamientos humanos y un aumento en la densidad poblacional promedio del 8%.

Para 2030 se habrá realizado monitoreos a largo plazo en los bosques altoandinos, permitiendo contar con datos de relaciones socioecológicas y provisión de los servicios ecosistémicos en escalas espaciales y temporales amplias, las cuales abarcan más allá de una localidad o ecosistema en particular, y se diseñará políticas incidentes en la toma de decisiones sobre la conservación, manejo y restauración ecológica.

Para 2030, la región Andina contará con el diseño e implementación de lineamientos intersectoriales que permitirán la articulación y subsidiariedad de instrumentos de

ESCENARIO NORMATIVO O APUESTA 000001**TIPOLOGÍA DEL ESCENARIO**

planeación, es así, como bajo el concepto de gobernanza las Autoridades Ambientales habrán fortalecido la formulación, ejecución y seguimiento de Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas-POMCA y de Planes de Manejo Ambiental-PMA de tal forma, que las zonificaciones dispuestas en estos instrumentos de planeación ambiental subsidiarios habrán logrado ser incorporadas en los Planes y Esquemas de Ordenamiento Territorial.

Respecto a la planeación normativa, esta región cuenta en materia de regulación ambiental con la jurisdicción de 16 corporaciones regionales autónomas que estarán consolidadas a 2030 en términos de gobernabilidad para planificar el uso del territorio y poder mantener protegidos los bosques altoandinos garantizando la provisión de servicios ecosistémicos a la población asentada en su área de influencia. Bajo esta premisa, se habrá frenado la tasa de paramización del bosque altoandino por la consecuente disminución progresiva de la deforestación del bosque que, estabiliza el uso del suelo limitando su cambio y frenando los procesos de potrerización, y expansión de frontera agrícola que, a su vez, evita la fragmentación del hábitat de las especies silvestres.

Fuente: Elaboración propia, 2021

El logro del escenario apuesta debe ser el resultado de una reflexión estructurada de futuro, que incorpore el despliegue de acciones coordinadas entre los distintos sectores y actores que tienen presencia en los bosques altoandinos de Colombia, implicando esto, el despliegue de un conjunto de planes, programas y proyectos que permitan la concurrencia de esfuerzos institucionales, formales e informales, para el logro de un futuro acordado.

De acuerdo con lo consignado en la Evaluación Nacional de Biodiversidad y Servicios ecosistémicos 2021, pese a que un criterio clave para la toma de decisiones y planificación del territorio debería estar basado en el balance (trade-offs) de múltiples usos y beneficios de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, los estudios en Colombia que consideran simultáneamente múltiples indicadores y sus trade-offs en escenarios futuros o estudios prospectivos son muy limitados, la mayoría de los estudios se restringen a usar el área de cobertura vegetal como indicador para referir estados futuros de los ecosistemas y hacer inferencias sobre su capacidad para mantener, ante vectores de cambio, la prestación de servicios ecosistémicos de

interés, siendo imperante abordar investigaciones en temas como ecología funcional y análisis de orientados a perspectivas futuras, con el fin de comprender los motores de cambio, visualizar las trayectorias de los ecosistemas, e identificar los momentos de estabilidad, resiliencia o vulnerabilidad de los mismos contribuyendo a direccionamientos de manejo más asertivos.

8.3.3 Construcción de los mecanismos de gestión ambiental

La construcción de los mecanismos de gestión ambiental consiste en la definición de rutas axiomáticas de intervención sobre una condición situacional, que sean capaces de incidir en la misma en pro de la configuración de un escenario apuesta. Bajo la consideración que los servicios ecosistémicos proporcionados por el bosque altoandino colombiano son derivados de la funcionalidad que los rige, los mecanismos de gestión pretenden incidir de manera cibernética sobre las variables responsables de la eliminación, degradación y fragmentación a la cual está sometido el bosque altoandino, estableciendo formas de intervención sobre las variables dinamizadores identificadas como potenciales generatrices del escenario apuesta de conservación del bosque altoandino y sus SSEE conexos.

Los mecanismos se direccionan como caminos diferenciados de acción, que se pueden denominar, desde las escuelas voluntaristas de construcción de futuros deseados, a través de estrategias prospectivas alrededor de las que se determinan las necesidades de ejecución de acciones, así como los elementos de control que permiten verificar los progresos que sobre el escenario situacional se van dando en pro de la consecución del escenario futuro apuesta, al materializar cambios en el tiempo, en términos de la conservación de los bosques altoandinos y sus Servicios Ecosistémicos durante los próximos diez años.

La gestión ambiental se fundamenta en un conjunto de estrategias a ser desarrolladas, que responden a las necesidades de cambio en las variables para la materialización del escenario apuesta de conservación del bosque altoandino colombiano, que permitirá perpetuar en el tiempo la oferta de los SSEE, las cuales tienen como objetivo principal la consecución de dicho escenario en un periodo de tiempo de diez años, cuyas metas responden al mantenimiento de la cobertura vegetal boscosa que aún queda, en condiciones de mínima intervención, con la reducción en los procesos de paramización y el sostenimiento en condiciones óptimas de ciclo hidrológico que garantice los servicios ecosistémicos de abastecimiento y regulación de agua, el ciclado de

nutrientes, la regulación del clima, y la provisión de hábitat para la biodiversidad, siendo estos los más frecuentemente identificados en estos tipos de bosque.

Los objetivos específicos orientadores de las estrategias son definidos en función de tres (3) variables fundamentales a ser gestionadas: el control ambiental de las áreas objeto de conservación, la mitigación de la presión por cambio en el uso del suelo sobre los bosques, y el mantenimiento del coeficiente de regulación hídrica; cambios con los cuales, se materializarán las características del escenario apuesta (ver Tabla 25); así los mecanismo de gestión ambiental, orientan hacia una gestión flexible de tipo diversificado considerando la actuación transversal, focal y puntual sobre variables generadoras del futuro para la conservación del bosque altoandino colombiano.

Las tres (3) estrategias prospectivas que se plantean desde esta investigación como mecanismos de gestión, se diferencian en términos de la forma de intervención, para lograr así el objetivo de “Mantener en estado de conservación el bosque altoandino existente en Colombia” el mecanismo clave es la estrategia de “Establecer la ordenación forestal por paisaje” que al tener acciones multidireccionales sobre dos variables, (I) el uso del suelo y II) la composición del bosque, la convierte en una estrategia de tipo transversal, puesto que pretende de manera diversificada actuar sobre estas variables, con la cuales pretende convertir o transformar cambios de uso del suelo actual basados en formas intensivas de producción, con una herramienta de acción hacia la implementación de sistemas sostenibles de aprovechamiento del bosque con participación comunitaria. El Plan de Gestión de Ordenación Forestal -PGOF se enmarca dentro de los procesos de ordenamiento territorial, por lo cual las instituciones públicas y algunos entes privados asumen compromisos inherentes a la implementación efectiva de la ordenación y el manejo de las tierras forestales (MADS, 2015).

Bajo la misma estrategia de “Establecer la ordenación forestal del paisaje”, se propone una segunda herramienta de acción consistente en la “suplementación y enriquecimiento” con la que se busca la recuperación asistida de la composición de los bosques altoandinos relictuales, de manera paralela con la modificación de las dinámicas económicas de generación de ingresos, valorizando el no uso hacia la conservación, con la implementación de mecanismos económicos para el incentivo al mantenimiento de coberturas forestales con una tercera herramienta de acción bajo la misma estrategia de “mercados verdes”, que permitan la conservación del bosque

obteniendo beneficio del mismo con el aprovechamiento de SSEE como la recreación pasiva con usos contemplativos que promuevan el sano goce estético de la singularidad propia y única del ecosistema de bosque altoandino colombiano.

De otra parte para lograr el objetivo de “Controlar la deforestación del bosque altoandino en Colombia” se propone como segundo mecanismo de gestión la estrategia prospectiva de “Mitigar la presión por cambio en el uso del suelo sobre los bosques”, el cual operaría como un mecanismo de gestión focalizado, toda vez que actúa sobre esta sola de variable generadora del escenario apuesta; así, para su desarrollo se propone de manera concomitante una acción denominada “Priorizando de áreas para la contención de la expansión de la frontera pecuaria”, con otra acción dentro de la misma estrategia de “Fomentar el establecimiento de sistemas sostenibles de producción para las áreas de transición bosques-pastos”, manteniendo la productividad intensificando la actividad ganadera con una tercera acción de “Implementar la transformación de la producción pecuaria a través de sistemas semiestabulados”.

Como tercer mecanismo de gestión ambiental hacia la conservación del bosque altoandino colombiano, se plantea el objetivo de “Mantener la regulación hídrica en términos de calidad y cantidad” a través de una estrategia prospectiva puntual que actúa de manera particularizada sobre uno de los SSEE de soporte y regulación con la pretensión de preservar del corto al mediano pazo (10 años) la regulación hídrica derivada de los parches de bosque altoandino que aún existen en las montañas de país, para lo que se plantea como herramienta para su implementación tres acciones: “I) Definición de áreas para PSA, II) Diseño y aplicación de tasas retributivas para las concesiones de agua, y III) Declaratoria de los bosques altoandinos como áreas estratégicas para la recarga hídrica”.

Tabla 25. Marco de gestión para la conservación de los SSEE del bosque altoandino colombiano

OBJETIVO GENERAL		OBJETIVO ESPECÍFICO		ESTRATEGIA		ACCIONES
OBJETIVO	META	OBJETIVO	META	TIPO	DENOMINACIÓN	
Conservar los servicios ecosistémicos que oferta el bosque altoandino colombiano	1. Conservar al menos 8 millones de hectáreas de bosque altoandino en Colombia.	Mantener en estado de conservación el bosque altoandino existente en Colombia	Control ambiental de las áreas objeto de conservación	Transversal	Establecer la ordenación forestal por paisaje	*Forestería comunitaria *Suplementación y enriquecimiento del bosque *Mercados verdes

OBJETIVO GENERAL		OBJETIVO ESPECÍFICO		ESTRATEGIA		ACCIONES
OBJETIVO	META	OBJETIVO	META	TIPO	DENOMINACIÓN	
durante los próximos 10 años.	2.Reducción en un 85% de la deforestación del bosque altoandino	Controlar la deforestación del bosque altoandino en Colombia	Detener los procesos de potrerización incidentes en los bosques altoandinos colombianos	Focal	Mitigar la presión por cambio en el uso del suelo sobre los bosques	<p>*Priorización de áreas para la contención de la expansión de la frontera pecuaria</p> <p>*Fomentar el establecimiento de sistemas sostenibles de producción para las áreas de transición bosques-pastos</p> <p>*Implementar transformación de la producción pecuaria a través de sistemas semiestabulados</p>
	3. Sostener el rendimiento hídrico de 33 sistemas acuíferos	Mantener la regulación hídrica en términos de calidad y cantidad	Mantenimiento del coeficiente de regulación hídrica	Puntual	Preservar áreas estratégicas para la regulación hídrica	<p>*Definición de áreas para PSA</p> <p>*Diseño de aplicación de tasa retributivas para las concesiones de agua</p> <p>*Declaratoria de bosques altoandinos como áreas estratégicas para la recarga hídrica</p>

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Para la implementación de las estrategias propuestas es importante considerar que es fundamental incorporar el manejo comunitario del territorio, medios de vida y economías diversificadas basadas en el bosque; la acción integrada para el cierre de la frontera agrícola y transformación de la economía forestal; la gestión trans-sectorial ambiental y territorial y realizar acciones de monitoreo y control permanentes. De este modo, la gestión ambiental de los bosques altoandinos en Colombia, podrá incidir en el cambio de cobertura boscosa, a partir del

entendimiento y transformación de los conflictos propios de los asentamientos humanos de las comunidades de tipo rural o urbano, que permitan la coexistencia de los modelos de conservación y de producción como determinante fundamental, dado que, son las comunidades locales y sus prácticas histórico-culturales las que constituyen los principales agentes de transformación; en este sentido, se debe considerar, que las áreas de mayor conservación de los bosques en el país coinciden en gran medida con territorios donde los pueblos indígenas, negros, afrodescendientes, palenqueros, raizales, campesinos y otras comunidades locales desarrollan sistemas propios de gobierno y manejo, por lo cual es urgente reconocer y articular de forma más clara los conocimientos y sistemas de gobernanza comunitaria y la institucionalidad ambiental (Álvarez, y otros, 2021).

Los pocos estudios sobre procesos y servicios ecosistémicos para los bosques de alta montaña en Colombia, tal como lo han venido señalando Kremen et al.,(1994); Nichols & Williams, (2006), se han desarrollado de forma independiente y a escalas espaciales/temporales limitadas (locales) que impiden incorporarlas en la toma de decisiones, por lo cual, las estrategias efectivas para la gestión ambiental de estos bosques, deberán considerar sistemas integrados de monitoreo a largo plazo, que aborden múltiples escalas.

Un factor determinante a considerar en la implementación de los mecanismos de gestión ambiental propuestos, así como con cualquier otro tipo de estrategia prospectiva que se proponga, es contar con límites fisionómicos, florísticos y ecológicos entre los bosques de la franja andina y la franja altoandina definidos de forma consensual, aspecto que ha limitado la consolidación de indicadores ambientales de estado y tendencias específicamente desarrollados para los bosques altoandinos (Van der Hammen, T., (2008); Morales & Armenteras, (2013); Sarmiento, Osejo, Ungar, & Zapata, (2017)).

La Gestión ambiental de los bosques altoandinos en Colombia desde la perspectiva de la articulación con instrumentos de política pública internacionales y nacionales, debe permitir la contribución al cumplimiento de lo propuesto como marco estratégico de acción en los Objetivos de Desarrollo Sostenible-ODS, la Agenda 2030 y los pactos transversales y regionales del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”, así como propender para que posteriormente, bajo una visión de política de Estado, se incorpore en los Planes de Desarrollo futuros.

Para el desarrollo de las estrategias en pro del sostenimiento (perpetuación de los SSEE) debe considerarse contar con esquemas de gobernanza que proporcionen vías de comunicación y plena articulación entre los *stakeholders* dado que poseen distintos roles, capacidades e intereses, superando especialmente las barreras y retos creados con por la diferenciación de niveles de gobernabilidad (gobierno central y gobierno local); así mismo, Colombia debe ampliar la síntesis de información sobre los ecosistemas de alta montaña desde una escala Nacional, a fin de contar con una visión integrada, identificar vacíos y promover el desarrollo de estrategias metodológicas y arreglos institucionales, enfatizando en la participación de los distintos grupos de actores a nivel nacional, regional y local, de tal forma que se propenda por la articulación de acciones y se genere cooperación con las iniciativas de manejo y conservación de estos bosques, tales como el “Programa de Bosques Andinos y Cambio Climático de América Latina” auspiciado por la Agencia suiza para el Desarrollo y la cooperación COSUDE y las distintas plataformas de monitoreo de alta Montaña, específicamente para bosques altoandinos, desarrolladas para tal fin.

Se requiere fortalecer la generación de capacidades endógenas territoriales que permitan a los actores de cada región, a los actores del Sistema Nacional Ambiental-SINA y a las organizaciones comunitarias asentadas en inmediaciones de los relictos de bosques altoandinos, identificar de forma diferencial los factores incidentes en la gestión ambiental, priorizar aquellos que desencadenan conflictos socioambientales, y con el apoyo de técnicas y métodos prospectivos, construir de forma consensuada las decisiones estratégicas que permitan la consecución de escenarios prospectivos de rumbo, que involucren proyecciones de distribución y crecimiento poblacional.

9. CONCLUSIONES

- ❖ La revisión sistemática general de las investigaciones realizadas sobre servicios ecosistémicos para los bosques en Colombia, permitió dar cuenta de los limitados estudios que a la fecha se han generado sobre los bosques altoandinos del país, con una representatividad de tan solo cuatro documentos (8,7%) del total de 52 documentos considerados en la muestra de estudio.
- ❖ Los enfoques de los estudios de servicios ecosistémicos de los bosques en Colombia giran en torno a la revisión (30,3%), seguido de la evaluación (24,2%), valoración (16,7%), mapeo (15,2%), modelación (10,61%) y prospectiva (3,03%) entendiendo este último enfoque como la base para poder ejercer una gestión ambiental efectiva.
- ❖ Las categorías de servicios ecosistémicos en los bosques altoandinos colombianos más analizadas corresponden a los servicios de regulación / soporte (53,15%), seguida de la categoría de provisión (30,63%), y finalmente la categoría de los servicios culturales (16,21%), esto último pese a que se identificaron un mayor número de servicios asociados a esta categoría (11) con respecto a la categoría de provisión (5), tendencia que se presenta también en el análisis general de los bosques del país; además, el análisis de la escala geográfica de los estudios de los bosques altoandinos en Colombia sugiere que se está realizando una mayor investigación a nivel local (44%), seguido de análisis nacionales (25%), regionales (22,2%) y departamentales (8.3%), sin embargo, en la mayoría de los documentos se realiza un abordaje indirecto de los servicios ecosistémicos.
- ❖ La priorización y comprensión sistémica de las relaciones de influencia y dependencia entre cada uno de los 20 factores identificados como incidentes en los SSEE provistos por los bosques altoandinos, permitió orientar la construcción de las relaciones directas, indirectas y potenciales de las variables incidentes en el escenario situacional de estos bosques como sistema, para su posterior priorización en variables clave direccionadoras de futuro para la construcción de los escenarios prospectivos.
- ❖ A partir del análisis estructural efectuado por el método MIC-MAC se establecieron seis variables clave dinamizadoras del sistema las cuales corresponden a paramización del bosque, fragmentación, deforestación, expansión de la frontera agrícola, cambio en el uso del suelo y potrerización.

- ❖ Se identificó consistencia en las relaciones de motricidad/dependencia de las variables de influencia directa e indirecta, reflejado en la determinación de las seis variables clave que permiten establecer hipótesis de futuro consistentes, en escenarios de mediano y largo plazo dada la ratificación de las mismas variables para los dos análisis y la selectividad respecto al total.
- ❖ Se determinó una mayor depuración de las influencias determinantes en las variables indirectas, donde quedó en evidencia que las principales interrelaciones se generan alrededor de cuatro variables: asentamientos humanos, cambio del uso del suelo, expansión de la frontera agrícola y fragmentación del bosque.
- ❖ A partir de las seis variables clave identificadas se realizó un análisis de hipótesis de futuro para la construcción de potenciales escenarios de futuro, lo que permitió establecer 66 posibles comportamientos de los cuales seis responden a hipótesis simples y 60 a hipótesis de condicionamiento de ocurrencia.
- ❖ La conjugación de hipótesis a partir de la consulta a expertos clasificados en cuatro diferentes tipos de stakeholders, permitió establecer la confección de 64 escenarios de los cuales, desde la lógica de Godet, 11 corresponden a escenarios posibles tendenciales, 31 a escenarios posibles menos probables, y 22 a escenarios improbables.
- ❖ La selección del escenario apuesta respondió a la validez de las hipótesis establecidas, permitiendo confeccionarlo bajo el comportamiento de cinco hipótesis de “NO” ocurrencia para las características de: I) aumento del proceso de paramización del bosque como resultado del cambio en el uso del suelo, II) la degradación natural a partir del cambio climático y la deforestación, III) disminución de la mitad de la cobertura boscosa como resultado de la conformación de asentamientos humanos, ganadería, minería y expansión de la frontera agrícola, IV) pérdida del hábitat de algunas especies a causa de la deforestación, potrerización y quemadas, V) desabastecimiento en la oferta hídrica por la conformación de asentamientos humanos y reducción de la cobertura vegetal, y VI) desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial debido a fenómenos por remoción en masa, torrencialidades e incendios, así como una hipótesis de “SI” ocurrencia, para el fortalecimiento de las medidas de control e instrumentos de planificación a través del control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático.

- ❖ En función del escenario apuesta se propone establecer como objetivo de gestión durante los próximos 10 años “Conservar los servicios ecosistémicos que oferta el bosque altoandino colombiano”, para el cual, y en función de las variables clave se definieron como mecanismo de gestión tres estrategias de diferente tipo una transversal, una focal y una puntual.
- ❖ El mecanismo de gestión basado en una estrategia transversal incide de manera generalizada sobre la funcionalidad del bosque altoandino como garantía para la provisión de los SSEE, la cual es una estrategia prospectiva toda vez que se basa en establecer una ordenación del bosque altoandino por paisaje a diferencia de la tradicional ordenación forestal por zonificación, se .
- ❖ La estrategia focal como mecanismo busca actuar sobre uno de los determinantes de la permanencia del ecosistema, pretendiendo generar una ruptura en la tendencia de la variable para mitigar la presión sobre el bosque altoandino por cambio en el uso del suelo de este ecosistema natural.
- ❖ El mecanismo basado en la estrategia puntual acentúa una de las características de conservación, al enfatizar la preservación de áreas ecosistémicamente estratégicas para la prestación del SSEE de regulación hídrica, de tal forma que se genere hologamia hacia la conservación del bosque altoandino.
- ❖ Los mecanismos de gestión basados en estrategias prospectivas se implementan a partir de herramientas de acción, para lo que se proponen tres acciones para la estrategia de “Establecer la ordenación forestal por paisaje” (Forestería comunitaria - Suplementación y enriquecimiento del bosque - Mercados verdes), otras tres acciones para la estrategia de “Mitigar la presión por cambio en el uso del suelo sobre los bosques” (Priorización de áreas para la contención de la expansión de la frontera pecuaria - Fomentar el establecimiento de sistemas sostenibles de producción para las áreas de transición bosques-pastos - Implementar transformación de la producción pecuaria a través de sistemas semiestabulados), y tres últimas acciones para la estrategia de “Preservar áreas estratégicas para la regulación hídrica” (Definición de áreas para PSA - Diseño de aplicación de tasa retributivas para las concesiones de agua - Declaratoria de bosques altoandinos como áreas estratégicas para la recarga hídrica).

10. RECOMENDACIONES

- ❖ En la última década la investigación en torno a los servicios ecosistémicos de los bosques en el país ha ido en aumento, sin embargo, es necesario aunar esfuerzos en su investigación, para conocer el estado, tendencias y compromisos (trade-off) frente a las singularidades de cada ecosistema y bosque, de tal forma, que los resultados sirvan de base para orientar los procesos de toma de decisiones en materia de conservación, gestión ambiental y bienestar para la sociedad.
- ❖ Se debe considerar un abordaje conceptual de los bosques altoandinos desde las instituciones académicas del país, para en un primer momento definir con claridad los límites de distribución del bosque y poder así recopilar información a escala Nacional y regional, que permita obtener una primera visión integrada, identificar vacíos y promover la discusión de arreglos institucionales y estrategias metodológicas.
- ❖ Es importante promover la articulación de las estrategias y mecanismos de gestión para estos bosques con la Plataforma Nacional de Monitoreo de Ecosistemas Altoandinos que aún se encuentra en desarrollo, las instituciones del Sistema Nacional Ambiental y el Sistema de Información Ambiental de Colombia, Corporaciones Autónomas, universidades y organizaciones de base local interesados en la conservación y preservación de los bosques.
- ❖ En el análisis de servicios ecosistémicos en los bosques altoandinos y páramos es importante enfatizar en los programas de monitoreo y seguimiento de procesos ecosistémicos tales como ciclos del agua, de nutrientes y carbono, así como las interacciones que se dan entre especies de plantas, fauna y asociaciones micorrizales.
- ❖ Se debe consolidar una Estrategia de Gestión de la Información con una hoja de ruta de actuación para la conservación de los bosques altoandinos, generando las herramientas informáticas necesarias para el análisis y síntesis de la información, validación, verificación y control de calidad de la misma.

11. REFERENCIAS

- Abud, M., & Torres, A. (2016). Caracterización florística de un bosque alto andino en el parque Nacional Natural Puracé, Cauca, Colombia. *Boletín científico centro de museos. Museo de Historia Natural*, 27-39.
- Aceituno, P. (2017). *Prospectiva: bases y práctica fundamental para la toma de decisiones*. Universidad Tecnológica Metropolitana.
- Aldana-Dominguez, J., Montes, C., Martínez, M., Medina, N., Hahn, J., & Duque, M. (2017). *Biodiversity and Ecosystem services knowledge in the Colombian Caribbean: Progress and Challenges*.
- Álvarez, C., Berrouet, J., Chaves, M., Corzo, G., Gómez-S, R., González, A., . . . Vargas, A. (2021). *Evaluación Nacional de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Resumen para Tomadores de Decisión*. Bogotá D.C.
- Álvarez-Salas, S., Gómez-Aguirre, A., Wilmar, A., & Cano-López. (2016). Percepciones de los servicios ecosistémicos en el complejo de páramos Frontino-Urrao, departamento de Antioquia, Colombia. En *Biota Colombiana* (Vol. 17).
- Alvear, M., Betancur, J., & Franco-Roselli, P. (2010). Diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino en la zona de amortiguación del parque Nacional Natural los nevados. *Cordillera central colombiana*. 32(1), 39-63.
- Angarita-Baez, J., Perez-Miñaña, E., Beltrán, L., Agudelo, R., Paez, C., Palacios, E., & Wiicock, S. (2017). *Assessing and mapping cultural ecosystem services at community level in the Colombian Amazon*.
- Arango, X., & Cuevas, V. (2014). Método de análisis Estructural: Matriz de impactos cruzados multiplicación Aplicada a una Clasificación (MICMAC).
- Armenteras, D., Cabrera, E., Rodríguez, N., & Retana, J. (2017). National and Regional determinants of tropical deforestation in Colombia. *13*, 1181-1193.
- Armenteras, D., Gast, F., & Villareal, H. (2003). Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes Colombia. *Biological Conservation*, 113(2), 245-256.
- Astigarra, E. (25 de 03 de 2021). *Prospectiva.eu*. Obtenido de Mic Mac. Análisis Estructural: http://prospectiva.eu/curso-prospectiva/programas_prospectiva/micmac
- Avella, A., Torres, R., Gomez, A., & Wilson, P. (2014). *Los páramos y bosques altoandinos del pantano de Monquentiva o pantano de Martos (Guatavita, Cundinamarca, Colombia)*:

- caracterización ecológica y estado de conservación* (Vol. 15). (I. d. Humboldt, Ed.) Bogotá D.C., Colombia: Biota Colombiana.
- Baena Paz, G. (2009). *Construcción de escenarios y toma de decisiones*. México: UNAM.
- Ballesteros, D., & Ballesteros, P. (Septiembre de 2008). Análisis Estructural prospectivo aplicado al sistema logístico. *Scientia et Technica* año XIV, 2(39).
- Balvanera, P., & Cotler, H. (2009). *Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos* (Vol. II). Conabio, México: Capital natural de México.
- Barrera, F., Bachmann, P., & Tironi, A. (2015). La investigación de servicios ecosistémicos en Chile: Una revisión sistemática. *50*, 3-18.
- Barrera, S., Montenegro, S., Forero, V., Pulido, S., Mosquera, R., Vinasco, M., & Palomino, M. (2019). *Introducción al estado del arte de los servicios ecosistémicos en la región occidental Colombiana*.
- Barrera, S., Montenegro, S., Forero, V., Pulido, S., Mosquera, R., Vinasco, M., & Palomino, M. (2019). *Introducción al estado del arte de los servicios ecosistémicos en la Región Occidental Colombiana*. Colombia.
- Bonnesoeur, V., Locatelli, B., Guaruguata, M., Boris, F., & Ochoa-Tocachi. (2019). *Impacts of forests and forestation on hydrological services in the Andes: A systematic review*.
- Boron, V., Payán, E., MacMillan, D., & Tzanopoulos, J. (2016). Achieving Sustainable development in rural areas in Colombia: Future scenarios for biodiversity conservation under land use change. *Land Use Policy*, *59*, 27-37.
- Bosquesandinos. (2020). *Programa Bosques Andinos Manejo Sostenible de paisajes de montaña frente al cambio climático*. Obtenido de <http://www.bosquesandinos.org/publicaciones-en-general/infografias-y-datos/>
- Buytaert, W., C., C., & Tobon, C. (2011). *Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropica alpine regions*. Global Ecology Adn Biogeography.
- Cadena, J. a., Duque, S. d., Tovar, R., & Ballesteros, T. M. (2018). *Valoración económica de los servicios ecosistémicos más importantes que ofrece el humedal Tibanica (Bogotá, Colombia)*.
- Camacho, V., & Ruiz, L. (2011). *Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos*. . Revista Biociencias.

- Caraballo, A. M. (2014). *Impactos sociales y ambientales generados por la operación del relleno sanitario de Tunja sobre el municipio de Oicata - Boyacá*. Obtenido de Universidad de Manizales.
- Caro, C., & Torres, M. (2015). Ecosystem Services as support for the Management of socioecological systems: application in agroecosystems. *19*, 237-252.
- Carvajal, J., & Edith, U. (2015). *Monquentiva: entre lo subalterno y lo instituido. Prácticas de agencia y resistencia en la gestión ambiental comunitaria en Guatavita Cundinamarca* .
- Castañeda, A. (2013). *Diseño de una metodología para evaluar el estado de los servicios ecosistémicos*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Castro, G. (2017). *Reconocimiento y Caracterización de servicios ecosistémicos en urbanizaciones*. (F. d. Administración, Ed.) Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Castro, H., & Montealegre, F. I. (2018). *Servicios ecosistémicos culturales del Páramo Chingaza, una alternativa para el turismo sostenible*.
- Centro para el Desarrollo y Medioambiente - CDE. (14 de Octubre de 2015). Ciencias de la sostenibilidad y sistemas socio-ecológicos: un marco conceptual para la investigación sobre bosques andinos. Lima, Perú: Programa Bosques Andinos.
- Cifuentes, G., Contreras, G., Fernández, A., Medina, N., & Ubaque, A. (2017). *Análisis del capital natural del Páramo de Chontales (Sotaquirá) a partir de los servicios ecosistémicos y servicios Ambientales: Una aproximación a la planificación ambiental del territorio*.
- Clerici, N., cote-Navarro, F., Escobedo, F., Rubiano, K., & Villegas, J. (2019). *Spatio-temporal and cumulative effects of land use-land cover and climate change on two ecosystem services in the Colombian Andes*.
- Constanza, R., Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., & Hannon, B. (1997). The value of the World's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- Contreras-Araque, A. (2016). *Valoración económica del servicio ecosistémico de soporte a la pesquería provisto por el ecosistema de manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta*.
- Corporación autónoma Regional -CAR. (2011). *Estudios básicos para establecer la factibilidad de declarar el Páramo de Monquentiva (Municipio de Guatavita) Como nueva área Natural Protegida*. Bogotá D.C.
- Cortés-Ballen, L., & Camacho-Ballesteros, S. (2020). *Estudio de la composición y estructura del bosque andino localizado en pptrero Grande, Chipaque (Colombia)*. Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica.

- Cortes-S, S., Hammen, V. d., & Rangel-Ch, O. (1999). *Comunidades vegetales y patrones de degradación y sucesión en la vegetación de los cerros occidentales de Chía-Cundinamarca-Colombia*.
- Crossman, N., Burkhard, S., Nedkov, L., Willemen, K., Petz, I., Palomo, E., . . . Martín-lópez, T. (2013). . *A blueprint for mapping and modelling ecosystem services*. *Ecosystem Services*. Ecosystem Services.
- Cuesta, F., & Peralvo, M. V. (2009). *Los bosques montanos de los Andes Tropicales. Una evaluación regional de su estado de conservación y de su vulnerabilidad a efectos del cambio climático*. Quito, Ecuador: Programa Regional ECOBONAINTERCOOPERATION.
- Cuñat, R. (2010). *Aplicación de la teoría fundamentada al estudio del proceso de creación de empresas*. .
- D. G., & C. M. (2014). Seminario de Prospectiva y Pensamiento Estratégico C. A. . *Matrices de impactos cruzados*. Buenos Aires: Instituto de Investigación en Prospectiva y Políticas Públicas - INTA.
- Daily, G. (1997). *Introduction. What are ecosystem services?* Washington D.C: Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press.
- Daily, G., Alexander, S., Ehrlich, P., Goulder, L. L., & Matson, P. (1997). *Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems*. *Issues in Ecology*.
- de Groot, R., Wilson, M., & Boumans, R. (2002). *A typology for the description, classification and valuation of ecosystems functions, goods and services*. (Vol. 41(3)). *Ecological Economics*.
- Diaz, S., Fargione, J., Chapin, F., & Tilman, D. (2006). *Biodiversity loss threatens human well-being*. *PLoS Biology*.
- Diaz, T., Cubides, I., & Arce, M. (2020). *Vulnerabilidad de la oferta de servicios ecosistémicos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- Dobbs, C., Hernández-Moreno, A., Reyes-Paecke, S., & Miranda, M. (2018). *Exploring temporal dynamics of urban ecosystem services in Latin America: The case of Bogota (Colombia) and Santiago Chile*.
- Egoh, B., Rouget, M., Reyers, B., Knight, A., Cowling, R., Van Jaarvel, A., & Welz, A. (2007). *Integrating ecosystem services into conservation assessments: a review*. *Ecological Economics*.
- Ehrlich, R., & Mooney, H. (1983). *Extinction, Substitution, and Ecosystem Mooney Source: BioScience* (Vols. 33(4):248-254).

- ERE. (2015). Restaurando el Neusa. Una experiencia de restauración ecológica de áreas post-tala de especies exóticas en el Parque Forestal Embalse del Neusa. En E. d. Ecológica. Pontificia Universidad Javeriana.
- Escobedo, F., Bottin, M., Cala, D., Montoya, D., & Sandoval, L. (2020). *Spatial literacy influences stakeholder's recognition and mapping of peri-urban and urban ecosystem.*
- Escobedo, F., Clerici, N., Staudhammer, C., & Tovar, G. (2015). *Socio-ecological dynamics and inequality in Bogotá, Colombia's public urban forests and their ecosystem services.*
- Escobedo, F., Clerici, N., Staudhammer, C., Rivadeneira, A., Bohorquez, J., & Tovar, G. (2019). *Trees and crime in Bogotá, Colombia: Is the Link an ecosystem disservice or service?*
- Esse, C., Valdivia, P., Encina, F., Aguayo, C., Guerrero, M., & Figueroa, D. (2014). *Modelo de análisis espacial multicriterio (AEMC) para el mapeo de servicios ecosistémicos en cuencas forestales del sur de Chile.*
- Etter, & Wyngaarden, V. (2000). *Patterns of Landscape Transformation in Colombia, With Emphasis in the Andean Region.*
- FAO. (2008). *Biodiversidad Agrícola.*
- FAO. (2019). *Servicios Ecosistémicos y biodiversidad.*
- Feick, R. (2010). *Spatial multicriteria evaluation.* (S. publications, Ed.) USA: Encyclopedia of geography.
- Fernandez-Vargas, G. (2017). *Análisis de la gestión ambiental desde el concepto de sistema socio-ecológicos. Estudio de caso cuenca hidrográfica del río Guabas, Colombia.*
- Ferreira, I., Urrútia, G., & Alonso-Coello, P. (2011). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Revista Española de Cardiología*, 64(8), 688-696.
- Fisher, B., Costanza, R., Turner, R., & Morling, P. (2009). *Defining and classifying ecosystem services for decision making.* Ecological economics.
- Florez, G. Y. (2015). *Servicios ecosistémicos y variables socioambientales determinantes en ecosistemas de humedales altoandinos. Sector el ocho y páramo de letras Manizales Colombia.*
- Gabiña, J. (1999). *Prospectiva Territorial.*
- García, J., García, D., & Correa, M. (2004). *Incidencia de las micorrizas arbusculares y vesículo arbusculares como estrategia adaptativa de páramo y selva altoandina, Cordillera oriental de Colombia (Vol. 8).* Revista Colombia Forestal.

- GEO. (2015). *Group on Earth Observations*. Obtenido de Global Human Settlement: <https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/index.php>
- GIZ. (2012). *Integración de los servicios ecosistémicos en la Planificación del Desarrollo. Un enfoque sistemático en pasos para profesionales basado en TEEB*.
- Godet, M. (1995). *De la anticipación a la acción. Manual de prospectiva y estrategia*. París, Francia: Marcombo Boixareu .
- Godet, M. (2000). *La caja de herramientas de la prospectiva estratégica* (Cuarta ed.). Paris: Laboratoire d'Investigation Prospective et Stratégique.
- Godet, M. (2005). *Prospectiva estratégica: problemas y métodos* (segunda ed.). (Prospektiker, Ed.)
- Gómez-Baggethun, E., & Barton, D. (2013). *Classifying and valuing ecosystem services for urban planning*. Ecological Economics.
- Gonzalez, M., & Serna, C. A. (2018). *Servicios ecosistémicos potenciales en el sector cafetero Colombiano*.
- Gregor, J., Dominique, E., Ogosuku, E., & Furlong, M. (2008). *Uso de insecticidas: Contexto y consecuencias ecológicas*. Lima.
- Grimaldi, M., Oszward, J., & Lavallo, P. (2014). *Ecosystem services of regulation and support in Amazonian pioneer fronts: searching for landscape drivers*.
- GWP. (2014). *Servicios ecosistémicos y seguridad hídrica*.
- Hawkins, K. (2003). *Economic valuation of ecosystem services*. University of Minnesota.
- Hayes, T. (2012). *Payments for ecosystem services, sustained behavioural change, and adaptive mangement: peasant perspectives in the Colombian Andes*.
- Henao, S. E., Carabalí, D. f., Gonzales, L., & Marmolejo, L. (2018). *Estudio comparado de los servicios ecosistémicos de los humedales Guarinó y Cauquita, en el valle del Cauca (Colombia)*.
- Hernández, A. (2011). *Bases teórico metodológicas para la valoración económica de bienes y servicios ambientales a partir de técnicas de decisión multicriterio. Estudio de caso: Parque Nacional Viñales, Pinar del Rio, República de Cuba*.
- Hernández-Camacho, J. (1997). *Comentarios preliminares sobre la paramización en los Andes de Colombia. Premio a la Vida y obra*. Fondo Fen Colombia.

- Hianes-Young, R., & Potschin, M. (2012). *Common international Classification of Ecosystem services (CICES): Consultation on version 4, EEA Framework Contract No EEA/IEA.*
- Higuera, D., Martín-López, B., & Sánchez-Jabba, A. (2013). *Social preferences towards ecosystem services provided by cloud forests in the neotropics: implications for conservation strategies.*
- Hirschman, E., & Thompson, C. (1997). *Why media matter: Toward a richer understanding of consumers' relationships with advertising and mass media* (Vol. 26). *Journal of Advertising.*
- Hoelscher, D., Koehler, L., Van Dijk, A., & Bruijnzeel, L. (2004). *The importance of epiphytes to total rainfall interception by a tropical montane rain forest in Costa Rica.*
- Holdren, J., & Ehrlich, P. (1974). *Human population and the Global Environment: Population growth, rising per capita material consumption, and disruptive technologies have made civilization a global ecological force.* *American Scientist*; 282-292.
- IDEAM. (2010). *Informe anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia - Estudio Nacional del Agua.* Bogotá D.C.
- IDEAM. (2017). *Mapa de Bosque No Bosque Colombia-Área Continental (escala fina LANDSAT año 2017). Continuidad a la operación del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono para Colombia -SMBYC.* Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM, IAvH, & Codesan. (2018). *Propuesta de Estrategia para monitoreo integrado de los ecosistemas de alta montaña de Colombia.* Bogotá D.C.
- IDEAM-IAvH-codesan. (2018). *Propuesta de estrategia para monitoreo integrado de los ecosistemas de alta montaña de Colombia.* Bogotá D.C.
- INVEMAR. (2017). *Bosque altoandino.* Obtenido de http://buritaca.invemar.org.co/siam/tesauro_ambiental/B/Bosque%20altoandino.htm
- IPBES. (2015). *Plataforma Intergubernamental de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos.*
- Kremen, C. (2005). *Managing ecosystem services: What do we need to know about their ecology?* (Vol. 8). *Ecology Letters.*
- Kremen, C., Merenlender, A., & Murphy, D. (1994). *Ecological Monitoring: A vital Need for integrated Conservation and Development Programs in the Tropics.* *Conservation Biology*, 8(2), 388-397.
- Lattera, P., Martín-López, B., Mastrángelo, M., & Garibaldi, L. (2017). *Servicios ecosistémicos en Latinoamérica. De la investigación a la acción.*

- Latorre, J., Jaramillo, O., Corredor, L., & Arias, D. (2014). *Condición de las Unidades Ecobiogeográficas Continentales y Sistema Nacional de Áreas Protegidas en Colombia. Base de datos geográfica escala 1:100.000*. Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Lavelle, P., Rodríguez, N., Arguello, O., Bernal, J., Boreto, C., Chaparro, P., . . . Velásquez, E. (2014). *Soil ecosystem services and land use in the rapidly changing Orinoco River Basin of Colombia*.
- Lele, S., Springate-Baginski, O., Lakerveld, R., Deb, D., & Dash, P. (2013). *Ecosystem services: origins, contributions, pitfalls, and alternatives*. Conservation and society.
- Leon, D., González, M., & Gallardo, J. (2011). *Ciclos biogeoquímicos en bosques naturales u plantaciones de coníferas en ecosistemas de alta montaña de Colombia*.
- LIPSOR. (2013). *Investigación Prospectiva Estratégica de Organizaciones*.
- Londoño, M., Rodríguez, N., Corzo, G., García, J., Ramirez, W., Ojeda, G., . . . Berrouet, L. (2020). *Evaluación Nacional de biodiversidad y sus servicios ecosistémicos: Escenarios de biodiversidad y servicios ecosistémicos en Colombia. Borrador dos*. Bogotá D.C, Colombia.
- Lozada, L., Dias, D., & Oliveira de Andrade, . (2018). *Ecosystem service and use of Afro-descendant land in the Colombian North Pacific: Transformation in the traditional production system*.
- MADR-UPRA. (2017). *Identificación general de la frontera agrícola en Colombia. Escala 1:100000*. Bogotá D.C.
- MADS. (2008). *Política Nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE)*. Bogotá D.C.
- Malczewski, J. (2006). *GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature International* (Vol. 20). Journal of Geographical information Science.
- Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E., & Claros, N. (2013). *Revisiones sistemáticas de la literatura. Que se debe saber acerca de ellas*. (Vol. 91). La Paz, Bolivia.
- Marichal, R., Grimaldi, M., Feijoo, A., Oszwald, J., Pracxdes, C., Hurtado, M. d., . . . Tselouko, S. (2014). *Soil macroinvertebrate communities and ecosystem services in deforested landscapes of Amazonia*.
- MEA. (2005). *Ecosystem and human well-being: A framework for assessment*. Washington D.C: Island press.

- MinAmbiente, IDEAM., & PNUD. (2002). *Páramos y ecosistemas Alto Andinos de Colombia en condicion de Hotspot y Global Climatic Tensor*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Política Nacional para la gestión Integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE)*.
- Mojica, F. (2005). *La construcción del futuro: conceptos y modelo de prospectiva estratégica, territorial y tecnológica*.
- Mojica, F. (2005). *La construcción del futuro: conceptos y modelo de prospectiva estratégica, territorial y tecnológica*.
- Molina, R., Valencia, & Feijoo-Martínez, A. (2019). *Territorial transformation, movements and changes in ecosystem services, Armenia, Colombia*.
- Mooney, H., & Hoobbs, R. (2000). *Invasive species in a changing world*. . Island Press, Washington.
- Morales, M., & Armenteras, D. (2013). Estado de Conservación de los Bosques de Niebla de los Andes Colombianos, un Análisis Multiescalar. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, 17, 64-72.
- Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., & Villanueva, J. (2018). Revisiones sistemáticas: definición y nociones básicas. *Revista Clinica Periodoncia Implantol*.
- Moros, L., vélez, L., & Corbera, E. (2019). *Payments for Ecosystem Services and Motivational Crowding in Colombia's Amazon Piedemont*.
- Muñoz, J., Camargo, J., & Romero, C. (2017). *Beneficios de los bosques de Guadua como una aproximación a la valoración de servicios ecosistémicos desde la "jerarquización y Calificación"*.
- Muñoz, j., Koen, R., Stevenson, P., Muys, B., & Sekercioglu, C. (2013). *Contribution of woody habitat islands to the conservation of birds and their potencial ecosystem services in an extensive Colombian rangeland*.
- Muñoz, M., Hollaender, R., & Pineda weffer, C. (2013). *Institutional durability of payments for watershed ecosystem services: Lessons from two case studies from Colombia and Germany*.
- Muschietti, M., & Fernández, P. (2014). Ciclo de nutrientes en Agroecosistemas. En *Agroecosistemas. Caracterización, implicancias ambientales y socioeconómicas*. (págs. 455-480). Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

- Nahuelhual, L., Carmona, A., Lozada, P., Jaramillo, A., & Aguayo, M. (2013). *Mapping recreation and ecotourism as a cultural Ecosystem service: An application at the local level in Southern Chile*. (Vol. 40). Chile: Applied Geography.
- Nichols, J., & Williams, B. (2006). Monitoring for Conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 21, 668-673.
- Ochoa, V., Marin, W., & Osejo, A. (2017). *Valoración de los servicios ecosistémicos asociados al área de influencia*. Bogotá D.C: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- Olaya, M. H., Escobar, M. D., Cusva, A., & Lasso, C. A. (2017). *Mapeo del servicio ecosistémico de alimento asociado a la pesca en los humedales interiores de Colombia*.
- Ome, B. O., & Zafra, M. C. (2018). Factores clave en procesos de biorremediación para la depuración de aguas residuales. Una revisión. *U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica*.
- Onaindia, M. (2010). *Biodiversidad y servicios de los Ecosistemas*. Unesco España.
- ORODS., O. r. (2020). *Informe observatorio regional ODS*. Universidad de los Andes.
- Osorno, V., & Bohórquez, D. (2014). *Aproximación teórica sobre el uso de la herramienta para el pago por servicios ecosistémicos (PSE) del recurso agua en cuencas hidrográficas con el bosque nativo*.
- Palacios, M., & Cantera, J. (2017). *Mangrove timber use as an ecosystem service in the Colombian Pacific*.
- Palacios, M., Cantera, J., & Peña, E. (2019). *Carbon stocks in mangrove forests of the Colombian Pacific*.
- Peña, Y., & Moreno, M. (2015). *La Gestión Ambiental de la Cuenca del Río Magdalena desde un Enfoque Socialmente Responsable*. .
- Peña-Mejía, K. (2019). *Variación de las coberturas terrestres en Antioquia (2000-2017) y su relación con los servicios ecosistémicos de regulación y aprovisionamiento*.
- Power, A. (2010). *Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies (Review)*. (Vol. 365). Philosophical Transactions of the Royal Society.
- Prieto, J., Villareal, F., Martínez, M., Manjarrez, C., Vásquez, G., & Pinedo, A. (2019). *Spatial near future modeling of land use and land cover changes in the temperate forests of Mexico*.

- Pupo, L. c., & Parada, J. (2015). *Valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos del golfo de Tribugá-Colombia*.
- Quintero, E., Benavides, A., Moreno, N., & Gonzalez, C. (2017). *Bosques Andinos, estado actual y retos para su conservación en Antioquia*. Medellín.
- Ramirez-gómez, s., Torres-vitolas, C., Schreckenber, K., Honzak, M., Cruz-garcía, G., Palacios, E., . . . Poppy, G. (2015). *Analysis of ecosystem services provision in the Colombian Amazon using participatory research and mapping techniques*.
- Rangel, O. (2000). *La región de vida paramuna de Colombia*. (I. d. Humboldt, Ed.) Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia.
- RDS. (2011). Red de desarrollo Sostenible de Colombia.
- Reina, M. L., & Rivas, Á. (2015). *Servicios ecosistémicos en los sistemas rurales campesinos de Fômeque, Cundinamarca, Colombia*.
- Restrepo, J. (2016). *Caracterización vegetal del bosque Altoandino en diferentes estados sucesionales de la Reserva Biológica "Encenillo", Guasca-Cundinamarca*. Bogotá D.C.
- Restrepo, Z., Muñoz, A., & Muñeton, S. (2019). *Vulnerabilidad en la oferta de Servicios Ecosistémicos (SE) y la Conservación de la Biodiversidad en Antioquia*.
- Ricaurte, L. f., Cepeda, J., Olaya, M., & Lara, D. (2017). *Future impacts of drivers of change on wetland ecosystem services in Colombia*.
- Ríos, H. (2001). *Eliminación de la especie invasora Ulex europeaus L (Fabaceae) como estrategia experimental de restauración de la vegetación en el*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Rivera, J., & Sinesterra, J. (2005). *Restauración social de suelos degradados por erosión y remociones masales en laderas andinas del Valle del Cauca*. Santiago de Cali.
- Rodríguez, D., & Vargas, J. (2018). *Dynamic modeling of ecosystem goods and services in the Thomas Van de Hammen Forest Reserve*.
- Rodriguez, B., & Van Hoof, B. (2004). *Desempeño ambiental del sector palmero en Colombia: Evaluación y perspectivas*. Bogotá D.C.: FEDEPALMA.
- Rodriguez, N., Armenteras, D., & Retana, J. (2015). *National ecosystems services priorities for planning carbon and water resource management in Colombia*.
- Rojas, C., Bocanegra, J., & Mariño, J. (2014). *Biodiversidad y servicios ecosistémicos en la gestión del suelo-subsuelo*.

- Rojas, J. (2011). *El pago por servicios ambientales como alternativa para el uso sostenible de los servicios ecosistémicos de los páramos*.
- Romero. (2012). *El bosque altoandino: Una oportunidad para llevar educando al aprendizaje significativo y a las estrategias de conservación*. (F. d. Ciencias, Ed.) Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia.
- Rositano, F., López, M., Benzi, P., & Ferraro, D. (2012). *Servicios de los ecosistemas: un recorrido por los beneficios de la naturaleza* (32 ed.). Revista Agronomía & Ambiente.
- Ruiz-Agudelo, C., & Bello, L. (2014). *Valuation of the ecosystem services in the Colombian Andes. The benefit transfer method: A meta-analysis*.
- Saade Hazin, M. (Septiembre de 2013). *Oficial de Asuntos Económicos de la División de Desarrollo Económico de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*. Obtenido de Desarrollo minero y conflictos socioambientales. Los casos de Colombia, México y el Perú: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5369/LCL3706_es.pdf?sequence=1
- Sánchez, N., & Rocha, Z. (2014). *La evaluación de servicios ambientales de soporte*.
- Sarmiento, C., & León, O. (2015). Transición bosque-páramo. Bases conceptuales y métodos para su identificación en los Andes colombianos. En I. d. Humboldt. Bogotá D.C.
- Sarmiento, C., Osejo, A., Ungar, P., & Zapata, J. (2017). Páramos habitados: desafíos para la gobernanza ambiental de la alta montaña en Colombia. *Biodiversidad en la práctica*, 20(3), 122-145.
- Somma, D., Volante, J., Lizarraga, L., & J, M. (2011). *Aplicación de análisis multicriterio-multiobjetivo como base de un sistema espacial de soporte de decisiones para la planificación del uso sustentable del territorio en regiones forestales*.
- Strauss, A. L., & Corbin, J. (2002). Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundada. Medellín: Universidad de Antioquia.
- TEEB. (2010). *La economía de los ecosistemas y la biodiversidad para las autoridades regionales y locales*.
- Toledo, D., Briceño, & G., O. (2018). *Ecosystem service valuation framework applied to a legal case in the Anchicaya region of Colombia*.
- UPRA. (2016). *Lineamientos de Política del Ordenamiento productivo y social de la tierra*, Bogotá D.C.

- Valdes, J., Castro, C. A., Pérez, H., & Escobar, J. F. (2017). *Procesos de geoprociamiento en la espacialización de servicios Ecosistémicos en Áreas de interés Local, caso de estudio: Cuenca la presidenta.*
- Valles, M., Galiana, F., & Van Eetvelde, V. (2014). *classification of landscape services to support local landscape planning.* Ecology and Society.
- Van der Hammen, T. (2008). Zonal ecosystems of the western and eastern flanks of the Eastern Cordillera of Colombian Andes (Sumapaz Transect).
- Vandewalle, M., Sykes, M., Harrison, P., Luck, G., Berry, P., & Bugter, R. (2008). *Concepts of dynamic ecosystems and their services.* RUBICODE.
- Vargas, J. (2008). *Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino : el caso de la.* Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, L., Willemen, L., & Hein, L. (2019). *Assessing the capacity od Ecosystem to supply Ecosystem services using Remote Sensisng and A Ecosystem Accounting Approach.*
- Vásquez, A., Malaver, M., & Rivera, H. (2005). *Análisis estructural. Técnica de la prospectiva.* Bogotá D.C.: Centro Editorial Unversidad del Rosario.
- Vega, C. (2016). *Los servicios ecositémicos de los páramos de Colombia, su amenaza por actividades extensivas y la afectación específica de estas en el ciclo Hídrico.*
- Velasco-Linares, P., & Vargas, O. (2008). *Estrategias para la restauración ecológica de los bosques altoandinos. Capitulo 2 problematica de los bosques altoandinos.* Bogotá D.C., Colombia.
- Velasco-Linares, P., & Vargas, O. (2014). *Problemática de los bosques altoandinos. Estrategias para la restauración Ecológica del bosque altoandino.*
- Viglizzo, E., Paruelo, J., Laterra, P., & Jobbagy, E. (2012). *Ecosystem service evaluation to support land-use policy.* Agriculture, Ecosystems and Environment.
- Vilardy, S., Gonzales, J., Martín-lópez, B., Oteros-Rozas, E., & Montes, C. (2012). *Los servicios de los ecosistemas de la Reserva de Biosfera Ciénaga Grande de Santa Marta.* Revista iberoamericana de Economía Ecológica.
- Vilardy, S., González, J., Martín-López, B., Oteros-Rozas, E., & Montes, C. (2012). *Los servicios de los ecosistemas de la Reserva de Biosfera Ciénaga Grande de Santa Marta.*
- Villegas, C., Berrouet, L., López, C., Ruiz, A., & Upegui, A. (2016). *Lessons from the integrated caluation of ecosystem services in a developing country: Three case studies on ecological, socio-cultural and economic valuation.*

- Volante, J., Alcaraz-Segura, D., Mosciaro, M., Viglizzo, E., & Paruelo, J. (2012). *Assessing the effect of land clearing on ecosystem services provision in north-Western Argentina*. Agriculture, Ecosystems and Environment.
- Vuille, M., & Bradley, R. (s.f.). Mean temperature trends and their vertical structure in the tropical Andes. 3885-3888.
- White, A. (2015). *Bienes y servicios ecosistémicos en el piedemonte Arauca-Casanare y Meta*.
- Yepes, G. Y., Alzate, A. m., & Ospina, J. a. (2019). *Valoración socioeconómica por provisión de agua de humedales altoandinos ubicados en la parte alta de la cuenca del río Chinchina Colombia*.
- Zulma, d., Arguello, H., & Tapasco, J. (2016). *A methodological approach for the non-monetary valuation of ecosystem services in three communities of the Colombian Amazon*.

12. ANEXOS

Anexo 1 Orden de importancia de las técnicas de análisis de los Servicios ecosistémicos en Colombia.

<i>Palabras clave</i>		<i>Bases de datos</i>								<i>Índice promedio (Q)</i>	<i>Cuartil promedio</i>	<i>Variación del Cuartil</i>
		<i>ScienceDirect</i>		<i>Scopus</i>		<i>Web of Science</i>		<i>Google Scholar</i>				
		<i>Documentos detectados</i>	<i>Índice (Q)</i>	<i>Documentos detectados</i>	<i>Índice (Q)</i>	<i>Documentos detectados</i>	<i>Índice (Q)</i>	<i>Documentos detectados</i>	<i>Índice (Q)</i>			
Forest, ecosystem and services		1.944	-	504	-	260	-	747	-	-	-	-
ENFOQUE	TÉCNICA	-										
Evaluación	Estado	1.535	0,790	413	0,819	28	0,108	692	0,926	0,661	Q3	Q4,Q4,Q1,Q4
Mapeo	Análisis Espacial	1.094	0,563	276	0,548	61	0,235	553	0,740	0,521	Q3	Q3,Q3,Q1,Q3
Valoración	Valoración económica	311	0,160	98	0,194	8	0,031	722	0,967	0,338	Q2	Q1,Q2,Q2,Q4
Modelación	Análisis dinámicos	719	0,370	68	0,135	20	0,077	332	0,444	0,257	Q2	Q2,Q1,Q1,Q2
Evaluación	Administración	471	0,242	87	0,173	11	0,042	590	0,790	0,312	Q2	Q1,Q1,Q1,Q4
Revisión	Abordaje y metodologías	899	0,462	76	0,151	4	0,015	624	0,835	0,366	Q2	Q2,Q1,Q1,Q4
Modelación	Programación	1.410	0,725	1	0,002	21	0,081	570	0,763	0,393	Q2	Q3,Q1,Q2,Q4
Prospectiva	Escenarios	861	0,443	101	0,200	17	0,607	523	0,700	0,488	Q2	Q2,Q1,Q3,Q3

<i>Palabras clave</i>		<i>Bases de datos</i>								<i>Índice promedio (Q)</i>	<i>Cuartil promedio</i>	<i>Variación del Cuartil</i>
		<i>ScienceDirect</i>		<i>Scopus</i>		<i>Web of Science</i>		<i>Google Scholar</i>				
		<i>Documentos detectados</i>	<i>Índice (Q)</i>	<i>Documentos detectados</i>	<i>Índice (Q)</i>	<i>Documentos detectados</i>	<i>Índice (Q)</i>	<i>Documentos detectados</i>	<i>Índice (Q)</i>			
Valoración	Pago por servicios ecosistémicos	491	0,253	137	0,272	30	0,115	573	0,767	0,352	Q2	Q2,Q2,Q1,Q2
Valoración	Meta-analysis	282	0,145	118	0,234	4	0,015	227	0,304	0,175	Q1	Q1,Q1,Q1,Q2
Revisión	Uso y percepción	542	0,279	87	0,173	10	0,038	326	0,436	0,232	Q1	Q2,Q1,Q1,Q2
Modelación	Optimización	453	0,233	22	0,044	1	0,004	298	0,399	0,170	Q1	Q1,Q1,Q1,Q2
Modelación	Modelos numéricos	241	0,124	17	0,034	1	0,004	90	0,120	0,071	Q1	Q1,Q1,Q1,Q1
Valoración	valoración integral	78	0,040	5	0,010	-	<0.001	628	0,841	0,223	Q1	Q1,Q1,Q1,Q4
Revisión	Conceptualización	204	0,105	4	0,008	-	<0.001	128	0,171	0,071	Q1	Q1,Q1,Q1,Q1
Tipo servicio ecosistémico	Provisión	745	0,383	133	0,264	46	0,177	564	0,755	0,395	Q2	Q2,Q2,Q1,Q4
	Regulación y soporte	918	0,472	245	0,486	55	0,212	551	0,738	0,477	Q2	Q2,Q2,Q1,Q3
	Cultural	881	0,453	76	0,151	17	0,065	565	0,756	0,356	Q2	Q2,Q1,Q1,Q3

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Anexo 2. Matriz de información de las variables de análisis de los SSEE en Colombia (n=52)

N°	AUTOR (ES)	AÑO	LOCALIZACIÓN	ESCALA	TIPO DE ECOSISTEMA	TIPO DE BOSQUE	ENFOQUES DE ESTUDIO	TÉCNICA DE ANÁLISIS SSEE	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ANALIZADOS				
									P	R	C	G	
1	(Escobedo F. , Clerici, Staudhammer, & Tovar, 2015)	2015	Bogotá D.C	Local	Terrestre	Bosque andino	M MO	AE MN		X	X		
2	(Clerici, cote-Navarro, Escobedo, Rubiano, & Villegas, 2019)	2019	Andes de Colombia	Regional	Terrestre	Bosque andino	P MO M	ES MN AE		X			
3	(Palacios, Cantera, & Peña, Carbon stocks in mangrove forests of the Colombian Pacific., 2019)	2019	Pacífico Colombiano	Regional	Marino-costero	Manglar	E	E		X			
4	(Moros, vélez, & Corbera, 2019)	2019	Piedemonte amazónico	Regional	Terrestre	Bosque tropical	R	UP					X
5	(Toledo, Briceño, & G., 2018)	2018	Región Rio Anchicaya- Valle del cauca	Local	Acuático	Bosque tropical	V	VE		X			
6	(Ricaurte, Cepeda, Olaya, & Lara, 2017)	2017	Área continental de Colombia	Nacional	Acuático	Múltiples	P M	ES AE	X	X	X		
7	(Escobedo F. , y otros, 2019)	2019	Bogotá D.C	Local	Terrestre	Bosque andino	R	UP					X
8	(Lozada, Dias, & Oliveira de Andrade, 2018)	2018	Comunidad Jovi pacifico Colombiano	Local	Terrestre	Bosque tropical	R	UP	X				X
9	(Muñoz, Koen, Stevenson, Muys, & Sekercioglu, 2013)	2013	Llanos Orientales- Granada Meta	Local	Terrestre	Sabana	E M	E AE	X	X			
10	(Ramirez-gómez, y otros, 2015)	2015	Corregimiento la Pedrera Cuenca baja río Caquetá	Local	Terrestre	Bosque tropical	E	E	X				

N°	AUTOR (ES)	AÑO	LOCALIZACIÓN	ESCALA	TIPO DE ECOSISTEMA	TIPO DE BOSQUE	ENFOQUES DE ESTUDIO	TÉCNICA DE ANÁLISIS SSEE	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ANALIZADOS			
									P	R	C	G
11	(Rodríguez, Armenteras, & Retana, 2015)	2015	Región Caribe, Orinoco, pacífico, andina y Amazona	Nacional	Terrestre Acuático	Múltiples	M	AE	X	X		
12	(Dobbs, Hernández-Moreno, Reyes-Paecke, & Miranda, 2018)	2018	Bogotá D.C Santiago-Chile	Local	Terrestre	Bosque andino	M MO E	AE MN E		X	X	
13	(Lavelle, y otros, 2014)	2014	Cuenca del río Orinoco	Local	Terrestre	Sabana	E	E		X		
14	(Villegas, Berrouet, López, Ruiz, & Upegui, 2016)	2016	Colombia	Nacional	Terrestre	Bosque tropical	R V	AM VI		X	X	
15	(Marichal, y otros, 2014)	2014	Amazonía Colombia Brasil	Local	Terrestre	Bosque tropical	E MO	E MN		X		
16	(Higuera, Martín-López, & Sánchez-Jabba, 2013)	2013	Tequendama: Parque natural Chicaque, Reserva Macanal, Reserva San José	Local	Terrestre	Bosque de niebla	E MO V	E MN VE	X	X	X	
17	(Aldana-Dominguez, y otros, 2017)	2017	Región Caribe	Regional	Terrestre	Múltiples	R	AM				X
18	(Rodríguez & Vargas, 2018)	2018	Reserva Thomas Van de Hammen- Bogotá D.C.	Local	Terrestre	Bosque andino	M	AD				X
19	(Palacios & Cantera, 2017)	2017	Buenaventura	Local	Marino-costero	Manglar	R E	UP E	X			
20	(Vargas, Willemen, & Hein, 2019)	2019	Cuenca del río Orinoco	Local	Terrestre	Múltiples	M	AE	X	X		
21	(Angarita-Baez, y otros, 2017)	2017	Corregimiento la pedrera	Local	Terrestre	Bosque tropical	R	UP				X

N°	AUTOR (ES)	AÑO	LOCALIZACIÓN	ESCALA	TIPO DE ECOSISTEMA	TIPO DE BOSQUE	ENFOQUES DE ESTUDIO	TÉCNICA DE ANÁLISIS SSEE	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ANALIZADOS			
									P	R	C	G
22	(Bonnesoeur, Locatelli, Guaruguata, Boris, & Ochoa-Tocachi., 2019)	2019	Andes colombianos y peruanos	Nacional	Terrestre	Múltiples	R	AM		X		
23	(Muñoz, Hollaender, & Pineda weffer, 2013)	2013	Rio bolo Valle del Cauca	Local	Terrestre	Bosque tropical	V	PSE				X
24	(Escobedo, Bottin, Cala, Montoya, & Sandoval, 2020)	2020	Bogotá D.C.	Local	Terrestre	Bosque andino	R	UP				X
25	(Molina, Valencia, & Feijoo-Martínez, 2019)	2019	Armenia	Local	Terrestre	Bosque tropical	M R	AE AM	X			
26	(Grimaldi, Oszwald, & Lavallo, 2014)	2014	Amazonía	Local	Terrestre	Bosque tropical	M MO	AE MN		X		
27	(Hayes, 2012)	2012	Andes de Colombia	Regional	Terrestre	Bosque andino	V	PSE				X
28	(Vilardy, González, Martín-López, Oteros-Rozas, & Montes, 2012)	2012	Reserva biósfera Ciénega Grande Santa Marta	Local	Marino-costero	Manglar	E	E	X	X	X	
29	(Ruiz-Agudelo & Bello, 2014)	2014	Andes colombianos.	Regional	Terrestre	Bosque andino Bosque altoandino Páramo	V	MA	X	X	X	
30	(Barrera S. , y otros, 2019)	2019	Región occidental (costa pacífica, región andina y Chocó)	Regional	Terrestre Marino-costero	Múltiples	R	C				X

N°	AUTOR (ES)	AÑO	LOCALIZACIÓN	ESCALA	TIPO DE ECOSISTEMA	TIPO DE BOSQUE	ENFOQUES DE ESTUDIO	TÉCNICA DE ANÁLISIS SSEE	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ANALIZADOS			
									P	R	C	G
31	(Álvarez-Salas, Gómez-Aguirre, Wilmar, & Cano-López., 2016)	2016	Páramo Frontino-Urrao Antioquia	Local	Terrestre	Páramo	R	UP	X	X	X	
32	(Muñoz, Camargo, & Romero, 2017)	2017	Eje Cafetero	Regional	Terrestre	Guadua	E	E	X	X	X	
33	(Pupo & Parada, 2015)	2015	Golfo de Tribuga (chocó)	Local	Marino-costero	Manglar	V	VE			X	
34	(Florez, 2015)	2015	humedales sector el ocho y páramo de letras Manizales	Local	Acuático	Humedales	R	UP				X
35	(Rojas J. , 2011)	2011	paramos	Nacional	Terrestre	Páramo	R	C				X
36	(Olaya, Escobar, Cusva, & Lasso, 2017)	2017	Área continental de Colombia	Nacional	Acuático	Humedales	M	AE	X			
37	(Contreras-Araque, 2016)	2016	Ciénaga Grande Santa Marta	Local	Marino-costero	Manglar	V	VE		X		
38	(Gonzalez & Serna, 2018)	2018	Eje cafetero	Regional	Terrestre	Guadua Bosque andino Bosque Tropical	V	PSE	X	X	X	
39	(Cadena, Duque, Tovar, & Ballesteros, 2018)	2018	Humedal Tibanica Bogotá Colombia	Local	Acuático	Humedales	V	VE	X	X	X	
40	(Zulma, Arguello, & Tapasco, 2016)	2016	Corregimiento La pradera	Local	Terrestre	Bosque tropical	E	E	X	X	X	
41	(Valdes, Castro, Pérez, & Escobar, 2017)	2017	Microcuenca la presidenta	Local	Acuático	Bosque tropical	M MO	AE MN		X		
42	(Henoa, Carabalí, Gonzales, & Marmolejo, 2018)	2018	Humedal Guarinó y Cauquita	Local	Acuático	Humedales	R	AM				X

N°	AUTOR (ES)	AÑO	LOCALIZACIÓN	ESCALA	TIPO DE ECOSISTEMA	TIPO DE BOSQUE	ENFOQUES DE ESTUDIO	TÉCNICA DE ANÁLISIS SSEE	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ANALIZADOS				
									P	R	C	G	
43	(Vega, 2016)	2016	Páramos de Colombia	Nacional	Terrestre	Páramo	R	AM		X			
44	(Peña-Mejía, 2019)	2019	Departamento de Antioquía	Departamental	Terrestre	Múltiples	E	E	X	X			
45	Alejandro White (White, 2015)	2015	Piedemonte Arauca-Casanare y Meta	Departamental	Terrestre	Bosque tropical	R	C	X	X	X		
46	(Fernandez-Vargas, 2017)	2017	Rio Guabas	Local	Acuático	Bosque andino Bosque altoandino	E E	A E		X			
47	(Castro & Montealegre, 2018)	2018	Páramo Chingaza	Local	Terrestre	páramo	R	AM					X
48	(Yepes, Alzate, & Ospina, 2019)	2019	Cuenca Río Chinchiná	Local	Terrestre	Bosque altoandino	V	VE	X				
49	(Reina & Rivas, 2015)	2015	Fómeque Cundinamarca	Local	Terrestre	Bosque andino	R	AM	X				
50	(Osorno & Bohórquez, 2014)	2014	Colombia	Nacional	Terrestre	Bosque altoandino	R	AM		X			
51	(Restrepo, Muñoz, & Muñeton, 2019)	2019	Antioquia	Departamental	Terrestre	Bosque tropical	E	E					X
52	(Cifuentes, Contreras, Fernández, Medina, & Ubaque, 2017)	2017	Sotaquirá-Boyacá	Local	Terrestre	Bosque altoandino	E	E					X

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Anexo 3. Revisión sistemática del análisis de los servicios ecosistémicos para los bosques altoandinos de Colombia. (n=44).

NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	BD	LOCALIZACIÓN	ESCALA	SSEE	TIPO DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	FACTOR INCIDENTE EN LA GENERACIÓN / CONSERVACIÓN DE LOS SSEE
Diversidad funcional y servicios ambientales en paisajes de páramo y bosque altoandino en Boyacá	Burgos, Aracely	2012	GS	Boyacá	Local	Regulación / Soporte Regulación / Soporte Cultural Provisión	Purificación del agua Regulación de clima Disfrute espiritual Producción alimentaria	Fragmentación Expansión frontera agrícola
Evaluación del servicio ecosistémico de aprovisionamiento de agua del bosque altoandino de la reserva protectora el Malmo (Tunja-Boyacá)	Albaluz Ramos-Franco	2017	GS	Tunja - Boyacá	Local	Provisión	Abastecimiento de agua	Posterización
Interceptación y escorrentía del Bosque altoandino en la reserva Forestal Protectora "El Malamo"	Albaluz Ramos-Franco; Dolors Armenteras Pascual	2017	GS	Vía Tunja - Bogotá	Local	Provisión Regulación / Soporte	Abastecimiento de agua Regulación del agua	Especies invasoras
Los páramos y bosques altoandinos del pantano de Monquentiva o pantano de Martos (Guatavita, Cundinamarca, Colombia) Caracterización	Andrés Avella-M; Selene Torres-R; Wilsón Gómez-A; Marco Pardo-P.	2014	GS	Guatavita, Cundinamarca	Local	Regulación / Soporte	Regulación del agua	Actividades antrópicas

NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	BD	LOCALIZACIÓN	ESCALA	SSEE	TIPO DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	FACTOR INCIDENTE EN LA GENERACIÓN / CONSERVACIÓN DE LOS SSEE	
ecológica y estado de conservación									
Consecuencias del cambio climático en los ecosistemas y servicios ecosistémicos de los Andes tropicales	Elizabeth P. Anderson, José A. Marengo, Ricardo Villalba, Stephan R.P. Halloy, Bruce E. Young, Dorios Cordero, Fernando Gat, Ena Jaimes y Daniel Ruiz Carrascal	2012	GS	Andes tropicales	Regional		Provisión Regulación / Soporte	Abastecimiento de agua Regulación del agua	Especies invasoras Asentamiento humano
							Provisión	Energía	Expansión frontera agrícola
Servicios ecosistémicos de Alta Montaña en Colombia y sus alteraciones frente al cambio climático	Alicia Alexandra Pineda-Guerrero	2018	GS	Alta montaña Colombia	Nacional		Regulación / Soporte Regulación / Soporte	Regulación del agua Control de erosión	Cambio climático Desastres naturales
							Provisión	Abastecimiento de agua	Tala de bosque
							Provisión	fibras y madera (leña)	
							Provisión	Producción alimentaria	Tala de bosque
							Regulación / Soporte	Ciclado de nutrientes	
El bosque Alto-Andino: una oportunidad para llevar al educando al aprendizaje significativo y a las	John Jairo Romero Rincón	2012	GS	Bosque altoandino	Nacional		Provisión	Abastecimiento de agua	Tala de bosque
							Regulación / Soporte	Ciclado de nutrientes	Expansión frontera agrícola
							Regulación / Soporte	Regulación del agua	Minería

NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	BD	LOCALIZACIÓN	ESCALA	SSEE	TIPO DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	FACTOR INCIDENTE EN LA GENERACIÓN / CONSERVACIÓN DE LOS SSEE
estrategias de conservación						Regulación / Soporte	Control de erosión	
						Provisión	Producción alimentaria	Asentamiento humano
						Regulación / Soporte	Provisión de hábitat	
Evaluación comparativa del papel de diferentes coberturas vegetales sobre algunos servicios ecosistémicos en los Andes Colombianos	Luis Felipe Ortega Molina	2014	GS	Andes de Colombia	Regional	Regulación / Soporte	Regulación del agua	Expansión frontera agrícola
						Regulación / Soporte	Ciclado de nutrientes	Tala de bosque
						Regulación / Soporte	Control de erosión	Cambio climático
El valor de la conservación de los servicios ecosistémicos de regulación de inundaciones asociados a bosques secundarios alto andinos usando valoración contingente.	Daniela Cala Suárez	2018	GS	Tabio	Local	Provisión	Abastecimiento de agua	Actividades antrópicas
						Regulación / Soporte	Regulación del agua	Expansión frontera agrícola
								inundaciones
Construcción de una Estrategia para el Monitoreo integrado de los ecosistemas de Alta Montaña en Colombia	Luis Daniel LLAMBÍ; Maria Teresa Becerra; Manuel peralvo; Andres Avella; Martín Baruffol; Liz Johana Diaz.	2019	GS	Alta montaña Colombia	Nacional	Regulación / Soporte	Ciclado de nutrientes	Cambio climático
						Regulación / Soporte	Regulación del agua	Cambio uso del suelo
Factores de la Vulnerabilidad de los	Lorena Franco Vidal Juliana	2013	GS		Nacional	Provisión	Abastecimiento de agua	Cambio climático

NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	BD	LOCALIZACIÓN	ESCALA	SSEE	TIPO DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	FACTOR INCIDENTE EN LA GENERACIÓN / CONSERVACIÓN DE LOS SSEE
humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global	Delgado; Germán Andrade			humedales altoandinos de Colombia		Regulación / Soporte	Regulación del agua	Quemas Ganadería
Oferta hídrica del área de Manejo especial "Sistema de páramos y bosques altoandinos del Noroccidente medio antioqueño"	Leodán Andrés otaya burbano	2004	GS	Antioquía	Departamental	Regulación / Soporte	Regulación del agua	Asentamiento humano
Valoración económica de los servicios ecosistémicos del bosque andino en el municipio de pasca	Cristian camilo Rodríguez; Daniel Enrique Jiménez; Miguel Ángel Jiménez	2019	GS	Pasca Cundinamarca	Local	Provisión	Abastecimiento de agua	Agroquímicos y otros contaminantes
						Regulación / Soporte	Ciclado de nutrientes	Cambio uso del suelo
						Regulación / Soporte	Regulación del agua	Especies invasoras
						Provisión	Producción alimentaria	Ganadería
						Cultural	Belleza estética	Deforestación
						Provisión	fibras y madera (leña)	
						Regulación / Soporte	Mantenimiento biodiversidad	Agricultura intensiva
Cultural	Recreación y ecoturismo							
I congreso latinoamericano y II Nacional de Alta Montaña Tropical: Desafíos ante el Cambio Climático de los ecosistemas de Bosque altoandino, páramos y Glaciar.	Universidad De Las Naciones Unidas-Programa de Biotecnología Para América Latina y Del Caribe	2012	GS	América Latina	Internacional	Cultural	Belleza estética	Cambio uso del suelo
						Cultural	Disfrute espiritual	Asentamiento humano
						Provisión	Abastecimiento de agua	
						Regulación / Soporte	Regulación del agua	Tala de bosque

NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	BD	LOCALIZACIÓN	ESCALA	SSEE	TIPO DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	FACTOR INCIDENTE EN LA GENERACIÓN / CONSERVACIÓN DE LOS SSEE
Riesgos y efectos del cambio climático en la región altoandina	Orlando Vargas Ríos; Liz Alejandra Ávila Rodríguez	2018	GS	Región altoandina	Regional	Provisión	Abastecimiento de agua	Cambio climático
						Regulación / Soporte	Regulación del agua	Quemas
						Provisión	Energía	Potrerización
Socio-ecological dynamics and inequality in Bogotá, Colombia's public urban forests and their ecosystem services.	Francisco J. Escobedo, Nicola Clerici, Christina L. Staudhammer, Germán Tovar Corzo.	2015	SD	Bogotá D.C	Local	Regulación / Soporte	Purificación del aire	Cambio climático
						Regulación / Soporte	Regulación de clima	
						Regulación / Soporte	Provisión de hábitat	Asentamiento humano
						Cultural	Belleza estética	
Spatio-temporal and cumulative effects of land use-land cover and climate change on two ecosystem services in the Colombian Andes.	Nicola Clerici, Fabián cote-Navarro, Francisco J. Escobedo, Kristian Rubiano, Juan Camillo Villegas	2019	SD	Andes de Colombia	Regional	Regulación / Soporte	Ciclado de nutrientes	Cambio uso del suelo
						Regulación / Soporte	Regulación del agua	Cambio climático
						Provisión	Abastecimiento de agua	
Future impacts of drivers of change on wetland ecosystem services in Colombia	Luisa Fernanda Ricaurte, Juliana Cepeda Valencia, Mará Helena Olaya, Diana Milena Lara	2017	SD	Área continental de Colombia	Nacional	Regulación / Soporte	Provisión de hábitat	Cambio climático
						Regulación / Soporte	Regulación del agua	
						Cultural	Valor espiritual y religioso	
National ecosystems services priorities for planning carbon and water resource management in Colombia	N. Rodríguez, D. Armenteras, J. Retana.	2015	SD	Región Caribe, Orinoco, pacífico, andina y Amazona	Nacional	Provisión	Abastecimiento de agua	Cambio uso del suelo
						Regulación / Soporte	Ciclado de nutrientes	Tala de bosque
						Regulación / Soporte	Regulación de clima	
						Provisión	Abastecimiento de agua	

NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	BD	LOCALIZACIÓN	ESCALA	SSEE	TIPO DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	FACTOR INCIDENTE EN LA GENERACIÓN / CONSERVACIÓN DE LOS SSEE
Exploring temporal dynamics of urban ecosystem services in Latin America: The case of Bogota (Colombia) and Santiago Chile	Cynnamon Dobbs, Angela Hernández-Moreno, Sonia Reyes-Paecke, Marcelo D. Miranda	2018	SD	Bogotá D.C Santiago-Chile	Local	Regulación / Soporte	Regulación de clima	Cambio climático
						Cultural	Recreación y ecoturismo	Cambio uso del suelo
Social preferences towards ecosystem services provided by cloud forests in the neotropics: implications for conservation strategies	Higuera D, Martín-López, B, Sánchez-Jabba, A.	2013	S	Tequendama: Parque natural Chicaque, Reserva macanal, Reserva San José	Local	Provisión	Abastecimiento de agua	Asentamiento humano
						Regulación / Soporte	Purificación del aire	
						Regulación / Soporte	Regulación de clima	
						Regulación / Soporte	Control de erosión	
						Regulación / Soporte	Provisión de hábitat	
						Cultural	Recreación y ecoturismo	
Cultural	Belleza estética							
Biodiversity and Ecosystem services knowledge in the Colombian Caribbean: Progress and Challenges	Juanita Aldana-Domínguez, Carlos Montes, María Martínez, Nicolas Medina, Joachim Hahn, and Maritza Duque	2017	S	Región Caribe	Regional	Regulación / Soporte	Mantenimiento biodiversidad	Actividades antrópicas
						Provisión	Recursos genéticos	
Dynamic modeling of ecosystem goods and services in the	Rodríguez D.M.G., Vargas J.E.B.	2018	S	Reserva Thomas Van de Hammen-Bogotá D.C.	Local	Regulación / Soporte	Regulación de clima	Asentamiento humano

NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	BD	LOCALIZACIÓN	ESCALA	SSEE	TIPO DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	FACTOR INCIDENTE EN LA GENERACIÓN / CONSERVACIÓN DE LOS SSEE
Thomas Van de Hammen Forest Reserve						Regulación / Soporte	Provisión de hábitat	Cambio uso del suelo
						Provisión	Abastecimiento de agua	
						Regulación / Soporte	Regulación del agua	
						Provisión	Recursos genéticos	
						Provisión	Producción alimentaria	
						Cultural	Recreación y ecoturismo	
						Cultural	Inspiración para la cultural, arte y diseño	
						Cultural	Disfrute espiritual	
Impacts of forests and forestation on hydrological services in the Andes: A systematic review	Vivien Bonnesoeur, Bruno Locatelli, Manuel R. Guariguata, Boris F. Ochoa-Tocachi	2019	S	Andes colombianos y peruanos	Nacional	Regulación / Soporte	Regulación del agua	Deforestación
						Regulación / Soporte	Control de erosión	Cambio climático
Spatial literacy influences stakeholder's recognition and mapping of peri-urban and urban ecosystem	Escobedo, Francisco J., Bottin, Marius, Cala Daniela, Montoya, Diego L. Sandoval	2020	WS	Bogotá D.C.	Local	Regulación / Soporte	Regulación de clima	Especies invasoras
Payments for ecosystem services, sustained behavioural change, and adaptive	Tanya M. Hayes	2012	GS	Andes de Colombia	Regional	Provisión	Abastecimiento de agua	Expansión frontera agrícola

NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	BD	LOCALIZACIÓN	ESCALA	SSEE	TIPO DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	FACTOR INCIDENTE EN LA GENERACIÓN / CONSERVACIÓN DE LOS SSEE
management: peasant perspectives in the Colombian Andes								
Valuation of the ecosystem services in the Colombian Andes. The benefit transfer method: A meta-analysis	Casar Augusto Ruiz-Agudelo, Laura Carolina Bello	2014	GS	Andes colombianos.	Regional	Provisión Regulación / Soporte Cultural Provisión Regulación / Soporte Cultural	Abastecimiento de agua Mantenimiento biodiversidad Recreación y ecoturismo Producción alimentaria Polinización Belleza estética	Deforestación
Introducción al estado del arte de los servicios ecosistémicos en la región occidental colombiana	Silvia Eugenia Barrera, Sandra patricia Montenegro., Victos Fabian Forero., Sandra Yamile Pulido., Ramón Antonio Mosquera, Martha Cecilia Vinasco, Martha Liliana Palomino	2019	GS	Región occidental (costa pacífica, región andina y Chocó)	Regional	Provisión Regulación / Soporte Regulación / Soporte	Abastecimiento de agua Regulación del agua Regulación de clima	Expansión frontera agrícola Cambio climático
Variación de las coberturas terrestres en Antioquia (2000-2017) y su relación	Peña Mejía, Kateryn	2019	GS	Departamento de Antioquía	Departamental	Provisión Regulación / Soporte	Producción alimentaria Regulación del agua	Ganadería Potrerización

NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	BD	LOCALIZACIÓN	ESCALA	SSEE	TIPO DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	FACTOR INCIDENTE EN LA GENERACIÓN / CONSERVACIÓN DE LOS SSEE
con los servicios ecosistémicos de regulación y aprovisionamiento						Regulación / Soporte	Ciclado de nutrientes	Cambio uso del suelo
Análisis de la gestión ambiental desde el concepto de sistema socio-ecológicos. Estudio de caso cuenca hidrográfica del río Guabas, Colombia	Gabriel Fernández-Vargas	2017	GS	Rio Guabas	Local	Provisión	Abastecimiento de agua	Conflictos ambientales
Valoración socioeconómica por provisión de agua de humedales altoandinos ubicados en la parte alta de la cuenca del río Chinchiná Colombia	Gloria Yaneth Yepes, Angela María Alzate, Jorge Andrés Ospina Parra	2019	GS	Cuenca Río Chinchiná	Local	Provisión	Abastecimiento de agua	Actividades antrópicas
Servicios ecosistémicos en los sistemas rurales campesinos de Fómeque, Cundinamarca, Colombia	Martha Liliana Reina Usuga, Álvaro Rivas Guzmán	2015	GS	Fómeque Cundinamarca	Local	Provisión	Producción alimentaria	Ganadería
Aproximación teórica sobre el uso de la herramienta para el pago por servicios ecosistémicos (PSE) del recurso agua en	Viviana Osorno Acosta, Diana Carolina Bohórquez	2014	GS	Colombia	Nacional	Regulación / Soporte	Regulación del agua	Cambio uso del suelo
						Cultural	Recreación y ecoturismo	

NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	BD	LOCALIZACIÓN	ESCALA	SSEE	TIPO DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	FACTOR INCIDENTE EN LA GENERACIÓN / CONSERVACIÓN DE LOS SSEE
cuencas hidrográficas con el bosque nativo								
Análisis del capital natural del Páramo de Chontales (Sotaquirá) a partir de los servicios ecosistémicos y servicios ambientales: Una aproximación a la planificación ambiental del territorio	Cifuentes G. Alejandra, Contreras G. Gabriela, Fernández A. Libardo, Medina R. Natalia, Ubaque Mozo Alejandro	2017	GS	Sotaquirá-Boyacá	Local	Regulación / Soporte	Abastecimiento de agua	Ganadería
Potencial de captura de carbono en bosque tropical y altoandino en 4 municipios de la jurisdicción de corpochivor	Oscar Julián Sánchez; Luigui Andrey Ramírez	2017	GS	San Luis de Gaceno, Guayatá, Pachavita y tibaná	Departamental	Regulación / Soporte	Ciclado de nutrientes	Tala de bosque
Restauración ecológica de disturbios antrópicos presentes en la zona alto andina	Pedro pablo bacca; Diana lucía Burbano	2018	GS	Pasto Nariño	Local	Regulación / Soporte	Ciclado de nutrientes	Cambio uso del suelo
						Provisión	Abastecimiento de agua	Minería
						Regulación / Soporte	Control de erosión	Potrerización
Estrategias adaptativas de plantas del páramo y del bosque altoandino en	María Argenis Bonilla Gómez	2005	GS	Cordillera oriental de Colombia	Nacional	Regulación / Soporte	Regulación del agua	Actividades antrópicas
						Provisión	Provisión de hábitat	

NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	BD	LOCALIZACIÓN	ESCALA	SSEE	TIPO DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	FACTOR INCIDENTE EN LA GENERACIÓN / CONSERVACIÓN DE LOS SSEE	
la cordillera oriental de Colombia									
Composición y estructura de la transición bosque-páramo en el corredor Guantiva-La Rusia (Colombia)	Olaya Jeison; Díaz-Pérez, Carlos; Morales-Puentes Maria Eugenia	2019	GS	Corredor Guantiva-La Rusia	Local		Regulación / Soporte	Abastecimiento de agua	Expansión frontera agrícola
							Provisión	Provisión de hábitat	Quemas
									Ganadería
									Erosión del suelo
Insectos asociados entre un cultivo agroecológico de curuba (<i>Passiflora tripartita</i> var. <i>Mollissima</i>) y un fragmento de bosque alto andino de la sabana de Bogotá	Espejo, Daniela; Hidalgo Jonhy	2013	GS	Sabana de Bogotá	Local		Provisión Regulación / Soporte	Provisión de hábitat	Fragmentación
									Paramización del bosque
									Expansión frontera agrícola
									Asentamiento humano
Seeing the wood despite the trees: Exploring human disturbance impact on plant diversity, community structure, and standing biomass in fragmented high Andean forests	Calbi, M; Fajardo-Gutiérrez; Posada, J.M; Lücking, R.a, Brokamp; Borsch, T	2020	S	Bogotá	Local		Provisión	fibras y madera (leña)	Actividades antrópicas
Dinámicas socioeconómicas y aprovechamiento del bosque alto andino del Páramo de Bordoncillo en el Corregimiento de la	Silva Noguera, Diana Melisa	2019	GS	Pasto Nariño	Local		Regulación / Soporte	Abastecimiento de agua	Expansión frontera agrícola
							Regulación / Soporte	Regulación de clima	Cambio uso del suelo

NOMBRE ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	BD	LOCALIZACIÓN	ESCALA	SSEE	TIPO DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	FACTOR INCIDENTE EN LA GENERACIÓN / CONSERVACIÓN DE LOS SSEE
Laguna, Municipio de Pasto – Colombia								
Directionality evidence in high Andean Forest early successional Process	Lequerica, M; Bernal, M; Stevenson, P	2017	S	Granada Cundinamarca	Local	Regulación / Soporte	Abastecimiento de agua	Expansión frontera agrícola
Documento de lineamientos y recomendaciones de ajuste a la normatividad sobre área de Reserva Forestal productora Cuenca alta del Río Bogotá, con énfasis en la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos	Negrete Montes, Rodrigo; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt	2012	GS	Reserva Forestal Protectora Productora Cuenca Alta del Río Bogotá	Local	Regulación / Soporte	Purificación del aire	Expansión frontera agrícola
Seeing the wood despite the trees: Exploring human disturbance impact on plant diversity, community structure, and standing biomass in fragmented high Andean forests	Calbi, M; Fajardo-Gutiérrez; Posada, J.M; Lücking, R.a, Brokamp; Borsch, T	2020	S	Bogotá	Local	Provisión	Abastecimiento de agua	Minería
						Regulación / Soporte	Formación del suelo	Asentamiento humano
							fibras y madera (leña)	Actividades antrópicas

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Anexo 4. Matriz de Influencia Directa -MID

		Agricultura intensiva	Agroquímicos y otros contaminantes	Asentamientos humanos	Cambio climático	Cambio de uso del suelo	Conflictos ambientales	Deforestación	Desastres naturales	Erosión del suelo	Especies invasoras	Expansión de la frontera agrícola	Fragmentación	Ganadería	Inundaciones	Minería	Actividades antrópicas	Paramización del bosque	Potrización	Quemas	Tala de bosque	
		v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17	v18	v19	v20	
Agricultura intensiva	v1	0	1	1	0	3	2	3	2	3	0	3	3	0	0	0	2	3	3	3	3	35
Agroquímicos y otros contaminantes	v2	3	0	0	2	2	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	14
Asentamientos humanos	v3	3	3	0	3	3	2	3	2	2	0	3	3	3	1	2	3	2	2	2	2	44
Cambio climático	v4	0	0	1	0	2	0	0	3	1	2	0	0	1	3	0	0	3	1	2	0	19
Cambio de uso del suelo	v5	3	1	2	0	0	2	3	2	2	0	3	2	2	2	2	2	3	2	2	3	38
Conflictos ambientales	v6	0	0	0	0	2	0	2	2	1	P	1	P	0	0	1	1	1	0	0	0	11
Deforestación	v7	0	0	2	3	3	2	0	3	2	2	3	3	1	2	1	2	3	3	1	2	38
Desastres naturales	v8	0	0	2	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	9
Erosión del suelo	v9	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	2	1	3	0	1	0	0	0	0	12
Especies invasoras	v10	0	2	0	P	0	0	0	0	0	0	0	P	0	0	0	0	1	2	2	0	7
Expansión de la frontera agrícola	v11	3	3	2	2	3	2	3	2	2	1	0	3	3	2	0	2	3	3	3	3	45
Fragmentación	v12	0	0	2	3	2	1	2	2	2	2	3	0	2	2	0	2	2	3	1	2	33
Ganadería	v13	0	0	1	3	3	2	2	1	2	0	3	3	0	1	0	2	2	3	2	1	31
Inundaciones	v14	0	0	3	1	1	0	0	3	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	12
Minería	v15	0	3	2	3	3	3	3	3	3	0	0	1	0	1	0	3	2	0	0	2	32

		Agricultura intensiva	Agroquímicos y otros contaminantes	Asentamientos humanos	Cambio climático	Cambio de uso del suelo	Conflictos ambientales	Deforestación	Desastres naturales	Erosión del suelo	Especies invasoras	Expansión de la frontera agrícola	Fragmentación	Ganadería	Inundaciones	Minería	Actividades antrópicas	Paramización del bosque	Potrerización	Quemas	Tala de bosque	
		v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17	v18	v19	v20	
Actividades antrópicas	v16	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	0	2	2	2	2	32
Paramización del bosque	v17	1	0	1	2	2	3	1	2	2	2	3	2	2	1	0	2	0	1	1	0	28
Potrerización	v18	3	0	0	2	3	2	2	1	2	3	2	3	3	P	0	3	3	0	3	1	36
Quemas	v19	1	0	0	3	2	2	2	2	3	1	2	3	1	2	0	1	3	3	0	0	31
Tala de bosque	v20	1	0	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	0	2	2	1	2	2	0	0	38
		19	14	24	32	42	28	31	38	37	17	31	36	20	26	9	30	35	31	24	21	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Anexo 5. Matriz de Influencia Directa Potencial -MIDP

		Agricultura intensiva	Agroquímicos y otros contaminantes	Asentamientos humanos	Cambio climático	Cambio de uso del suelo	Conflictos ambientales	Deforestación	Desastres naturales	Erosión del suelo	Especies invasoras	Expansión de la frontera agrícola	Fragmentación	Ganadería	Inundaciones	Minería	Actividades antrópicas	Paramización del bosque	Potrerrización	Quemas	Tala de bosque	
		v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17	v18	v19	v20	
Agricultura intensiva	v1	0	1	1	0	3	2	3	2	3	0	3	3	0	0	0	2	3	3	3	3	35
Agroquímicos y otros contaminantes	v2	3	0	0	2	2	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	14
Asentamientos humanos	v3	3	3	0	3	3	2	3	2	2	0	3	3	3	1	2	3	2	2	2	2	44
Cambio climático	v4	0	0	1	0	2	0	0	3	1	2	0	0	1	3	0	0	3	1	2	0	19
Cambio de uso del suelo	v5	3	1	2	0	0	2	3	2	2	0	3	2	2	2	2	2	3	2	2	3	38
Conflictos ambientales	v6	0	0	0	0	2	0	2	2	1	3	1	3	0	0	1	1	1	0	0	0	17
Deforestación	v7	0	0	2	3	3	2	0	3	2	2	3	3	1	2	1	2	3	3	1	2	38
Desastres naturales	v8	0	0	2	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	9
Erosión del suelo	v9	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	2	1	3	0	1	0	0	0	0	12
Especies invasoras	v10	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	2	2	0	13
Expansión de la frontera agrícola	v11	3	3	2	2	3	2	3	2	2	1	0	3	3	2	0	2	3	3	3	3	45
Fragmentación	v12	0	0	2	3	2	1	2	2	2	2	3	0	2	2	0	2	2	3	1	2	33
Ganadería	v13	0	0	1	3	3	2	2	1	2	0	3	3	0	1	0	2	2	3	2	1	31
Inundaciones	v14	0	0	3	1	1	0	0	3	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	12
Minería	v15	0	3	2	3	3	3	3	3	3	0	0	1	0	1	0	3	2	0	0	2	32

		Agricultura intensiva	Agroquímicos y otros contaminantes	Asentamientos humanos	Cambio climático	Cambio de uso del suelo	Conflictos ambientales	Deforestación	Desastres naturales	Erosión del suelo	Especies invasoras	Expansión de la frontera agrícola	Fragmentación	Ganadería	Inundaciones	Minería	Actividades antrópicas	Paramización del bosque	Potrerización	Quemas	Tala de bosque	
		v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17	v18	v19	v20	
Actividades antrópicas	v16	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	0	2	2	2	2	32
Paramización del bosque	v17	1	0	1	2	2	3	1	2	2	2	3	2	2	1	0	2	0	1	1	0	28
Potrerización	v18	3	0	0	2	3	2	2	1	2	3	2	3	3	3	0	3	3	0	3	1	39
Quemas	v19	1	0	0	3	2	2	2	2	3	1	2	3	1	2	0	1	3	3	0	0	31
Tala de bosque	v20	1	0	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	0	2	2	1	2	2	0	0	38
		19	14	24	35	42	28	31	38	37	20	31	42	20	29	9	30	35	31	24	21	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Anexo 6. Matriz de Influencia Indirecta

		Agricultura intensiva	Agroquímicos y otros contaminantes	Asentamientos humanos	Cambio climático	Cambio de uso del suelo	Conflictos ambientales	Deforestación	Desastres naturales	Erosión del suelo	Especies invasoras	Expansión de la frontera agrícola	Fragmentación	Ganadería	Inundaciones	Minería	Actividades antrópicas	Paramización del bosque	Potrización	Quemas	Tala de bosque	
		v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17	v18	v19	v20	
Agricultura intensiva	v1	28479	17322	36565	43621	58285	38171	43469	55882	51290	27812	47149	52674	33863	42125	13846	43224	50683	44771	36033	31107	796371
Agroquímicos y otros contaminantes	v2	9924	6287	12962	15289	20723	13303	15437	19923	18020	9801	16576	18413	12038	14948	4887	15310	18042	15853	12948	11200	281884
Asentamientos humanos	v3	33476	20905	43826	51791	69546	45379	51913	66721	61144	32887	56091	62626	40122	50140	16325	51596	60472	53537	43196	37404	949097
Cambio climático	v4	11252	6761	14566	17300	23098	15152	17208	22152	20383	11029	18731	20911	13339	16680	5468	17114	20115	17771	14277	12341	315648
Cambio de uso del suelo	v5	30120	18707	39402	46623	62468	40893	46602	59906	55048	29541	50413	56393	35919	44838	14671	46364	54207	47970	38687	33419	852191
Conflictos ambientales	v6	8507	5301	11012	12981	17544	11399	13058	16870	15355	8286	14071	15738	10162	12745	4179	12996	15292	13427	10887	9490	239300
Deforestación	v7	27497	16809	35443	42039	56554	36836	42203	54318	49625	26981	45550	50817	32912	40886	13324	41924	49242	43294	35074	30341	771669
Desastres naturales	v8	6346	3889	8252	9676	13110	8510	9797	12701	11504	6243	10623	11748	7628	9543	3148	9708	11462	10066	8163	7080	179197
Erosión del suelo	v9	7287	4494	9586	11325	15167	9919	11295	14517	13392	7118	12220	13571	8626	10934	3550	11218	13199	11699	9360	8188	206665
Especies invasoras	v10	5061	2945	6437	7763	10137	6768	7583	9687	9014	4976	8290	9368	5987	7312	2392	7599	8790	7806	6204	5325	139444
Expansión de la frontera agrícola	v11	33535	20543	43706	51986	69425	45488	51712	66486	61202	32934	56278	62741	39915	49919	16371	51449	60251	53509	42907	37027	947384
Fragmentación	v12	24535	15030	31652	37578	50606	32920	37677	48563	44324	24116	40728	45537	29391	36543	11905	37433	44036	38765	31425	27090	689854
Ganadería	v13	24586	15057	31553	37558	50434	32836	37629	48426	44223	24071	40646	45357	29450	36509	11911	37392	43953	38701	31325	27060	688677
Inundaciones	v14	8251	5045	10540	12518	16934	10952	12599	16297	14771	8060	13613	15176	9881	12301	4076	12519	14701	12866	10447	9062	230609

		Agricultura intensiva	Agroquímicos y otros contaminantes	Asentamientos humanos	Cambio climático	Cambio de uso del suelo	Conflictos ambientales	Deforestación	Desastres naturales	Erosión del suelo	Especies invasoras	Expansión de la frontera agrícola	Fragmentación	Ganadería	Inundaciones	Minería	Actividades antrópicas	Paramización del bosque	Potrización	Quemas	Tala de bosque	
		v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17	v18	v19	v20	
Minería	v15	20789	12719	26897	32058	42847	27959	31862	41039	37669	20183	34614	38621	24614	30902	10265	31682	37010	32826	26242	22886	583684
Actividades antrópicas	v16	23776	14643	30842	36580	49046	32032	36604	47073	43142	23274	39594	44241	28382	35381	11579	36372	42646	37682	30384	26283	669556
Paramización del bosque	v17	19417	12196	25334	29872	40482	26189	30242	38940	35372	19184	32550	36221	23500	29291	9494	29932	35336	31123	25324	21857	551856
Potrización	v18	26623	16669	34954	41260	55665	36215	41574	53464	48878	26304	45103	50023	32079	40223	13062	41180	48617	43124	34867	30008	759892
Quemas	v19	21126	12999	27229	32545	43643	28419	32458	41777	38252	20731	35071	39201	25309	31345	10178	32340	37919	33424	27028	23371	594365
Tala de bosque	v20	27415	17031	35494	41952	56697	36790	42297	54563	49628	26896	45540	50814	32973	40991	13363	42034	49409	43383	35245	30572	773087
		398002	245352	516252	612315	822411	536130	613219	789305	722236	390427	663451	740191	476090	593556	193994	609386	715382	631597	510023	441111	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Anexo 7. Matriz de Influencia Indirecta potencial

		Agricultura intensiva	Agroquímicos y otros contaminantes	Asentamientos humanos	Cambio climático	Cambio de uso del suelo	Conflictos ambientales	Deforestación	Desastres naturales	Erosión del suelo	Especies invasoras	Expansión de la frontera agrícola	Fragmentación	Ganadería	Inundaciones	Minería	Actividades antrópicas	Paramización del bosque	Potrización	Quemas	Tala de bosque	
		v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17	v18	v19	v20	
Agricultura intensiva	v1	28908	17883	38221	48769	60073	38912	44567	58084	52973	33191	48589	61170	35093	48770	14029	44532	52486	46643	37407	32046	842346
Agroquímicos y otros contaminantes	v2	10275	6542	13661	17308	21629	13765	16001	20922	18842	11943	17257	21848	12629	17489	5016	15958	18894	16645	13587	11623	301834
Asentamientos humanos	v3	33866	21505	45659	57848	71379	46123	53029	69070	62944	39130	57579	72742	41364	57571	16481	52967	62320	55535	44630	38370	1000112
Cambio climático	v4	11615	7124	15451	19598	24106	15683	17880	23325	21343	13246	19571	24643	14020	19569	5633	17900	21072	18752	15045	12854	338430
Cambio de uso del suelo	v5	30510	19277	41052	52116	64175	41607	47658	62042	56701	35118	51811	65459	37086	51627	14827	47639	55935	49833	40031	34325	898829
Conflictos ambientales	v6	12059	7635	16223	20451	25425	16418	18869	24736	22435	13941	20548	25974	14761	20599	5862	18870	22336	19829	16047	13708	356726
Deforestación	v7	28250	17520	37360	47355	58816	37937	43643	56943	51719	32564	47356	59715	34439	47831	13645	43598	51429	45451	36754	31472	823797
Desastres naturales	v8	6508	4033	8636	10804	13518	8738	10064	13193	11915	7455	10950	13836	7886	10974	3217	10035	11825	10435	8460	7272	189754
Erosión del suelo	v9	7287	4548	9847	12348	15362	9970	11397	14826	13608	8306	12373	15479	8752	12317	3550	11365	13400	11930	9513	8290	214468
Especies invasoras	v10	8973	5549	11996	15410	18771	12177	13961	18129	16646	10388	15280	19127	11039	15259	4270	13998	16401	14724	11682	10020	263800
Expansión de la frontera agrícola	v11	34126	21272	45788	58328	71633	46463	53089	69210	63326	39312	58063	73160	41409	57731	16623	53108	62423	55786	44596	38170	1003616
Fragmentación	v12	25132	15642	33314	42255	52481	33811	38871	50795	46085	29006	42237	53433	30660	42615	12175	38843	45839	40577	32823	28041	734635
Ganadería	v13	25015	15540	33014	41995	52069	33526	38625	50409	45738	28862	41933	52833	30566	42377	12094	38571	45579	40330	32546	27897	729519
Inundaciones	v14	8251	5105	10798	13619	17132	11006	12707	16603	14987	9449	13775	17348	10013	13912	4076	12669	14911	13112	10609	9170	239252

		Agricultura intensiva	Agroquímicos y otros contaminantes	Asentamientos humanos	Cambio climático	Cambio de uso del suelo	Conflictos ambientales	Deforestación	Desastres naturales	Erosión del suelo	Especies invasoras	Expansión de la frontera agrícola	Fragmentación	Ganadería	Inundaciones	Minería	Actividades antrópicas	Paramización del bosque	Potrización	Quemas	Tala de bosque	
		v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17	v18	v19	v20	
Minería	v15	21257	13142	28184	35901	44383	28691	32804	42818	39097	24287	35811	44990	25631	35777	10418	32771	38546	34332	27394	23630	619864
Actividades antrópicas	v16	24172	15144	32264	40945	50552	32698	37549	48933	44588	27783	40824	51537	29408	40898	11753	37506	44137	39248	31545	27069	708553
Paramización del bosque	v17	20248	12796	26987	34123	42540	27296	31544	41247	37289	23474	34119	43307	24823	34472	9812	31447	37235	32893	26776	22802	595230
Potrización	v18	28294	17947	38317	48472	59832	38633	44412	58021	52838	32718	48391	61183	34542	48188	13791	44309	52364	46721	37669	32123	838765
Quemas	v19	21717	13542	28747	36685	45467	29277	33601	43889	39914	25039	36505	45981	26545	36802	10430	33663	39692	35140	28366	24280	635282
Tala de bosque	v20	28129	17703	37330	47202	58830	37843	43653	57053	51629	32437	47241	59730	34398	47723	13657	43621	51464	45423	36832	31628	823526
		414592	259449	552849	701532	868173	560574	643924	840248	764617	477649	700213	883495	505064	702501	201359	643370	758288	673339	542312	464790	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Anexo 8. *Matriz del cambio de variables clave para la generación de mecanismos de gestión ambiental en pro de la conservación de los SSEE del bosque altoandino colombiano*

MATRIZ DEL CAMBIO								
N°	Entidad/ Institución	Actor	Tipología del cambio	Variable clave	Hipótesis de cambio	Probabilidad de ocurrencia (1: muy bajo - 10: muy alta)	Temporalidad (1. Próximo año, 2. Próximos 5 años, 3. Próximos 10 años)	Deseabilidad por parte de los actores sociales (- negativo, + positivo)
1	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Andrea González	Temido	Paramización del bosque	Degradación ambiental por pérdida de bosque	8	2	(-)
2	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Andrea González	Temido	Fragmentación	Pérdida de la biodiversidad nativa	9	2	(-)
3	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Andrea González	Temido	Deforestación	Pérdida del hábitat	8	2	(-)
4	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Andrea González	Temido	Expansión de la frontera agrícola	Afectación de la oferta hídrica	9	2	(-)
5	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Andrea González	Temido	Cambio en el uso del suelo	Degradación del suelo	9	3	(-)

MATRIZ DEL CAMBIO								
N°	Entidad/ Institución	Actor	Tipología del cambio	Variable clave	Hipótesis de cambio	Probabilidad de ocurrencia (1: muy bajo - 10: muy alta)	Temporalidad (1. Próximo año, 2. Próximos 5 años, 3. Próximos 10 años)	Deseabilidad por parte de los actores sociales (- negativo, + positivo)
6	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Andrea González	Temido	Potrерización	Pérdida de la vegetación	9	2	(-)
	Secretaría Distrital de Ambiente	Jimena Vega	Temido	Paramización del bosque	Pérdida de cobertura vegetal boscosa	9	3	(-)
	Secretaría Distrital de Ambiente	Jimena Vega	Temido	Fragmentación	Conformación parches de bosque	8	3	(-)
	Secretaría Distrital de Ambiente	Jimena Vega	Temido	Deforestación	Pérdida de cobertura y servicios ecosistémicos	8	2	(-)
	Secretaría Distrital de Ambiente	Jimena Vega	Temido	Expansión de la frontera agrícola	Cambio en las condiciones climáticas de los bosques altoandinos	7	3	(-)
	Secretaría Distrital de Ambiente	Jimena Vega	Temido	Cambio en el uso del suelo	Aumento de la ganadería y cultivos en zonas de montaña	8	2	(-)
	Secretaría Distrital de Ambiente	Jimena Vega	Temido	Potrерización	Ampliación matriz de pastos	8	3	(-)
7	Universidad Distrital Francisco	Jaime Moreno	Temido	Paramización del bosque	Aumento de paramización y reducción de área boscosa	10	3	(-)

MATRIZ DEL CAMBIO								
N°	Entidad/ Institución	Actor	Tipología del cambio	Variable clave	Hipótesis de cambio	Probabilidad de ocurrencia (1: muy bajo - 10: muy alta)	Temporalidad (1. Próximo año, 2. Próximos 5 años, 3. Próximos 10 años)	Deseabilidad por parte de los actores sociales (- negativo, + positivo)
	José de Caldas							
8	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Jaime Moreno	Deseada	Paramización del bosque	fortalecimiento de las medidas de control e instrumentos de planificación	9	3	(+)
9	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Jaime Moreno	Temido	Fragmentación	Pérdida del hábitat de las especies	10	3	(-)
10	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Jaime Moreno	Temido	Deforestación	Disminución de la mitad de la cobertura vegetal	5	2	(-)
11	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Jaime Moreno	Temido	Expansión de la frontera agrícola	Pérdida de la cobertura vegetal y ocurrencia de desastres naturales con muertes humanas	5	2	(-)
12	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Jaime Moreno	Temido	Cambio en el uso del suelo	Desabastecimiento de la oferta hídrica	8	3	(-)

MATRIZ DEL CAMBIO								
N°	Entidad/ Institución	Actor	Tipología del cambio	Variable clave	Hipótesis de cambio	Probabilidad de ocurrencia (1: muy bajo - 10: muy alta)	Temporalidad (1. Próximo año, 2. Próximos 5 años, 3. Próximos 10 años)	Deseabilidad por parte de los actores sociales (- negativo, + positivo)
13	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Jaime Moreno	Temido	Potrerización	Cambio en el uso del suelo	10	2	(-)
14	Departamento Nacional de Planeación	Ivonne venegas	Temido	Paramización del bosque	Adaptabilidad de especies	4	3	(-)
15	Departamento Nacional de Planeación	Ivonne venegas	Temido	Fragmentación	Cambio de uso del suelo y sobreutilización del ecosistema	8	1	(-)
16	Departamento Nacional de Planeación	Ivonne venegas	Temido	Deforestación	tala de bosque, cambio de uso del suelo a actividades agropecuarias y de extracción	7	2	(-)
17	Departamento Nacional de Planeación	Ivonne venegas	Temido	Expansión de la frontera agrícola	Conflicto de uso del suelo	7	1	(-)
18	Departamento Nacional de Planeación	Ivonne venegas	Temido	Cambio en el uso del suelo	Tala de bosque	8	1	(-)
19	Departamento Nacional de Planeación	Ivonne venegas	Temido	Potrerización	Tala de bosque	8	1	(-)

MATRIZ DEL CAMBIO								
N°	Entidad/ Institución	Actor	Tipología del cambio	Variable clave	Hipótesis de cambio	Probabilidad de ocurrencia (1: muy bajo - 10: muy alta)	Temporalidad (1. Próximo año, 2. Próximos 5 años, 3. Próximos 10 años)	Deseabilidad por parte de los actores sociales (- negativo, + positivo)
20	Sociedad civil	Brayam Noy	Temido	Paramización del bosque	Que las áreas altas de bosque entren en procesos de paramización, dónde los Pajonales y otras especies de vegetación de Páramo desplacen a las especies propias de bosque alto andino	4	3	(-)
21	Sociedad civil	Brayam Noy	Temido	Fragmentación	Áreas naturales sufran procesos de fragmentación por alteración de coberturas con distintos fines de uso del suelo	9	2	(-)
22	Sociedad civil	Brayam Noy	Temido	Deforestación	Perdida de cobertura vegetal y cambio de uso del suelo en áreas boscosas naturales	10	1	(-)

MATRIZ DEL CAMBIO								
N°	Entidad/ Institución	Actor	Tipología del cambio	Variable clave	Hipótesis de cambio	Probabilidad de ocurrencia (1: muy bajo - 10: muy alta)	Temporalidad (1. Próximo año, 2. Próximos 5 años, 3. Próximos 10 años)	Deseabilidad por parte de los actores sociales (- negativo, + positivo)
23	Sociedad civil	Brayam Noy	Temido	Expansión de la frontera agrícola	Perdida de cobertura vegetal y cambio de uso del suelo en áreas boscosas naturales y potrerización para la implementación de actividades agropecuarias	9	1	(-)
24	Sociedad civil	Brayam Noy	Temido	Cambio en el uso del suelo	Perdida de cobertura vegetal y cambio de uso del suelo en áreas naturales	10	1	(-)
25	Sociedad civil	Brayam Noy	Temido	Potrerización	Perdida de cobertura vegetal y cambio de uso del suelo en áreas naturales y potrerización para la implementación de actividades agropecuarias	9	1	(-)
26	Management, Consulting & Services S.A.S	Isabel salvador	Temido	Paramización del bosque	Pérdida de cobertura del páramo	9	1	(-)
27	Management, Consulting &	Isabel salvador	Deseada	Paramización del bosque	Estrategia adaptativa de las especies	8	2	(+)

MATRIZ DEL CAMBIO								
N°	Entidad/ Institución	Actor	Tipología del cambio	Variable clave	Hipótesis de cambio	Probabilidad de ocurrencia (1: muy bajo - 10: muy alta)	Temporalidad (1. Próximo año, 2. Próximos 5 años, 3. Próximos 10 años)	Deseabilidad por parte de los actores sociales (- negativo, + positivo)
	Services S.A.S							
28	Management, Consulting & Services S.A.S	Isabel salvador	Temido	Fragmentación	Pérdida de la biodiversidad	10	1	(-)
29	Management, Consulting & Services S.A.S	Isabel salvador	Temido	Deforestación	Pérdida de ecosistemas	10	1	(-)
30	Management, Consulting & Services S.A.S	Isabel salvador	Temido	Expansión de la frontera agrícola	Tala de bosque y disminución del servicio ecosistémico de soporte	10	1	(-)
31	Management, Consulting & Services S.A.S	Isabel salvador	Temido	Cambio en el uso del suelo	Conflicto de uso del suelo	10	1	(-)
32	Management, Consulting & Services S.A.S	Isabel salvador	Temido	Potrерización	Sobreexplotación del suelo	10	1	(-)
33	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Andrés pinilla	Temido	Paramización del bosque	Cambio en el uso del suelo	7	1	(-)
34	Ministerio de Ambiente y	Andrés pinilla	Temido	Fragmentación	Cambio en el uso del suelo	8	3	(-)

MATRIZ DEL CAMBIO								
N°	Entidad/ Institución	Actor	Tipología del cambio	Variable clave	Hipótesis de cambio	Probabilidad de ocurrencia (1: muy bajo - 10: muy alta)	Temporalidad (1. Próximo año, 2. Próximos 5 años, 3. Próximos 10 años)	Deseabilidad por parte de los actores sociales (- negativo, + positivo)
	Desarrollo Sostenible							
35	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Andrés pinilla	Temido	Deforestación	Cambio en el uso del suelo	8	3	(-)
36	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Andrés pinilla	Temido	Expansión de la frontera agrícola	Cambio en el uso del suelo	4	3	(-)
37	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Andrés pinilla	Temido	Cambio en el uso del suelo	Pérdida del bosque	8	3	(-)
38	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Andrés pinilla	Temido	Potrerización	Cambio en el uso del suelo	9	3	(-)
39	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	Leidy Lugo	Temido	Paramización del bosque	Pérdida de biodiversidad	8	2	(-)
40	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	Leidy Lugo	Temido	Fragmentación	Aislamiento de poblaciones de flora y fauna	10	3	(-)
41	Corporación Autónoma	Leidy Lugo	Temido	Deforestación	Disminución de la cobertura vegetal y	9	2	(-)

MATRIZ DEL CAMBIO								
N°	Entidad/ Institución	Actor	Tipología del cambio	Variable clave	Hipótesis de cambio	Probabilidad de ocurrencia (1: muy bajo - 10: muy alta)	Temporalidad (1. Próximo año, 2. Próximos 5 años, 3. Próximos 10 años)	Deseabilidad por parte de los actores sociales (- negativo, + positivo)
	Regional de Cundinamarca				aumento de fenómenos erosivos			
42	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	Leidy Lugo	Temido	Expansión de la frontera agrícola	Pérdida de bosque natural	10	1	(-)
43	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	Leidy Lugo	Temido	Cambio en el uso del suelo	Pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos	8	3	(-)
44	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	Leidy Lugo	Temido	Potrerización	Compactación del suelo y aumento de emisiones de GEI	9	2	(-)
45	Universidad de São Paulo	Diana Peña	Temido	Paramización del bosque	Pérdida de funcionalidad ecológica	8	3	(-)
46	Universidad de São Paulo	Diana Peña	Temido	Fragmentación	Pérdida de conectividad y fuentes de refugio y alimento para las especies	9	2	(-)
47	Universidad de São Paulo	Diana Peña	Temido	Deforestación	Disminución de coberturas forestales y pérdida de servicios ecosistémicos	7	2	(-)

MATRIZ DEL CAMBIO								
N°	Entidad/ Institución	Actor	Tipología del cambio	Variable clave	Hipótesis de cambio	Probabilidad de ocurrencia (1: muy bajo - 10: muy alta)	Temporalidad (1. Próximo año, 2. Próximos 5 años, 3. Próximos 10 años)	Deseabilidad por parte de los actores sociales (- negativo, + positivo)
48	Universidad de São Paulo	Diana Peña	Temido	Expansión de la frontera agrícola	Pérdida de áreas naturales	9	1	(-)
49	Universidad de São Paulo	Diana Peña	Temido	Cambio en el uso del suelo	Pérdida de la capacidad de soporte del área	8	2	(-)
50	Universidad de São Paulo	Diana Peña	Temido	Potrerización	Afectación a las características estructurales y funcionales del suelo	7	3	(-)

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Anexo 9. Probabilidad de ocurrencia de hipótesis de futuro

HIPÓTESIS SIMPLES, CONDICIONADAS CON "SI" OCURRENCIA Y CONDICIONADAS CON "NO"

OCURRENCIA

HIPOTESIS

N°

- | | |
|----------|--|
| 1 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se aumente el proceso de paramización del bosque, si los principales factores incidentes son el cambio en el uso del suelo, la degradación natural a partir del cambio climático y la deforestación? |
| 2 | ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se haya disminuido la mitad de la cobertura, si los principales factores incidentes son la conformación de asentamientos humanos, ganadería, minería y expansión de la frontera agrícola? |
| 3 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se pierda el hábitat de algunas especies si sus principales factores incidentes son la deforestación, potrerización y quemas? |
| 4 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se presente desabastecimiento en la oferta hídrica si sus principales factores incidentes son la conformación de asentamientos humanos, y la reducción de la cobertura vegetal? |
| 5 | ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se presenten desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial, si sus principales factores incidentes son el aumento en las amenazas por remoción en masa, torrencialidades e incendios? |
| 6 | ¿Qué tan probable es que en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia se fortalezcan las medidas de control e instrumentos de planificación si sus principales factores incidentes son el control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático? |
| 7 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se aumente el proceso de paramización del bosque, SI OCURRE una disminución de la mitad de la cobertura vegetal de estos bosques? |

HIPÓTESIS SIMPLES, CONDICIONADAS CON "SI" OCURRENCIA Y CONDICIONADAS CON "NO"

OCURRENCIA

N°

HIPOTESIS

- | | |
|-----------|---|
| 8 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se aumente el proceso de paramización del bosque, SI OCURRE pérdida del hábitat de algunas especies? |
| 9 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se aumente el proceso de paramización del bosque, SI OCURRE desabastecimiento en la oferta hídrica? |
| 10 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se aumente el proceso de paramización del bosque, SI OCURRE desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial? |
| 11 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se aumente el proceso de paramización del bosque, SI OCURRE fortalecimiento de las medidas de control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático? |
| 12 | ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se haya disminuido la mitad de la cobertura, SI OCURRE un aumento en el proceso de paramización del bosque? |
| 13 | ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se haya disminuido la mitad de la cobertura, SI OCURRE pérdida del hábitat de algunas especies? |
| 14 | ¿¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se haya disminuido la mitad de la cobertura, SI OCURRE desabastecimiento en la oferta hídrica? |
| 15 | ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se haya disminuido la mitad de la cobertura, SI OCURRE desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial? |

HIPÓTESIS SIMPLES, CONDICIONADAS CON "SI" OCURRENCIA Y CONDICIONADAS CON "NO"

OCURRENCIA

N°

HIPOTESIS

- | | |
|-----------|--|
| 16 | ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se haya disminuido la mitad de la cobertura, SI OCURRE fortalecimiento de las medidas de control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático? |
| 17 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se pierda el hábitat de algunas especies SI OCURRE un aumento en el proceso de paramización del bosque? |
| 18 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se pierda el hábitat de algunas especies SI OCURRE una disminución de la mitad de la cobertura vegetal de estos bosques? |
| 19 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se pierda el hábitat de algunas especies SI OCURRE desabastecimiento en la oferta hídrica? |
| 20 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se pierda el hábitat de algunas especies SI OCURRE desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial? |
| 21 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se pierda el hábitat de algunas especies SI OCURRE fortalecimiento de las medidas de control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático? |
| 22 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se presente desabastecimiento en la oferta hídrica SI OCURRE un aumento en el proceso de paramización del bosque? |
| 23 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se presente desabastecimiento en la oferta hídrica SI OCURRE una disminución de la mitad de la cobertura vegetal de estos bosques? |

HIPÓTESIS SIMPLES, CONDICIONADAS CON "SI" OCURRENCIA Y CONDICIONADAS CON "NO"

OCURRENCIA

N°

HIPOTESIS

-
- 24** ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se presente desabastecimiento en la oferta hídrica SI OCURRE pérdida del hábitat de algunas especies?
-
- 25** ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se presente desabastecimiento en la oferta hídrica SI OCURRE desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial?
-
- 26** ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se presente desabastecimiento en la oferta hídrica SI OCURRE fortalecimiento de las medidas de control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático?
-
- 27** ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se presenten desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial, SI OCURRE un aumento en el proceso de paramización del bosque?
-
- 28** ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se presenten desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial, SI OCURRE una disminución de la mitad de la cobertura vegetal de estos bosques?
-
- 29** ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se presenten desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial, SI OCURRE pérdida del hábitat de algunas especies?
-
- 30** ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se presenten desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial, SI OCURRE desabastecimiento en la oferta hídrica?
-

HIPÓTESIS SIMPLES, CONDICIONADAS CON "SI" OCURRENCIA Y CONDICIONADAS CON "NO"

OCURRENCIA

N°

HIPOTESIS

- 31** ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se presenten desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial, SI OCURRE fortalecimiento de las medidas de control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático?
- 32** ¿Qué tan probable es que en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia se fortalezcan las medidas de control e instrumentos de planificación SI OCURRE un aumento en el proceso de paramización del bosque?
- 33** ¿Qué tan probable es que en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia se fortalezcan las medidas de control e instrumentos de planificación SI OCURRE una disminución de la mitad de la cobertura vegetal de estos bosques?
- 34** ¿Qué tan probable es que en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia se fortalezcan las medidas de control e instrumentos de planificación SI OCURRE pérdida del hábitat de algunas especies?
- 35** ¿Qué tan probable es que en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia se fortalezcan las medidas de control e instrumentos de planificación SI OCURRE desabastecimiento en la oferta hídrica?
- 36** ¿Qué tan probable es que en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia se fortalezcan las medidas de control e instrumentos de planificación SI OCURRE desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial?
- 37** ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se aumente el proceso de paramización del bosque, SI NO OCURRE una disminución de la mitad de la cobertura vegetal de estos bosques?

HIPÓTESIS SIMPLES, CONDICIONADAS CON "SI" OCURRENCIA Y CONDICIONADAS CON "NO"

OCURRENCIA

N°

HIPOTESIS

- | | |
|-----------|--|
| 38 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se aumente el proceso de paramización del bosque, SI NO OCURRE pérdida del hábitat de algunas especies? |
| 39 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se aumente el proceso de paramización del bosque, SI NO OCURRE desabastecimiento en la oferta hídrica? |
| 40 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se aumente el proceso de paramización del bosque, SI NO OCURRE desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial? |
| 41 | ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se aumente el proceso de paramización del bosque, SI NO OCURRE fortalecimiento de las medidas de control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático? |
| 42 | ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se haya disminuido la mitad de la cobertura, SI NO OCURRE un aumento en el proceso de paramización del bosque? |
| 43 | ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se haya disminuido la mitad de la cobertura, SI NO OCURRE pérdida del hábitat de algunas especies? |
| 44 | ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se haya disminuido la mitad de la cobertura, SI NO OCURRE desabastecimiento en la oferta hídrica? |
| 45 | ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se haya disminuido la mitad de la cobertura, SI NO OCURRE desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial? |

HIPÓTESIS SIMPLES, CONDICIONADAS CON "SI" OCURRENCIA Y CONDICIONADAS CON "NO"

OCURRENCIA

N°

HIPOTESIS

- 46** ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se haya disminuido la mitad de la cobertura, SI NO OCURRE fortalecimiento de las medidas de control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático?
-
- 47** ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se pierda el hábitat de algunas especies SI NO OCURRE un aumento en el proceso de paramización del bosque?
-
- 48** ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se pierda el hábitat de algunas especies SI NO OCURRE una disminución de la mitad de la cobertura vegetal de estos bosques?
-
- 49** ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se pierda el hábitat de algunas especies SI NO OCURRE desabastecimiento en la oferta hídrica?
-
- 50** ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se pierda el hábitat de algunas especies SI NO OCURRE desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial?
-
- 51** ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se pierda el hábitat de algunas especies SI NO OCURRE fortalecimiento de las medidas de control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático?
-
- 52** ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se presente desabastecimiento en la oferta hídrica SI NO OCURRE un aumento en el proceso de paramización del bosque?
-
- 53** ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se presente desabastecimiento en la oferta hídrica SI NO OCURRE una disminución de la mitad de la cobertura vegetal de estos bosques?
-

HIPÓTESIS SIMPLES, CONDICIONADAS CON "SI" OCURRENCIA Y CONDICIONADAS CON "NO"

OCURRENCIA

N°

HIPOTESIS

-
- 54** ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se presente desabastecimiento en la oferta hídrica SI NO OCURRE pérdida del hábitat de algunas especies?
-
- 55** ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se presente desabastecimiento en la oferta hídrica SI NO OCURRE desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial?
-
- 56** ¿Qué tan probable es que, en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia, se presente desabastecimiento en la oferta hídrica SI NO OCURRE fortalecimiento de las medidas de control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático?
-
- 57** ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se presenten desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial, SI NO OCURRE un aumento en el proceso de paramización del bosque?
-
- 58** ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se presenten desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial, SI NO OCURRE una disminución de la mitad de la cobertura vegetal de estos bosques?
-
- 59** ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se presenten desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial, SI NO OCURRE pérdida del hábitat de algunas especies?
-
- 60** ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se presenten desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial, SI NO OCURRE desabastecimiento en la oferta hídrica?
-

HIPÓTESIS SIMPLES, CONDICIONADAS CON "SI" OCURRENCIA Y CONDICIONADAS CON "NO"

OCURRENCIA

N°

HIPOTESIS

- 61** ¿Qué tan probable es que, en 2025 en los bosques altoandinos de Colombia, se presenten desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial, SI NO OCURRE fortalecimiento de las medidas de control ambiental y la incorporación de escenarios de cambio climático?
- 62** ¿Qué tan probable es que en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia se fortalezcan las medidas de control e instrumentos de planificación SI NO OCURRE un aumento en el proceso de paramización del bosque?
- 63** ¿Qué tan probable es que en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia se fortalezcan las medidas de control e instrumentos de planificación SI NO OCURRE una disminución de la mitad de la cobertura vegetal de estos bosques?
- 64** ¿Qué tan probable es que en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia se fortalezcan las medidas de control e instrumentos de planificación SI NO OCURRE pérdida del hábitat de algunas especies?
- 65** ¿Qué tan probable es que en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia se fortalezcan las medidas de control e instrumentos de planificación SI NO OCURRE desabastecimiento en la oferta hídrica?
- 66** ¿Qué tan probable es que en 2030 en los bosques altoandinos de Colombia se fortalezcan las medidas de control e instrumentos de planificación SI NO OCURRE desastres naturales con muertes humanas que modifiquen la planeación territorial?

Fuente: Elaboración propia, 2021.