

MODELO DE ESTADO Y TENDENCIAS DE LA BIODIVERSIDAD PARA EL ÁREA DEL PROYECTO HIDROELECTRICO ITUANGO: MARCO CONCEPTUAL, METODOLÓGICO Y RESULTADOS

Convenio de Asociación CT-2015-001294 (15-121) para “Asociar recursos, capacidades y competencias interinstitucionales para fortalecer la gestión socioecológica con énfasis en el bosque seco tropical, la ordenación del territorio y el desarrollo sostenible en la zona de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango – Antioquia”

MARCELA PORTOCARRERO-AYA ¹

orcid.org/0000-0001-8772-1430

JHONATAN JULIAN DIAZ TIMOTÉ ²

orcid.org/0000-0002-1169-9799

Supervisor: Wilson Ramírez,
Coordinador Programa Gestión Territorial de la biodiversidad

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt,
Bogotá, D.C., 2017

¹ PhD, Investigadora Titular I - programa Gestión Territorial de la Biodiversidad, mportocarrero@humboldt.org.co

² Investigador Asistente 3 - programa Gestión Territorial de la Biodiversidad, jdiaz@humboldt.org.co

Modelo de estado y tendencias de la biodiversidad para el área del Proyecto Hidroeléctrico Ituango: Marco conceptual, metodológico y resultados. Informe técnico final = Model of the status and tendencies of the biodiversity in the area of operation of the Ituango Hydroelectric Power Project. Final technical report / Marcela Portocarrero-Aya y Julián Díaz-Timote -- Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2017.

243 p.: il.;

Incluye bibliografía, tablas, mapas, figuras

1. Biodiversidad – 2. Gestión ambiental 3. Proyecto Hidroeléctrico 4. Ituango – Antioquia - Colombia – 5. Informes técnicos I. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Catalogación en la fuente – Biblioteca Instituto Humboldt – Nohora Alvarado.

Como citar este documento:

Portocarrero-Aya, M. & J. Díaz. (2017). Modelo de Estado y Tendencias de la biodiversidad para el área del Proyecto Hidroeléctrico Ituango: Marco conceptual, metodológico y resultados. Informe Técnico Final. Convenio 15-121. Bogotá = Model of the status and tendencies of the biodiversity in the area of operation of the Ituango Hydroelectric Power Project. Final Technical Report. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

RESUMEN

El Proyecto Hidroeléctrico Ituango se constituye en el proyecto de generación de energía más grande del país, ubicado sobre el río Cauca y teniendo una influencia directa en 12 municipios del Departamento de Antioquia. El presente documento tiene como objetivo realizar la caracterización y análisis del territorio de influencia directa e indirecta del proyecto desde la perspectiva de sus componentes de biodiversidad y servicios ecosistémicos, para dar una guía para la gestión integral del territorio a la Empresa EPM y a otros gestores del mismo.

A partir de información secundaria tanto conceptual como cartográfica, se diseñó una metodología para el diseño de un Modelo de Estado y Tendencias de la biodiversidad. Este Modelo se compuso de un índice de riqueza de especies, un índice del estado de conservación del paisaje, un mapa de determinantes ambientales, la identificación de áreas de congregación de oferta de servicios ecosistémicos, y un índice de probabilidad de colapso de la biodiversidad, construido a partir de información sobre las amenazas y susceptibilidades del territorio. El resultado final es un mapa, asociado a una base de datos, con una salida de estrategias y usos del territorio, enfocados en la Preservación, Restauración y usos sostenible, al igual que se identifican las zonas productivas y urbanas.

Finalmente se plantearon tres escenarios de cambio para el área de estudio, con el fin de mostrar como la correcta o fallida implementación de obligaciones ambientales, y la gestión correcta del territorio, pueden tener un impacto en los componentes ambientales del área previamente evaluados.

Se espera que los resultados sean usados en su máximo por el Grupo Empresas Publicas de Medellín (EPM), desde el Proyecto Hidroelectrico Ituango, como una guía de planeación territorial que mejore las inversiones y el accionar de la empresa en un territorio tan complejo como lo es esta zona de Antioquia.

Palabras clave: Gestión ambiental, biodiversidad, proyecto hidroeléctrico, Ituango, Antioquia

ABSTRACT

The Ituango Hydroelectric Power Project is considered as the largest and most important energy generation project in Colombia, located on the Cauca River and with a direct influence on 12 municipal districts in the department of Antioquia. The current document aims to characterize and analyze the territory of influence from an environmental perspective, involving components of biodiversity and ecosystem services, to guide the role of the company (EPM) and other stakeholders in the study area.

Technical, conceptual and cartographic information was gathered and used to design a methodology to build a Model of the status and tendencies of the biodiversity in the territory. This Model is composed by an Index of species richness, index of the conservation status of the landscape, a map of environmental legal figures, the identification of areas of ecosystem services supply, and an index of the probability of collapse of the biodiversity. The result is a map associated to a database, with strategies and guidelines of how to use and intervene the territory (areas of preservation, restoration, sustainable use, production).

Finally, three scenarios were proposed to show how a proper or unsuccessful intervention of the territory by the company and other stakeholders might bring serious consequences to the local and regional biodiversity.

It is expected that the results can be used by EPM as an environmental planning tool for decision making purposes in this particular area of the country.

Keywords: Environmental planning, biodiversity, hydroelectric power project, Ituango, Antioquia

PAGINA DE CONTENIDOS

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN	15
Planteamiento del problema	17
Objetivos	19
Objetivo General	19
Objetivos Específicos	19
Justificación	19
Marco de referencial (o marco teórico)	20
Metodología y Resultados	¡Error! Marcador no definido.
Síntesis de la Propuesta del Marco Metodológico – Modelo de Estado	22
Componentes del Modelo de Estado y Tendencias de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos	23
1.1 Definición del área de alcance del modelo	23
Explicación de las Unidades de Análisis Territorial	26
2.1 Identificación de las variables caracterizadoras del área de influencia del proyecto:.....	35
3. Análisis para la caracterización y entendimiento del territorio de influencia del PHI (Metodología y Resultados preliminares).	36
INDICE DE RIQUEZA DE ESPECIES (especies terrestres)	36
Registros de Peces.....	38
ÍNDICE DE ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAISAJE	41
INDICE INTEGRADO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAISAJE	64
ÍNDICE DE PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD (ÍNDICE DE AMENAZA E ÍNDICE DE VULNERABILIDADES).....	67
ÁREAS “HOTSPOT” O DE CONCENTRACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	87
Servicios ecosistémicos por Unidad de Análisis Territorial.....	125
Servicios Ambientales vs. Probabilidad de colapso de la biodiversidad vs. SINAP .	142
COMPONENTE ESTADO LEGAL DEL TERRITORIO.....	152
1. Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP (Tomado de Hernández-Manrique et al. 2015).....	153
2. Sistema de Áreas Protegidas CorAntioquia	156
3. Reservas Forestales (Tomado de Hernández-Manrique et al. 2015)	158
4. Ecosistemas Estratégicos (Tomado de Hernández-Manrique et al. 2015) (Mapa 44)	160
5. Territorios Colectivos (Tomado de Hernández-Manrique et al. 2015)	162
MODELO DEL ESTADO DE LA BIODIVERSIDAD	168
Análisis estructural de las variables	206

Resultados asociados al análisis estructural de variables	206
Listado de variables y su descripción.....	206
Interacciones entre las variables.....	210
Identificación de las variables clave dentro del sistema	210
Generación de escenarios de cambio para el área de influencia del proyecto (y efectos en la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos)	219
<i>Escenario 1 – HAY CONSTRUCCIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA Y LA EMPRESA (EPM) CUMPLE CON LA COMPENSACIÓN AMBIENTAL OBLIGATORIA (17.000 ha) Y VOLUNTARIA Y HAY UNA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL TERRITORIO.....</i>	<i>220</i>
<i>Escenario 2 - HAY CONSTRUCCIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA Y LA EMPRESA (EPM) CUMPLE CON LA COMPENSACIÓN AMBIENTAL OBLIGATORIA (17.000 ha), SIN EMBARGO NO HAY UNA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL TERRITORIO..</i>	<i>220</i>
<i>Escenario 3 – HAY CONSTRUCCIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA Y LA COMPENSACIÓN AMBIENTAL OBLIGATORIA DE 17.000 ha. NO SE REALIZA DE LA MANERA CORRECTA Y SUMADO NO HAY UNA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL TERRITORIO.</i>	<i>221</i>
RESULTADOS ESCENARIOS.....	222
Índice del Estado de Conservación del paisaje.....	222
Índice de Probabilidad de colapso de biodiversidad.....	229
Conclusiones y discusión.....	233
Recomendaciones específicas	234
Bibliografía.....	238
ANEXO 1 Estrategias y tipos de uso del territorio de influencia del PHI.....	249
ANEXO 2 Análisis de la probabilidad de colapso para cuencas abastecedoras priorizadas en los 12 municipios de influencia del PHI	252

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1 Unidades de Análisis Territorial del área de influencia del PHI.....	25
Mapa 2 Unidades hidrobiológicas definidas a través del análisis de reinterpretación de las subzonas hidrográficas para la zona de estudio del PHI	28
Mapa 3 Distritos biogeográficos definidos para el área de estudio.....	31
Mapa 4 Biomas definidos para el área de estudio.....	34
Mapa 5 Riqueza relativa de especies terrestres A. Número de especies. B. Clasificación en cinco categorías según Natural Breaks (Jenks)	37
Mapa 6 Densidad de registros de especies	38
Mapa 7 Distribución potencial de Peces OdC en la Cuenca Magdalena-Cauca en el área de influencia del PHI	41
Mapa 8 Remanencia de coberturas naturales en el área de estudio del Modelo de Estado y tendencias de la biodiversidad	44
Mapa 9 Mapa de rareza ecosistémica en el área de estudio del Modelo de Estado y Tendencias de la Biodiversidad	49
Mapa 10 Representatividad de los ecosistemas en el SINAP para el área de estudio	53
Mapa 11 . Integridad ecológica del territorio	58
Mapa 12 Integridad Ecológica ponderada por Unidad de Análisis	59
Mapa 13 Tasa de Cambio para el área de estudio.....	62
Mapa 14 Tasa de Cambio ponderada por Unidad de Análisis para el área de estudio.....	63
Mapa 15 Índice del estado de conservación del paisaje en los municipios de influencia del PHI	65
Mapa 16 Probabilidad de colapso para el área del modelo de estado y tendencias de la biodiversidad	80
Mapa 17 Probabilidad de colapso de la biodiversidad para los municipios de influencia del PHI. En crema claro se resaltan los que presentan mayor porcentaje de su territorio en categoría de Muy Alta probabilidad de colapso.....	81
Mapa 18 Unidades de Análisis Territorial, con los mayores porcentajes de área bajo las categorías de Muy Alta y Alta probabilidad de colapso. En color crema se resaltan estas UAT: UA_3108: Zonobioma alternohígrico y/o subxerofítico en el Estrecho del Cauca; UA_3104: Orobioma con bosque andino y altoandino en el Estrecho Cauca; UA_3106: Orobioma con bosque subandino en Quindío-Antioquia en el Estrecho Cauca; UA_3071: Orobioma con bosque andino y altoandino en el alto Nechí de la cordillera central.	86
Mapa 19 Áreas de oferta hídrica	101
Mapa 20 Áreas de oferta hídrica en los 12 municipios de influencia directa del PHI	102
Mapa 21 Áreas de hábitat potencial para polinizadores.	105
Mapa 22 Áreas de hábitat potencial para polinizadores en los 12 municipios de influencia del PHI.....	106
Mapa 23 Áreas de provisión de alimentos	108

Mapa 24 Áreas de provisión de alimentos en los municipios de influencia directa del PHI	109
Mapa 25 Áreas de provisión de alimento y de hábitat potencial para polinizadores	110
Mapa 26 Áreas con potencial de regulación hídrica	112
Mapa 27 Áreas con potencial de regulación hídrica en los municipios de influencia directa del PHI.....	113
Mapa 28 Áreas de oferta y regulación hídrica	115
Mapa 29 Áreas de retención de sedimentos	117
Mapa 30 Áreas de retención de sedimentos en los municipios de influencia del PHI.....	118
Mapa 31 Áreas con aptitud de almacenamiento de carbono en biomasa.....	120
Mapa 32 Áreas con aptitud de almacenamiento de carbono en biomasa en los municipios de influencia del PHI	121
Mapa 33 Áreas de congregación de servicios ambientales en los 12 municipios de interés	122
Mapa 34 Áreas de congregación de servicios ambientales en los 12 municipios (resultados sin categorizar, donde 14 corresponde a las áreas de mayor importancia para la oferta de SE).....	123
Mapa 35 Unidades de Análisis que puntúan en la oferta hídrica superficial	126
Mapa 36 Unidades de Análisis que puntúan en la oferta de hábitat para polinizadores .	129
Mapa 37 Unidades de Análisis que puntúan en la oferta de alimento	132
Mapa 38 Unidades de Análisis que puntúan en la regulación hídrica.....	134
Mapa 39 Unidades de Análisis que puntúan en la retención de sedimentos	138
Mapa 40 Unidades de Análisis que puntúan en el almacenamiento de carbono	140
Mapa 41 Áreas del SINAP en la zona de estudio.....	155
Mapa 42 Áreas protegidas en la jurisdicción de corantioquia.....	157
Mapa 43 Zonas Forestales Protectoras - Decreto 2278 de 1953	159
Mapa 44 Ecosistemas Estratégicos	161
Mapa 45 Resguardos Indígenas en el área de estudio	163
Mapa 46 Territorios colectivos negros	165
Mapa 47 Compilación de los Determinantes Ambientales en el área de estudio.....	167
Mapa 48 Mapas finales de los componentes del MET. A. Riqueza alfa de especies; B. Estado de conservación del paisaje; C. Probabilidad de colapso de la biodiversidad; D. Áreas de congregación de servicios ambientales; E. Determinantes Ambientales; F: Conectividad funcional.....	169
Mapa 49 Estrategias de uso para el territorio en el área de estudio	172
Mapa 50 Lineamientos de uso para la gestión integral del territorio (la leyenda se presenta en la Tabla 18).....	175
Mapa 51 Estrategias para la gestión integral del territorio en los municipios de influencia directa del PHI	178

Mapa 52 Lineamientos de gestión del territorio del municipio de Briceño (para la leyenda ver figura 41)	180
Mapa 53 Lineamientos de gestión del territorio del municipio de Buriticá (para la leyenda ver figura 42)	182
Mapa 54 Lineamientos de gestión del territorio del municipio de Ituango (para la leyenda ver figura 43)	184
Mapa 55 Lineamientos de gestión del territorio del municipio de Liborina (para la leyenda ver figura 44)	186
Mapa 56 Lineamientos de gestión del territorio del municipio de Olaya (para la leyenda ver figura 45)	188
Mapa 57 Lineamientos de gestión del territorio del municipio de Peque (para la leyenda ver figura 46)	191
Mapa 58 Lineamientos de gestión del territorio del municipio de Sabanalarga (para la leyenda ver figura 47)	193
Mapa 59 Lineamientos de gestión del territorio del municipio de San Andrés de Cuerquia (para la leyenda ver figura 48)	195
Mapa 60 Lineamientos de gestión del territorio del municipio de Santa fé de Antioquia (para la leyenda ver figura 49)	196
Mapa 61 Lineamientos de gestión del territorio del municipio de Toledo (para la leyenda ver figura 50)	198
Mapa 62 Lineamientos de gestión del territorio del municipio de Valdivia (para la leyenda ver figura 51)	200
Mapa 63 Lineamientos de gestión del territorio del municipio de Yarumal (para la leyenda ver figura 52)	202
Mapa 64 Remanencia ecosistémica para A: Escenario actual; B: Escenario 1; C: Escenario 2 y D: Escenario 3	223
Mapa 65 Tasa de cambio para A. El estado actual (2007-2012), el Escenario, B. Escenario 1, C. Escenario 2, D. Escenario 3.	225
Mapa 66 Tasa de cambio para A: el escenario actual (2007-2012); B: Escenario 1, C. Escenario 2, D. Escenario 3.....	226
Mapa 67 Índice de probabilidad de colapso de la biodiversidad para A. Escenario actual, B. Escenario 1, C. Escenario 2, D. Escenario 3.	228
Mapa 68 Escenarios de cambios en la integridad ecológica del territorio para el área de influencia directa del PHI	229
Mapa 69 Índice de probabilidad de colapso de la biodiversidad: ESTADO ACTUAL	230
Mapa 70 índice de la probabilidad de colapso de la biodiversidad: ESCENARIO 1	231
Mapa 71 Índice de la probabilidad de colapso: ESCENARIO 2.....	231
Mapa 72 Índice de la probabilidad de colapso: ESCENARIO 3.....	232
Mapa 73 Cuencas abastecedoras y su respectiva prioridad de intervención	257
Mapa 74 Cuencas abastecedoras de Buriticá y su respectiva categoría de intervención.....	258

Mapa 75 Cuencas abastecedoras del municipio de Giraldo y su respectiva categoría de intervención	259
Mapa 76 Cuencas abastecedoras de Yarumal y su respectiva categoría de intervención	260

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Síntesis del problema	18
Figura 2 Componentes del Modelo de Estado y Tendencias de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos	22
Figura 3 Extensión de las Unidades de Análisis Territorial (en hectáreas)	24
Figura 4 Leyenda del mapa de Unidades de Análisis Territorial.....	26
Figura 5 Leyenda del mapa de Distritos Biogeográficos	32
Figura 6 Porcentaje del área de estudio bajo cada una de las categorías de Remanencia	43
Figura 7 Porcentaje de área para el territorio del MET y su respectiva categoría de Rareza	48
Figura 8 Valores porcentuales de Integridad ecológica total en el área de estudio	57
Figura 9 Índices que componen el índice del estado del paisaje para cada una de las unidades de análisis. los valores del eje Y, corresponden a las categorías de 1: Muy Baja, 2: Baja, 3 Media, 4 Alta y 5 Muy Alta. Para el caso de Representatividad (A): 0. Sin Vacío, 1. Omisión, 2. Muy Alta Insuficiencia, 3. Alta Insuficiencia, 4. Insuficiencia, 5. Baja Insuficiencia.....	66
Figura 10 Porcentajes de cada una de las categorías de probabilidad de colapso para los municipios de influencia del phi. Se muestra el Total general para los 16 Municipios	83
Figura 11 Porcentajes de las categorías de probabilidad de colapso para cada una de las unidades de análisis territorial.....	84
Figura 12 Porcentajes de Oferta hídrica en cada una de las Unidades de Análisis Territorial y su respectivo valor de Remanencia de coberturas naturales.....	127
Figura 13 Porcentajes de áreas de hábitat potencial para polinizadores en cada una de las Unidades de Análisis Territorial y su respectivo valor de Remanencia de coberturas naturales.....	130
Figura 14 Porcentajes de áreas de oferta de alimento en cada una de las Unidades de Análisis Territorial y su respectivo valor de Remanencia de coberturas naturales	131
Figura 15 Porcentajes de áreas de regulación hídrica en cada una de las Unidades de Análisis Territorial y su respectivo valor de Remanencia de coberturas naturales	135
Figura 16 Porcentajes de áreas de retención de sedimentos en cada una de las Unidades de Análisis Territorial y su respectivo valor de Remanencia de coberturas naturales	137
Figura 17 Porcentajes de áreas de almacenamiento de carbono en cada una de las Unidades de Análisis Territorial y su respectivo valor de Remanencia de coberturas naturales.....	141

Figura 18 Porcentaje del territorio con potencialidad de prestación del servicio de oferta hídrica (Baja, Media, Alta), bajo cada una de las categorías de probabilidad de colapso (Muy Alta, Alta, Media, Baja, Muy Baja).....	142
Figura 19 Porcentaje del territorio con oferta hídrica dentro y fuera del SINAP bajo alguna categoría de Probabilidad de Colapso de la biodiversidad.....	143
Figura 20 Porcentaje del territorio con potencial de ser hábitat para polinizadores (Bajo, Medio, Alto), bajo cada una de las categorías de probabilidad de colapso (Muy Alta, Alta, Media, Baja, Muy Baja).....	143
Figura 21 Porcentaje del territorio con potencialidad de ser hábitat de polinizadores dentro y fuera del SINAP bajo alguna categoría de Probabilidad de Colapso de la biodiversidad.	144
Figura 22 Porcentaje del territorio para provisión de alimento (Baja, Media, Alta), bajo cada una de las categorías de probabilidad de colapso (Muy Alta, Alta, Media, Baja, Muy Baja).....	145
Figura 23 Porcentaje del territorio para la provisión de alimento dentro y fuera del SINAP bajo alguna categoría de Probabilidad de Colapso de la biodiversidad.....	145
Figura 24 Porcentaje del territorio para la regulación hídrica (Baja, Media, Alta), bajo cada una de las categorías de probabilidad de colapso (Muy Alta, Alta, Media, Baja, Muy Baja).	146
Figura 25 Porcentaje del territorio para la regulación hídrica dentro y fuera del SINAP bajo alguna categoría de Probabilidad de Colapso de la biodiversidad.	147
Figura 26 Porcentaje del territorio para la retención de sedimentos (Baja, Media, Alta), bajo cada una de las categorías de probabilidad de colapso (Muy Alta, Alta, Media, Baja, Muy Baja).	147
Figura 27 Porcentaje del territorio para retención de sedimentos dentro y fuera del SINAP bajo alguna categoría de Probabilidad de Colapso de la biodiversidad.....	148
Figura 28 Porcentaje del territorio para el almacenamiento de carbono (Bajo, Medio, Alto), bajo cada una de las categorías de probabilidad de colapso (Muy Alta, Alta, Media, Baja, Muy Baja).	149
Figura 29 Porcentaje del territorio para el almacenamiento de carbono aéreo dentro y fuera del SINAP bajo alguna categoría de Probabilidad de Colapso de la biodiversidad.	149
Figura 30 Porcentaje del territorio que presta un determinado servicio ambiental, tanto fuera como dentro del SINAP.	150
Figura 31 Porcentaje del territorio dentro y fuera del SINAP con prestación de servicios ambientales.	151
Figura 32 Porcentaje del territorio dentro y fuera de cada una de las categorías del SINAP con prestación de servicios ambientales.....	151
Figura 33 Porcentaje del territorio con prestación de servicios ambientales dentro y fuera del SINAP bajo alguna categoría de Probabilidad de Colapso de la biodiversidad.	152

Figura 34 Probabilidad de colapso de la biodiversidad (Muy ALta, Alta, Media, Baja, Muy Baja) en las áreas del SINAP y fuera de él	154
figura 35 leyenda del mapa de Áreas Protegidas de corantioquia.....	158
Figura 36 Componentes del Modelo de Estado y Tendencia de la Biodiversidad	168
Figura 37 Estrategias de uso del territorio en el área de influencia del PHI.....	171
Figura 38 Porcentaje de ocupación de los lineamientos para la gestión integral del territorio (el porcentaje corresponde al total dentro de cada estrategia).....	174
Figura 39 Porcentaje de cada categoría de Uso del territorio de los municipios de Briceño, Buriticá, Ituango, Liborina, Olaya y Peque.	177
Figura 40 Porcentaje de cada categoría de Uso del territorio de los municipios de Sabanalarga, San Andrés de Cuerquia, Santa fé de Antioquia, Toledo, Valdivia y Yarumal.	177
Figura 41 Estrategias y tipos de uso del territorio para la gestión integral del municipio de Briceño	179
Figura 42 Estrategias y tipos de uso del territorio para la gestión integral del municipio de Buriticá	181
Figura 43 Estrategias y tipos de uso del territorio para la gestión integral del municipio de Ituango	183
Figura 44 Estrategias y tipos de uso del territorio para la gestión integral del municipio de Liborina.....	185
Figura 45 Estrategias y tipos de uso del territorio para la gestión integral del municipio de Olaya	187
Figura 46 Estrategias y tipos de uso del territorio para la gestión integral del municipio de Peque	189
Figura 47 Estrategias y tipos de uso del territorio para la gestión integral del municipio de Sabanalarga	191
Figura 48 Estrategias y tipos de uso del territorio para la gestión integral del municipio de San Andrés de Cuerquia.....	193
Figura 49 Estrategias y tipos de uso del territorio para la gestión integral del municipio de Santafé de Antioquia.....	195
Figura 50 Estrategias y tipos de uso del territorio para la gestión integral del municipio de Toledo	197
Figura 51 Estrategias y tipos de uso del territorio para la gestión integral del municipio de Valdivia	199
Figura 52 Estrategias y tipos de uso del territorio para la gestión integral del municipio de Yarumal	201
Figura 53 Tipos de uso del territorio para las diferentes Unidades de Análisis territorial (I)	205
Figura 54 Tipos de uso del territorio para las diferentes Unidades de Análisis territorial (II)	205

Figura 55 Mapa de influencia y dependencia de algunas variables estructurales del sistema en el área de influencia del PHI. El cuadrante superior izquierdo corresponde a las variables de entrada y el cuadrante superior derecho al de variables de salida.	212
Figura 56 Gráfica de influencia de variables de entrada y salida principales para el sistema del PHI. En rojo se presenta una relación fuerte entre variables y en azul relativamente fuerte, en gris intermitente se presenta una relación débil entre variables. En círculos naranjas las variables independientes e influyentes, en círculos verdes las variables dependientes identificadas como estructurantes del sistema.....	213
Figura 57 Gráfica de relación entre variables y su nivel de influencia (solo se muestra el 10% de las relaciones). En rojo se presenta una relación fuerte entre variables. En círculos verdes las variables dependientes.....	214
Figura 58 Mapa de influencia y dependencia de algunas variables estructurales del sistema en el área de influencia del PHI (no se incluyeron los Determinantes ni las políticas Ambientales).....	216
Figura 59 Gráfica de relación entre variables y su nivel de influencia (solo se muestra el 10% de las relaciones). En rojo se presenta una relación fuerte entre variables. No se incluyen las variables de Determinantes y Políticas Ambientales. Los círculos naranja las variables independientes e influyentes, en los círculos verdes se representan a variables dependientes reconocidas como estructurantes, en círculos azules otras variables dependientes de aquellas dentro de los círculos verdes y naranjas.....	217
Figura 60 Figura que muestra las relaciones entre las variables dependientes. En círculos verdes las variables dependientes estructurantes y en círculos azules las variables dependientes de estas estructurantes. Las flechas rojas muestran relaciones fuertes entre variables y las flechas azules, muestran relaciones moderadas entre variables.....	218
Figura 61 Remanencia ecosistémica para cada Unidad de Análisis Territorial. Rem 0: Estado actual; Rem 1: Escenario 1; Rem 2: Escenario 2; Rem 3: Escenario 3.	224
Figura 62 Tasa de cambio (%) para cada una de las UAT en cada uno de los escenarios. Cambio 0 (Escenario actual 2007-2012), Cambio 1 (Escenario 1), Cambio 2 (Escenario 2), Cambio 3 (Escenario 3).	227
Figura 63 Número de cuencas abastecedoras priorizadas por Municipio del área de influencia del PHI.....	252

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Unidades de Análisis Territorial para el área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango - PHI	23
Tabla 2 Especies de peces objeto de conservación para el área de interés	39
Tabla 3 Cálculos para asignar valores de rareza (ejemplo)	46
Tabla 4 Valores obtenidos para el cálculo de unicidad o rareza.....	46

Tabla 5 Composición de las Unidades de Análisis Territorial del Páramo (según su Ecoregión)	47
Tabla 6 Valores y categorías de la Representatividad ecosistémica en el área de estudio	51
Tabla 7 Clasificación de los grupos A y B	55
Tabla 8 Rangos de clasificación de la Integridad ecológica	56
Tabla 9 Porcentaje del territorio que ha sufrido un cambio en sus coberturas naturales del 2007 al 2012 en los municipios de influencia del PHI.....	61
Tabla 10 Variables de Amenaza para la construcción de un Índice de Probabilidad de Colapso * **	69
Tabla 11 Variables de Vulnerabilidad para la construcción de un Índice de Probabilidad de Colapso	73
Tabla 12 Interacción entre Amenazas (motores de transformación) y Vulnerabilidades para el territorio del PHI	76
Tabla 13 Porcentaje del territorio de cada uno de los municipios de influencia del phi bajo cada una de las categorías de probabilidad de colapso de la biodiversidad. los datos corresponden a valores porcentuales	82
Tabla 14 Porcentaje del territorio de cada una de las unidades de análisis territorial bajo cada una de las categorías de probabilidad de colapso de la biodiversidad. Los datos corresponden a valores porcentuales	85
Tabla 15 Variables utilizadas para la identificación de áreas de suministro de servicios ambientales	89
Tabla 17 Estrategias y tipos de uso del territorio.....	171
Tabla 18 Leyenda del mapa de Estrategias y Tipos de uso para la gestión integral del territorio (Mapa 65).	176
Tabla 19 Variables utilizadas en el análisis estructural	206
Tabla 20 Municipios y sus respectivas cuencas abastecedoras bajo las diferentes categorías de probabilidad de colapso de la biodiversidad	254
Tabla 21 Municipios y sus respectivas veredas con cuencas abastecedoras en áreas de probabilidad de colapso muy alta, alta y media (I).	255
Tabla 22 Municipios y sus respectivas veredas con cuencas abastecedoras en áreas de probabilidad de colapso muy alta, alta y media (I).	256

INTRODUCCIÓN

La Planeación territorial es entendida como la organización en el terreno de actividades humanas y el mantenimiento del ambiente con el objetivo de crear socio-ecosistemas óptimos y paisajes culturales (Kavaliauskas 1994; Nichersu & Lacoboaea 2011). Se cree que la correcta integración de diferentes factores (bióticos, abióticos, sociales, económicos, culturales, etc), dependerá del entendimiento del territorio como un sistema, con jerarquías, y manteniendo un balance en la definición de metas y objetivos específicos. Según, Kavaliauskas (1994) un manejo integrado del territorio será congruente si integra aspectos del desarrollo socioeconómico, el uso de la naturaleza, el mantenimiento del paisaje. Y este será la respuesta a las mismas problemáticas que surgen por el uso del territorio. La Planeación territorial pretende adelantarse en el tiempo para mantener un territorio saludable y en equilibrio, mediante la organización de las actividades productivas, infraestructura, mantenimiento del capital natural, etc. a través de los años. Es por esta razón que se presenta en este documento el **Modelo de Estado y Tendencias de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (MET) para el área de influencia del Proyecto hidroeléctrico Ituango en el departamento de Antioquia**, donde además de exponer la metodología para su construcción se presenta el territorio desde diferentes perspectivas y caracterizaciones ambientales, como una base de información sólida y completa para la empresa y los demás tomadores de decisión que tengan injerencia sobre este territorio.

El MET se formula a partir de un modelo conceptual, más que de un modelo matemático riguroso. Sin embargo, se sustenta en algoritmos sencillos que se expresan en salidas cartográficas y de datos a partir de un sistema de información geográfico (ArcGis). Este modelo es transparente, replicable y de fácil comprensión.

Los modelos y escenarios de cambios, ya sean cuantitativos o cualitativos, pretenden ser una base para apoyar la gestión integral del territorio (IPBES 2016), y pretenden ser más allá de una zonificación, o de identificar unidades geográficamente explícitas que representen la funcionalidad de los ecosistemas (Armenteras *et al.* 2016), sus motores de transformación y su estado de conservación, dar herramientas que permitan la formulación de estrategias y lineamientos de gestión útiles para la empresa (Grupo EPM), y los demás tomadores de decisión con injerencia en el territorio. Este MET es formulado y construido teniendo en cuenta la visión del territorio y la manera en que el Grupo EPM actúa en él. Esto permitirá que el uso que se le dé al Modelo sea apropiado y guíe de la mejor manera las acciones de la empresa en los años venideros.

Las tendencias globales, y economías nacionales, regionales y locales modelan la manera como los usuarios de la biodiversidad actúan. Las amenazas a los ecosistemas y por ende a los servicios que estos ofrecen, son el resultado de motores de cambios externos e internos relacionados con patrones de desarrollo económico y social que buscan satisfacer necesidades humanas como alimento, recreación, hábitat, agua limpia y otras (Portocarrero-Aya 2012). Y es por esto importante entender que su origen muchas veces puede estar más allá de las áreas puntuales o locales de uso de los recursos.

Por otra parte, los daños ambientales asociados a las represas entran a ser parte de muchos de los daños o afectaciones que tiene la biodiversidad en el territorio, áreas intervenidas por minería, agricultura y ganadería, además del desarrollo vial y crecimiento urbano, son otras de las amenazas que enfrentan los territorios con presencia de proyectos hidroeléctricos. Por esta razón es indispensable adelantarnos en el tiempo y poder identificar posibles escenarios de cambio que se puedan presentar en el territorio, y esto se logra identificando esos elementos del sistema suficientemente sensibles que permitan dar señales de alerta antes cambios antrópicos y climáticos.

El entendimiento del sistema, sus componentes e interacciones, es clave para la identificación de estos escenarios que puedan jugar roles importantes en el momento de la formulación e implementación y cumplimiento de políticas, planes y programas para el uso sostenible del territorio, además de dar alertas tempranas en cuanto a la pérdida de biodiversidad y la prestación de servicios ecosistémicos; todo esto de manera informada y con información sólida de base.

En este documento se presente mostrar la situación actual de la biodiversidad y el territorio del área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico de Ituango - PHI, caracterizando el sistema a partir de sus componentes: composición (especies, ecosistemas), estructura (remanencia de coberturas, rareza, amenazas, susceptibilidades) y función (servicios ambientales), tanto de manera individual como integrada, además de presentar unos posibles escenarios de cambio, para el entendimiento del área ante una realidad histórica, actual y futura de transformación, intervención y cambio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A continuación se presenta de manera resumida, un análisis sintético de la problemática ambiental que tiene lugar en la zona de estudio y a la que se le suman el PHI y nuevos procesos como el del posconflicto (Figura 1). Este análisis se lee de abajo hacia arriba. En la parte central se plantea el problema, en la parte inferior en casillas de color las amenazas generales que afectan a la zona y en la parte superior los respectivos impactos de estas amenazas para la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.

El Modelo de Estado y Tendencias de la Biodiversidad, pretende visibilizar no solo las áreas de conflicto sino las soluciones al mismo, a partir de la interpretación del territorio, su entendimiento y la generación de estrategias y lineamientos para la su gestión integral.

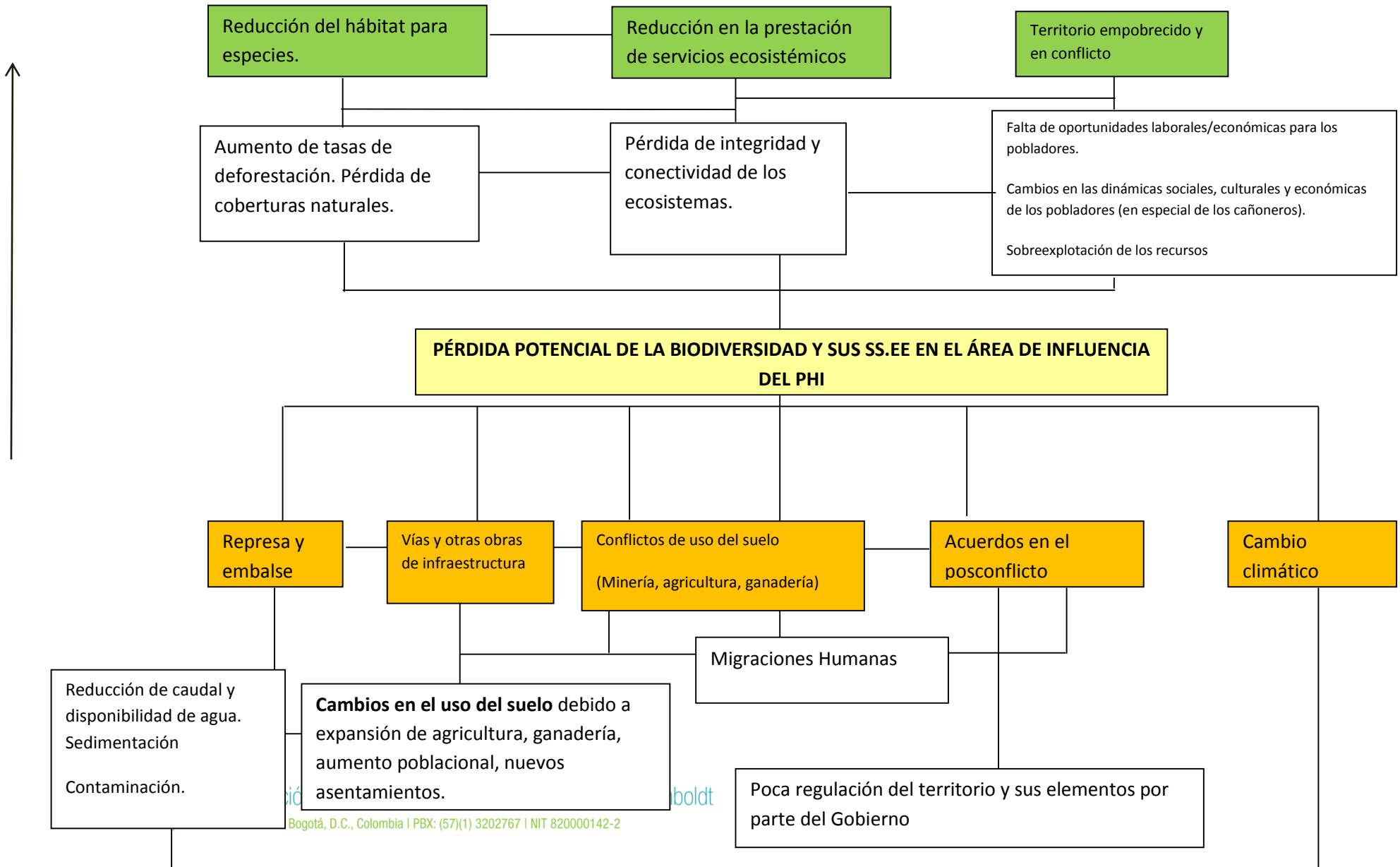


FIGURA 1 SÍNTESIS DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

Objetivo General

Construir un Modelo conceptual y espacial del Estado y Tendencias de cambio de la biodiversidad en el área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango.

Objetivos Específicos

1. Caracterizar el territorio de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango a partir de componentes de riqueza de especies, coberturas de la tierra, determinantes ambientales y áreas de oferta de servicios ecosistémicos.
2. Generar un Índice de Probabilidad de colapso de la biodiversidad para el área de estudio.
3. Construir tres escenarios de posible cambio para el área de estudio enfocados en la correcta o deficiente gestión de la biodiversidad por parte de la Empresa y otros actores del territorio.

JUSTIFICACIÓN

Son sabidos los pasivos históricos de la zona del Proyecto Hidroeléctrico Ituango PHI en asuntos de índole social, ambiental, económica, política e institucional, déficits que deben ser atendidos por las diferentes instituciones locales, regionales y nacionales que pueden contribuir con el bienestar de la población y el desarrollo humano sostenible.

Aunque el Proyecto Hidroeléctrico Ituango juega un papel significativo en la dinamización de la zona, no es agente único en su desarrollo, pero sí puede y debe generar un direccionamiento estratégico territorial con impactos positivos hacia el corto, mediano y largo plazo. En este sentido, la integración del Proyecto al territorio contribuye a las dinámicas del desarrollo regional, como un aporte a la generación mayores oportunidades para sus habitantes.

Desde el principio de sostenibilidad, el Proyecto debe buscar la integración regional, subregional y local, convocando a la participación ciudadana y aprovechando los recursos humanos y naturales del territorio. Por ello se ha considerado que esta intervención sería una oportunidad única para favorecer el desarrollo de las estructuras institucional y territorial en la zona de influencia del mismo.

Establecer estrategias de planeación, gestión y articulación del desarrollo territorial desde un modelo que integra las escalas de la zona de influencia del proyecto es, al menos, una perspectiva de intervención positiva que busca afrontar dificultades y retos como:

- Superar la situación de territorios desestructurados, fragmentados, desintegrados, disfuncionales, desequilibrados, degradados, sin mayor cohesión social, hacia una nueva geografía integrada del sistema subregional del departamento y el país.
- Establecer más que intervenciones sectoriales, aisladas e ineficientes, transformaciones territoriales estratégicas dialogantes y con impacto e incidencia efectiva en las condiciones de integración, dinámica, sostenibilidad, seguridad, regulación y oportunidades del sistema territorial que contiene el Proyecto.
- Orientar, diseñar y enfocar procesos de cambio que se materialicen en programas y proyectos coherentes con un enfoque estratégico de desarrollo del sistema territorial.

En términos concretos, el Modelo de Estado y Tendencias de la biodiversidad es un instrumento que permite establecer los lineamientos estratégicos ambientales para la gestión integral del territorio y sus componentes en el marco del Proyecto Hidroeléctrico, con una visión regional y de pasaje que sobrepasa la visión restringida de un área de influencia directa (área del embalse y municipios colindantes), y que permitirá a la empresa y otros gestores del territorio tener elemento técnico-científicos para la toma de decisiones informada para sus inversiones ambientales voluntarias y obligatorias (Compensaciones ambientales, Inversión del 1%).

Desde el punto de vista metodológico, el Modelo de Estado y Tendencias de la biodiversidad es resultado de ejercicios de planeación ambiental y de una caracterización innovadora del territorio a partir de índices de estado de conservación del paisaje, riqueza de especies, oferta de servicios ambientales y probabilidad de colapso de la biodiversidad. Este proyecto se enmarca en y responde a la Línea de Investigación 17, de Restauración Ecológica del Programa de Gestión Territorial de la biodiversidad.

MARCO DE REFERENCIAL (O MARCO TEÓRICO)

La Planeación territorial es entendida como la organización en el terreno de actividades humanas y el mantenimiento del ambiente con el objetivo de crear un socio-ecosistema óptimo y paisajes culturales (Kavaliauskas 1994; Nichersu & Iacoboaea 2011). Se cree que la correcta integración de diferentes factores (bióticos, abióticos, sociales, económicos, culturales, etc), dependerá del entendimiento del territorio como un sistema, con jerarquías, y manteniendo un balance en la definición de metas y objetivos específicos. Según, Kavaliauskas (1994) un manejo integrado del territorio será congruente si integra aspectos

del desarrollo socioeconómico, el uso de la naturaleza, el mantenimiento del paisaje. Y este será la respuesta a las mismas problemáticas que surgen por el uso del territorio.

Un Modelo de Estado y tendencias de la biodiversidad (MET) se considera una herramienta para la planeación territorial y la gestión adecuada del territorio, donde para este caso, se formula a partir de un modelo conceptual, más que de un modelo matemático riguroso. Sin embargo, se sustenta en algoritmos sencillos que se expresan en salidas cartográficas y de datos a partir de un sistema de información geográfico (ArcGis). Este modelo es transparente, replicable y de fácil comprensión.

Escenarios de cambio:

Escenario: se entiende como “representaciones de futuros posibles para uno o más componentes de un sistema. (...) los escenarios ocurren al haber cambios en los motores de transformación que afectan la naturaleza y/o sus beneficios, o transformaciones en las políticas o planes de manejo de la naturaleza...” (IPBES 2016).

Un beneficio de proponer escenarios es que es posible dilucidar como los diferentes actores con injerencia en el territorio pueden contribuir a alcanzar las metas de país (Aichi, 20-20, ODS, PNGIBSE), a reducir la pobreza, entre otros, al igual que es posible entender cuáles son esas variables sensibles y determinantes, y su importancia dentro de la formulación de estrategias de gestión integral del territorio, y su incidencia a corto, mediano o largo plazo.

Los modelos y escenarios de cambios, ya sean cuantitativos o cualitativos, pretenden ser una base para apoyar la gestión integral del territorio (IPBES 2016), y pretenden ser más allá de una zonificación, o de identificar unidades geográficamente explícitas que representen la funcionalidad de los ecosistemas (Armenteras et al. 2016), sus motores de transformación y su estado de conservación, dar herramientas que permitan la formulación de estrategias y lineamientos de gestión útiles para la empresa (Grupo EPM), y los demás tomadores de decisión con injerencia en el territorio. Este MET es formulado y construido teniendo en cuenta la visión del territorio y la manera en que el Grupo EPM actúa en él. Esto permitirá que el uso que se le dé al Modelo sea apropiado y guíe de la mejor manera las acciones de la empresa en los años venideros.

SÍNTESIS DE LA PROPUESTA DEL MARCO METODOLÓGICO – MODELO DE ESTADO

El Modelo de Estado y Tendencias de la Biodiversidad propuesto se construirá a partir de la interacción de diferentes índices y variables que podrán caracterizar el área de estudio (Figura 1). Este Modelo articula e integra información respecto a las especies de fauna y flora que lo componen, el estado actual e histórico de las coberturas de la tierra, el estado de sus ecosistemas respecto a su representatividad en el sistema nacional de áreas protegidas (SINAP), los motores de transformación antrópicas y climáticos que lo vienen modificando, sus susceptibilidades a eventos de riesgo y su relación con las probabilidades de colapso de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos en el territorio (Figura 2). El modelo pretende mostrar de manera separada y detallada cada uno de estos aspectos, pero a su vez los mostrará de manera integrada, donde se permita evidenciar un MODELO ESPACIAL PARA LA GESTIÓN TERRITORIAL que dé a los diferentes actores con jurisdicción en el territorio información suficiente para la toma de decisiones informada.

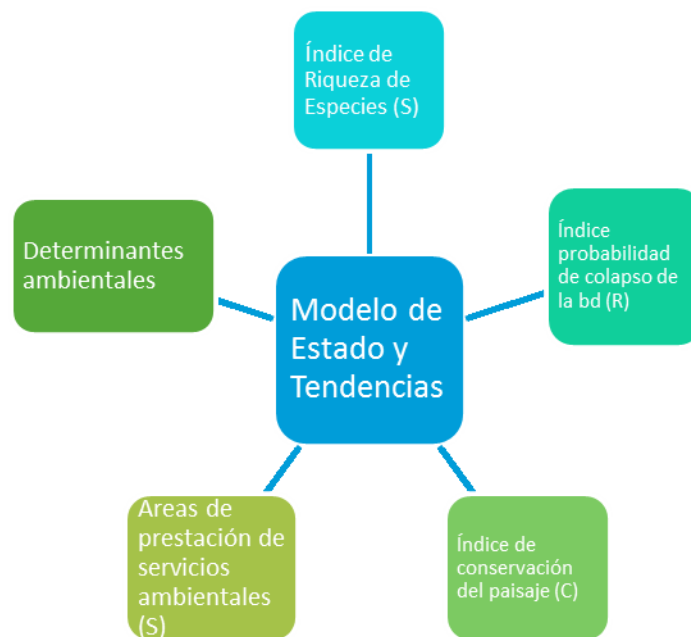


FIGURA 2 COMPONENTES DEL MODELO DE ESTADO Y TENDENCIAS DE LA BIODIVERSIDAD Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Componentes del Modelo de Estado y Tendencias de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos.

1.1 Definición del área de alcance del modelo

Teniendo en cuenta que los límites político-administrativos del país no tienen ninguna coherencia respecto a integridad y representatividad ecosistémica, y que tanto ecosistemas como especies y los servicios ecosistémicos que estos prestan no se encuentran asociados a dichos límites, se decidió utilizar la aproximación de Unidades de Análisis Territorial (UAT) propuesta por Portocarrero-Aya et al. (2014). Como área de estudio para la elaboración del Modelo de Estado y Tendencias de la biodiversidad, se toman las UA que atraviesan los 12 municipios de influencia del Proyecto Hidroeléctrico de Ituango (PHI) (Tabla 1; Mapa 1; Figura 3 y 4).

TABLA 1 UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO - PHI

COD_UA	No.	Unidad de Análisis	Área (ha)
UA_3071	1	Orobioma con bosque andino y altoandino en el alto Nechí de la cordillera Central	271.169,28
UA_3104	2	Orobioma con bosque andino y altoandino en el estrecho Cauca	89.363,61
UA_3080	3	Orobioma con bosque andino y altoandino noroccidentales de la cordillera Occidental	247.604,87
UA_3105	4	Orobioma con bosque andino y altoandino orientales del estrecho Cauca de la cordillera Occidental	110.516,13
UA_3072	5	Orobioma con bosque subandino oriental del alto Nechí cordillera Central	317.511,54
UA_3106	6	Orobioma con bosque subandino en Quindío - Antioquia en el Estrecho Cauca	173.158,83
UA_3107	7	Orobioma con bosque subandino oriental de la cordillera Occidental	267.467,94
UA_3091	8	Orobioma con bosque subandino en Sinú - San Jorge	141.724,80
UA_3003	9	Páramo de Belmira	10.534,23
UA_3013	10	Páramo de Frontino - Urao	13.916,25
UA_3025	11	Páramo de Paramillo	6.635,52
UA_3108	12	Zonobioma alternohigrico y/o subxerofítico en el Estrecho del Cauca	156.310,56
UA_1025	13	Zonobioma húmedo del valle de los ríos Sinú y San Jorge	302.483,16
UA_3110	14	Zonobioma húmedo valle en el Cañón del Cauca	46.659,69

UA_3129	15	Zonobioma húmedo del valle del río Magdalena en Nechí	247,832,1
UA_3109	16	Zonobioma húmedo del valle del río Magdalena en Sinú - San Jorge	96.344,10
UA_3082	17	Orobioma con bosque subandino noroccidentales de la cordillera Occidental del bajo Atrato	316.494,36
Total			

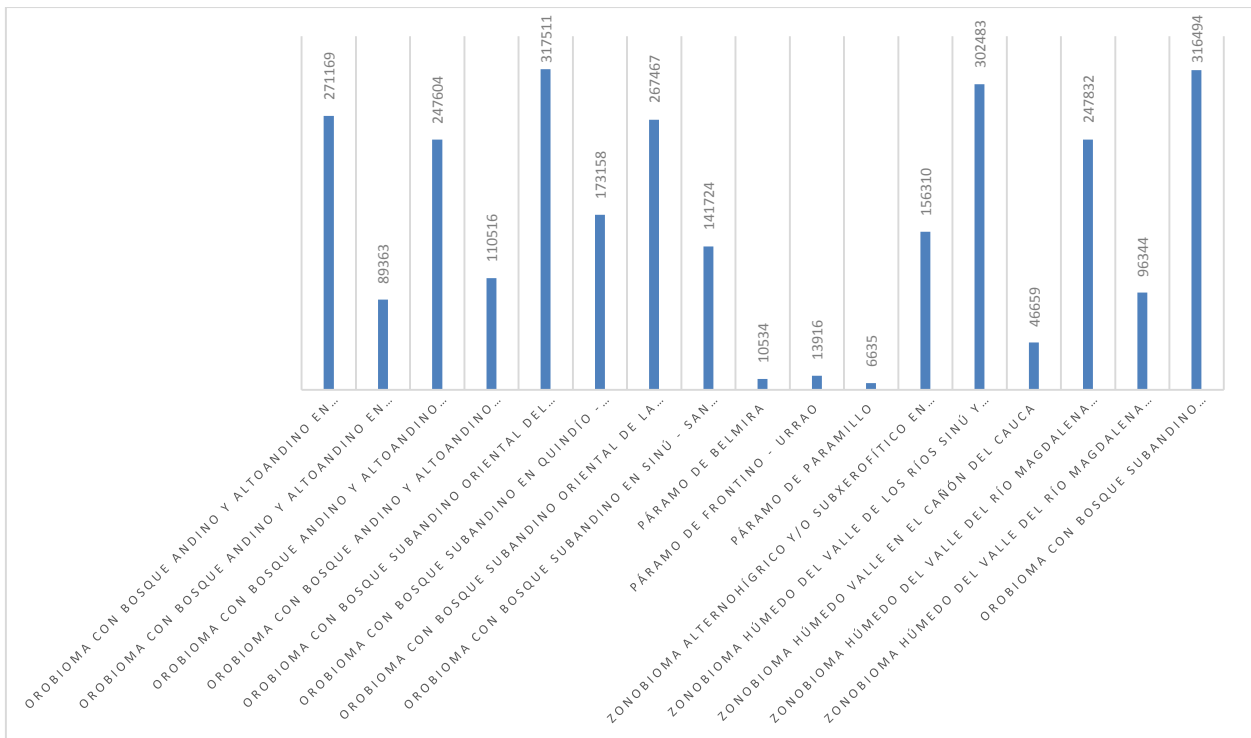
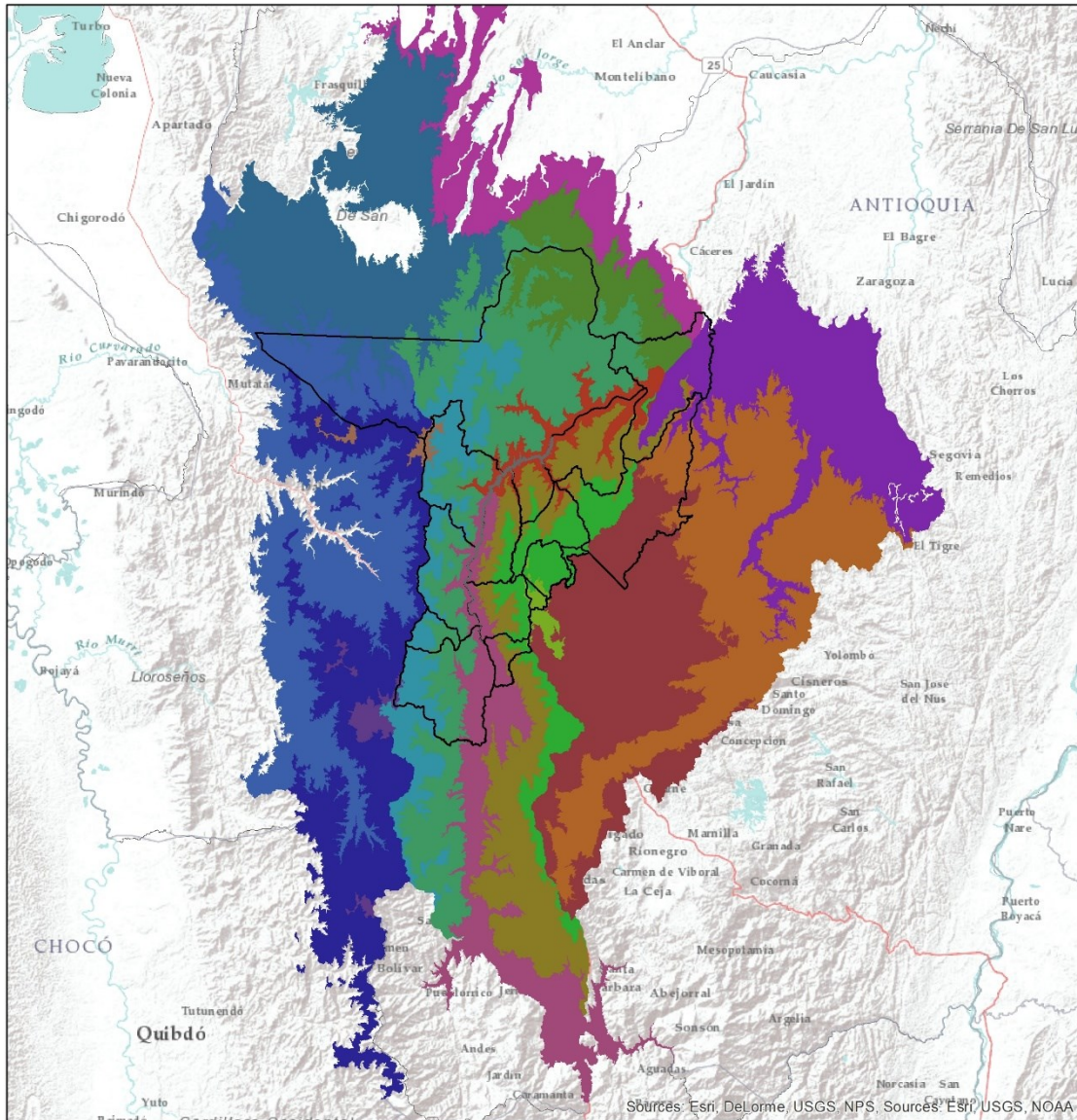


FIGURA 3 EXTENSIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL (EN HECTÁREAS)



LEYENDA	MODELO DE INTEGRACIÓN TERRITORIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO	MAPAS CONTEXTO
<p>UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Orobioma con bosque andino y altoandino en el alto Ituango de la cordillera Central ■ Orobioma con bosque andino y altoandino en el estrecho Cauca ■ Orobioma con bosque andino y altoandino noroccidentales de la cordillera Occidental ■ Orobioma con bosque andino y altoandino orientales del estrecho Cauca de la cordillera Occidental ■ Orobioma con bosque subandino en Quindío - Antioquia en el Estrecho Cauca ■ Orobioma con bosque subandino en Simón - San Jorge ■ Orobioma con bosque subandino noroccidentales de la cordillera Occidental del bajo Atrato ■ Orobioma con bosque subandino oriental de la cordillera Occidental ■ Orobioma con bosque subandino oriental del alto Ituango cordillera Central ■ Páramo de Bemira ■ Páramo de Frontón - Urao ■ Páramo de Paramillo ■ Zonobioma alteroaltiglícola y/o subterofítico en el Estrecho del Cauca ■ Zonobioma húmedo del valle de los ríos Sirú y San Jorge ■ Zonobioma húmedo del valle del río Magdalena en Nechí ■ Zonobioma húmedo del valle del río Magdalena en Simón - San Jorge ■ Zonobioma húmedo valle en el cañón del Cauca 	<p>epm INSTITUTO HUMBOLDT COLOMBIA grupo HTM</p> <p style="text-align: center;">N W —+— E S</p> <p>FUENTE: IGAC, EPM, VON HUMBOLDT</p>	<p>MAPAS CONTEXTO</p> <p>MAGNA_Colombia_Ceste Proyección: Transversal_Mercator Falso_Este: 1000000.0 Falso_Northing: 1000000.0 Meridiano Central: -77,07760791686666 Origen de Latitud: 4,596200416866666</p>

MAPA 1 UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PHI

UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL

- Orobioma con bosque andino y altoandino en el alto Nechí de la cordillera Central
- Orobioma con bosque andino y altoandino en el estrecho Cauca
- Orobioma con bosque andino y altoandino noroccidentales de la cordillera Occidental
- Orobioma con bosque andino y altoandino orientales del estrecho Cauca de la cordillera Occidental
- Orobioma con bosque subandino en Quindío - Antioquia en el Estrecho Cauca
- Orobioma con bosque subandino en Sinú - San Jorge
- Orobioma con bosque subandino noroccidentales de la cordillera Occidental del bajo Atrato
- Orobioma con bosque subandino oriental de la cordillera Occidental
- Orobioma con bosque subandino oriental del alto Nechí cordillera Central
- Páramo de Belmira
- Páramo de Frontino - Urao
- Páramo de Paramillo
- Zonobioma alternohigróico y/o subxerofítico en el Estrecho del Cauca
- Zonobioma húmedo del valle de los ríos Sinú y San Jorge
- Zonobioma húmedo del valle del río Magdalena en Nechí
- Zonobioma húmedo del valle del río Magdalena en Sinú - San Jorge
- Zonobioma húmedo valle en el cañon del Cauca

FIGURA 4 LEYENDA DEL MAPA DE UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL

El área total escogida para generar un Modelo de Estado y Tendencias de la Biodiversidad, abarca un total de 4.038.650 hectáreas. Esta área aunque sobrepasa el área de los 12 municipios de influencia directa del PHI, se pretende así contribuir con información adicional que beneficie a la vez al Departamento de Antioquia y a las Corporaciones Autónomas Regionales con jurisdicción en el territorio.

Explicación de las Unidades de Análisis Territorial

Estas Unidades de Análisis Territorial hacen parte de los resultados y desarrollos metodológicos del Proyecto Planeación Ambiental para la Conservación de la Biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol, convenio firmado entre el Instituto Humboldt y Ecopetrol (12-067) entre 2012 y 2016.

Unidades de Análisis Territorial

La construcción de las Unidades de Análisis Territoriales (Hernández-Manrique *et al.*, 2015; Portocarrero-Aya *et al.*, 2014; Corzo *et al.*, 2016) surge de evaluar el elevado número y la gran variedad de factores implicados en la descripción y caracterización del paisaje y el gran reto metodológico asociado a estos. Por esta razón se hace necesario dividir el territorio en Unidades de Análisis Territorial (UAT), que incluyan una visión acuática (hidrobiológica), una terrestre (biogeográfica) y una bioclimática (biomas).

La aproximación contemplada logra que cada unidad sea homogénea en su interior pero heterogénea con respecto a las UAT vecinas, evaluando su integridad y significado ecológico en conjunto. Cada una de estas visiones es descrita a continuación. No obstante su descripción por separado, es necesario tomar en cuenta que es la conjunción de estas tres visiones lo que permitió construir una visión integral (Hernández-Manrique *et al.*, 2015).

Las Unidades de Análisis, consideradas como *proxies* de Ecosistemas, desde el punto de vista de la toma de decisiones, se convierten en importantes para el manejo de las regiones, siempre y cuando estén definidas y delimitadas, e integradas a elementos socio-culturales y económicos (Armenteras et al. 2016).

Teniendo en cuenta que a la fecha ya existe una versión oficial del mapa de ecosistemas de Colombia a escala 1:100.000 se tomó la decisión de seguir con la aproximación de ecosistemas potenciales, más que con la de ecosistemas actuales o emergentes que incluyen la transformación y uso del territorio. Para ver la transformación y uso del territorio se utilizará otra información cartográfica.

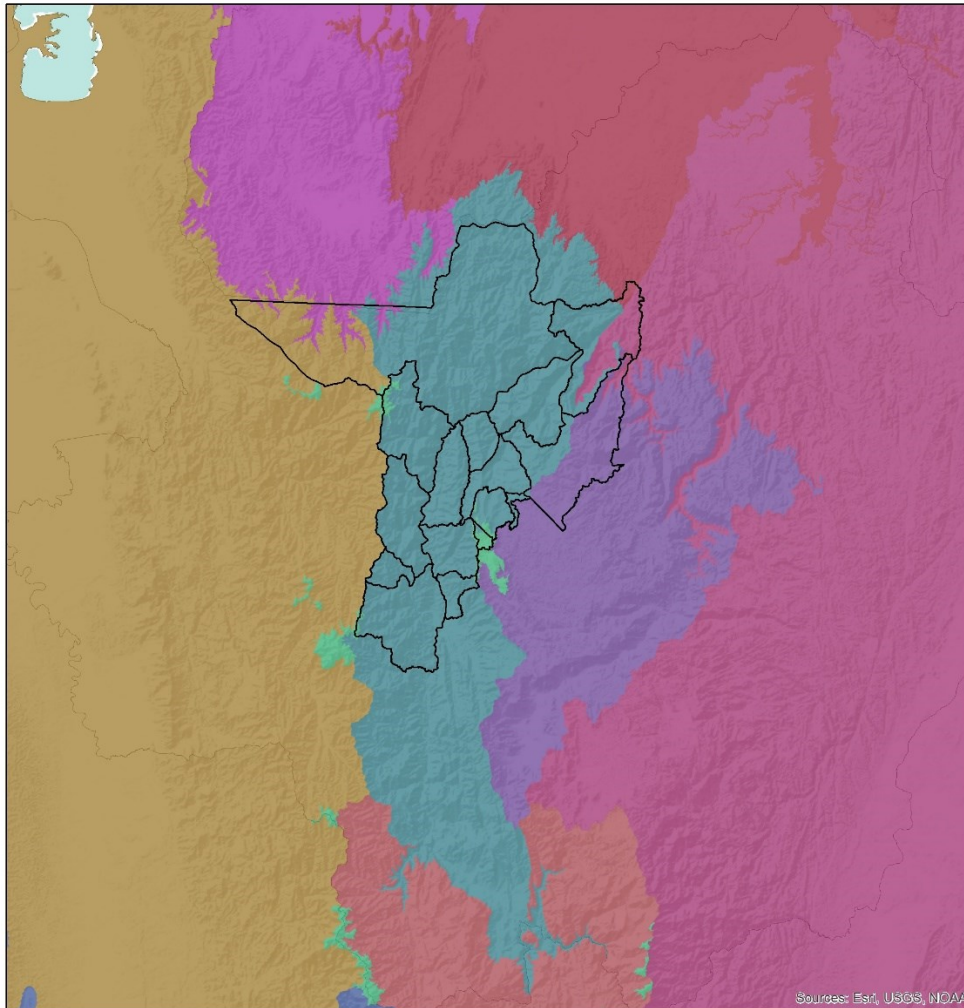
Visión acuática (o hidrobiológica) (UHB)

Según Hernández-Manrique *et al.* (2015), esta aproximación permite construir una visión cercana a cómo ha sido la historia, en el espacio y en el tiempo, de los drenajes en Colombia. Su dinamismo es posible interpretarlo a través de la distribución de su biota asociada. Para construir esta visión, se realizó una agrupación de las subzonas hidrográficas definidas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (Ideam 2010a), con base en las semejanzas y diferencias en la composición íctica, la dirección y subdivisión de los drenajes, y las características geomorfológicas de las cuencas. Es decir, se tuvo en cuenta que la distribución de las especies de peces presentes está determinada por las conexiones o los aislamientos de los drenajes, por lo que algunas cuencas se agruparon en sus tramos altos y otras en la parte media-baja. De esta forma se obtuvieron una serie de unidades hidrobiológicas a partir de criterios biogeográficos³ - y de la distribución de especies, que fueron delimitadas más precisamente con el corte altitudinal que dio la capa de los biomas (Mesa-S. et al., 2014). Tal como dice Mesa-S y colaboradores (2016) “una clasificación regional de los ecosistemas de agua dulce que conjugue tanto un criterio geográfico como uno biológico no existe aún para Colombia, por lo que la planeación territorial y los tomadores de decisiones, no contemplan el ecosistema acuático como una unidad en sus pautas de manejo”. Esta afirmación toma mayor relevancia en un contexto como la del PHI, donde el concepto de cuenca, más allá de lo geográfico, es fundamental para la conservación de la biodiversidad acuática regional.

Para el área de estudio considerada, se presentan 7 UHB pertenecientes a la vertiente Caribe (Mapa 2). Las UHB pertenecientes a la cuenca del Magdalena y Cauca se encuentra un grupo de eco-regiones que pertenecen a la parte media y baja de estos dos ríos, las cuales se ubican sobre planicies de llanuras aluviales de depresiones tectónicas y deltas. También se incluyen fallas en forma de estrechos valles y cañones. Las ecorregiones forman agrupaciones (dadas por su composición íctica) altamente significativas, en tres

³ Corresponde a los patrones espaciales de distribución de la biodiversidad desde una perspectiva histórica.

grupos, el bajo Magdalena y Cauca por un lado, el Medio Magdalena y el estrecho Cauca, por otro y una unidad singular –el alto río Nechí (Mesa-S et al. 2016).



MAPA 2 UNIDADES HIDROBIOLÓGICAS DEFINIDAS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE REINTERPRETACIÓN DE LAS SUBZONAS HIDROGRÁFICAS PARA LA ZONA DE ESTUDIO DEL PHI

Visión terrestre histórica (o biogeográfica)

Esta visión nos muestra los patrones espaciales de la biodiversidad terrestre en el tiempo (Contreras *et al.* 2001). Las provincias biogeográficas reflejan los patrones de similitud biológica a escala global mientras que los distritos corresponden a escalas regionales. La distribución de la biota se produce incluso a escalas geográficas detalladas y el resultado es la división de la tierra en unidades biogeográficas jerárquicas que reflejan los patrones de similitud faunística y florística (Hernández-Manrique *et al.*, 2015).

Según Hernández-Camacho y colaboradores (1992), los estudios biogeográficos son indispensables para el conocimiento y caracterización de la diversidad biológica del país, al igual que permiten contribuir a la tarea de entender patrones de evolución, y especiación, entre otros, al igual que ayudan a entender muchas necesidades del conservación y manejo de la misma.

Metodológicamente, las divisiones se hicieron por provincia y distrito biogeográfico, que son unidades definidas por criterios fisionómicos de vegetación, criterios de paisaje, condiciones climáticas e históricas y componentes de la biota (Hernández-Camacho *et al.* 1992). De esta forma se obtuvieron para el área de estudio 11 distritos agrupados en 2 provincias biogeográficas (Provincia Norandina y Choco-Magdalena) (Mapa 3; Figura 5).

Provincia Chocó-Magdalena (tomado de Hernández-Camacho *et al.*, 1992).

Sector Magdalena

Distrito Sinú - San Jorge

“Corresponde a la margen occidental del bajo río Cauca en Antioquia, el alto San Jorge y el alto Sinú. La biota de esta zona es en cierto modo intermedia entre las biotas del valle medio del Magdalena, de la Amazonia y del Chocó. Aquí hay un considerable número de endemismos que en particular son subespecies de fauna chocoanas, pero que también habitan en el valle medio del Magdalena, compartiendo toda esta distribución. Esta es precisamente la unidad a través de la cual se da la conexión entre los elementos occidentales y orientales de la biota colombiana, razón por la cual sus componentes florísticos y faunísticos guardan en el fondo una notable semejanza con los de la alta Amazonia. La zona del alto Sinú fue considerada por Haffer como parte de un antiguo refugio pleistocénico de selvas húmedas que se extendían hasta la margen izquierda del río Magdalena, involucrando la Serranía de San Lucas y el valle del Nechí”

Distrito Nechí

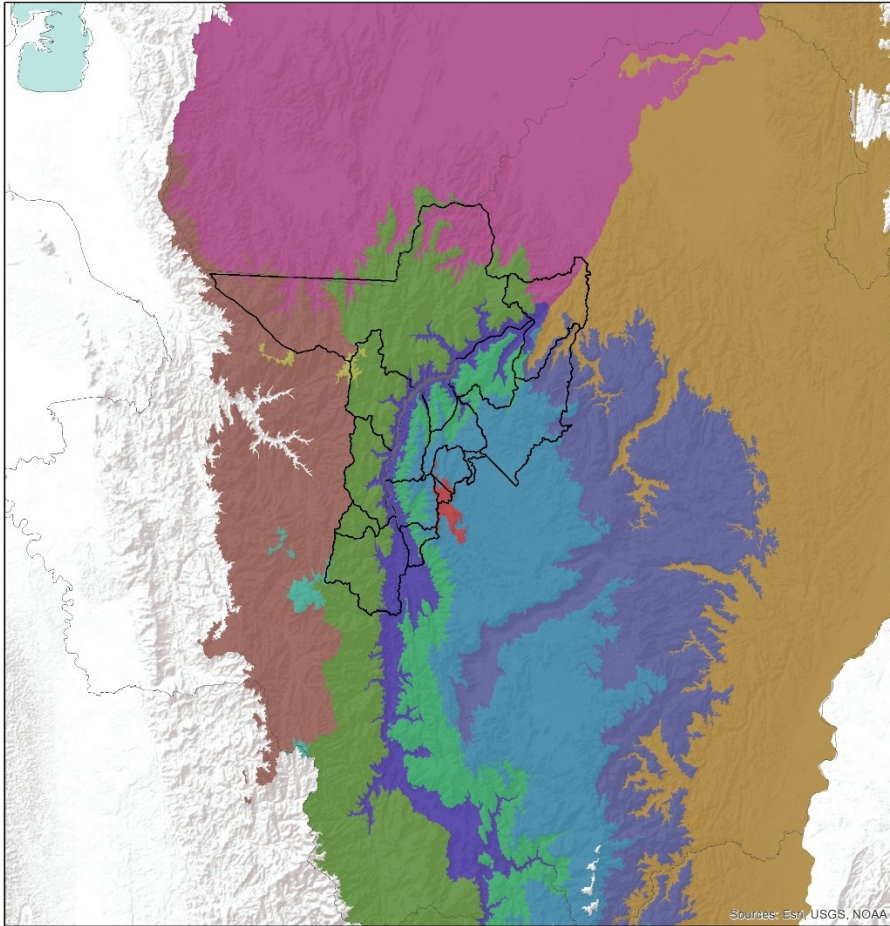
“Esta unidad de selvas húmedas del Magdalena comprende el sector entre la margen derecha del bajo Cauca, incluyendo el valle del río Nechí en Antioquia, se prolonga hasta el río Magdalena, involucrando la Serranía de San Lucas y continúa por la banda derecha del río Magdalena hasta las inmediaciones de La Dorada y de allí un poco más al Sur,

tomando las estribaciones inferiores de la cordillera, hasta las cercanías de Mariquita. Los elementos biológicos de esta área tienen afinidades claras con los del sector del alto Sinú, alto San Jorge y obviamente con los del Chocó; quizá es el límite oriental más importante para elementos típicamente centroamericanos o chocoanos. Aunque la zona no ha sido suficientemente trabajada, se percibe claramente una diferenciación de mamíferos y aves entre las dos márgenes del Magdalena. La fauna en general muestra un grado apreciable de endemismo”.

Provincia Norandina

Como la describe Latorre Parra (2005), esta “Provincia agrupa un conjunto de Unidades Biogeográficas correspondientes a las tres cordilleras y a los valles interandinos de la gran cordillera de los Andes. Su biota se deriva de elementos provenientes de las tierras bajas Amazónicas, y de los Andes centrales y Australes, generándose procesos de adaptación y especiación. Esta provincia cubre todos los pisos térmicos. Dentro de los pisos térmicos cálido y templado de algunos valles interandinos se encuentran enclaves más o menos extensos, con tendencia a la aridez”.

En la actualidad no existe un documento completo con la definición de la totalidad de los distritos biogeográficos. Por lo cual aquellos pertenecientes al área de estudio no pueden ser descritos.



MAPA 3 DISTRITOS BIOGEOGRÁFICOS DEFINIDOS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

Distritos Biogeográficos












-  Bosques andinos Cordillera Central
-  Bosques subandinos Quindío - Antioquia
-  Bosques subandinos orientales Cordillera Central
-  Bosques subandinos, andinos y altoandinos noroccidentales Cordillera Occidental
-  Bosques subandinos, andinos y altoandinos orientales Cordillera Occidental
-  Cañon Cauca
-  Nechí
-  Páramo de Belmira
-  Páramo de Frontino - Urrao
-  Páramo de Paramillo
-  Sinú - San Jorge

FIGURA 5 LEYENDA DEL MAPA DE DISTRITOS BIOGEOGRÁFICOS

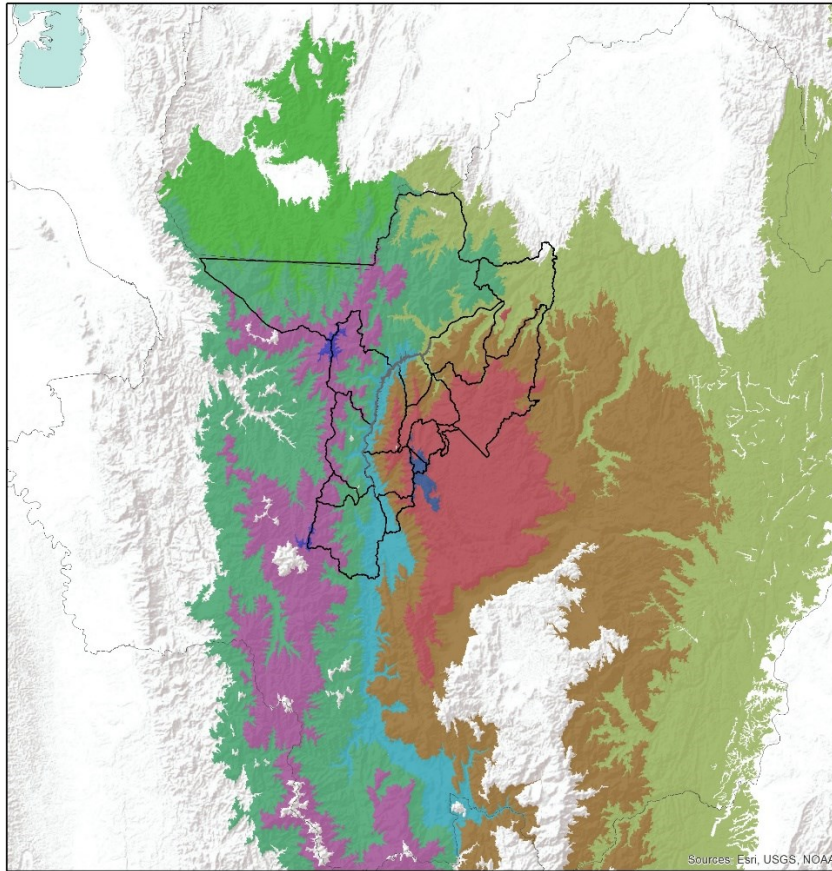
Visión terrestre actual (biomas)

Los biomas son definidos como conjuntos de ecosistemas muy similares entre sí por su biotipología y fisonomía (Hernández-Camacho y Sánchez-Páez 1992). Estos se definen por la interacción de elementos climáticos (relación de la altitud con la temperatura, precipitación total anual y evapotranspiración) y edafopedológicos (características internas de los suelos y el material litológico). Cada bioma se encuentra directamente vinculado con una serie de comunidades vegetales que interactúan como una unidad funcional en una región biogeográfica (Ideam *et al.* 2007); en este sentido, determinados taxones vegetales son exclusivos así como peculiares y representativos de determinada zona (Hernández-Manrique *et al.* 2015). De esta manera y como son definidos por Hernández-Camacho y Sánchez-Páez (1992), “los Orobiomas o biomas de montaña están condicionados a factores de elevación y se sitúan en las montañas por encima de los Biomas zonales o Zonobiomas, los cuales muestran una distribución latitudinal, y se asocian con factores climáticos en bajas elevaciones. Los Biomas Azonales no están directamente relacionados con el clima o la elevación, y están determinados por factores relacionados con la escasez de nutrientes en los suelos (Peinobiomas), características azonales del suelo (pedobiomas), salinidad (halobiomas) o inundación (helobiomas)”.

Los biomas acá presentados fueron delimitados a partir de las capas de ecosistemas elaborada por el Ideam y colaboradores (2007), de precipitación anual (Ideam 2005), de páramos (IAvH 2012), de biomas de los Andes colombianos (Rodríguez *et al.* 2004), de suelos a escala 1:100.000 (IGAC 2009a;b;c), y apoyándose en el modelo de elevación digital SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de 30 metros y las imágenes satelitales *Landsat* TM y ETM (distribución libre USGS, <http://earthexplorer.usgs.gov/>). A partir de la capa de precipitación y del modelo de elevación se estableció el piso térmico asociado al

índice de humedad de acuerdo a los modelos de regresión descritos por Eslava *et al.* (2001) en Hernández-Manrique *et al.* 2015 (Mapa 4).

Dentro de los biomas asociados al área de estudio se encuentra el **Zonobioma Alternohigróico Tropical del cañón del río Cauca**, este Zonobioma corresponde al Zonobioma Ecuatorial con lluvias en verano de Walter, a la Selva Veranera Decidua de Beard, al Bosque Deciduo por Sequía de Baja Altitud de UNESCO, a la Subxerophytia Isomegatérmica o al **Bosque Seco Tropical de Holdridge**, siendo esta la clasificación más conocida (Hernández-Camacho y Sánchez-Páez 1992). Este Zonobioma se caracteriza por tener temperaturas superiores a los 25°C y unas precipitaciones totales de 700 mm a 2000 mm, teniendo entre tres o más meses de sequía (Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2005). A pesar de tener menor número de especies de fauna y flora en comparación con el Zonobioma húmedo tropical, los Zonobiotomas secas son lugares de endemismos y especiaciones que les da gran importancia (Villanueva *et al.*, 2015).



MAPA 4 BIOMAS DEFINIDOS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

Visión integral: unidades de análisis territorial (UAT)

La determinación de los límites de las UAT, al igual que la identificación de los límites de los ecosistemas, constituye un problema fundamental de la cartografía ecológica (Bailey 1996). Por lo tanto, están dotadas de significado ecológico aquellas unidades capaces de reflejar la concurrencia e interacción de varios componentes del ambiente (González Bernáldez 1982).

Después de hacer la combinación de las tres visiones, se realizó una evaluación de las relaciones fuertes o débiles que se establecen entre sus componentes y el tamaño de las

unidades. Teniendo en cuenta esto, cada unidad se identificó por el o los elementos más destacados o significativos, que integran o separan unidades de análisis territorial, de modo que cada una de ellas tiene una identidad clara y transparente.

El resultado son Unidades homogéneas dentro de sí y heterogéneas con respecto a las demás, que hacen que se comporten como elementos diferenciados y puedan ser considerados como *proxies* de Ecosistemas.

A nivel mundial, el concepto de ecosistema y su caracterización se basa en sus coberturas vegetales o sus comunidades vegetales (Latorre Parra 2005), siendo esta una aproximación muy incompleta. Las Unidades de Análisis acá presentadas pretenden ser la base de los análisis siguientes y debido a la robustez de su composición (contienen elementos de hidrobiología, climas, suelos, y distribución de especies, etc.), serán consideradas como “ecosistemas” potenciales, que permitirán guiar acciones de conservación y compensación, enfocadas en la preservación, restauración y/o uso sostenible, con mayor precisión para aquellos ecosistemas intervenidos por el PHI.

A través de esta evaluación se obtuvieron 17 Unidades de Análisis Territorial para el área de influencia del PHI (Tabla 1; Mapa 1).

2.1 Identificación de las variables caracterizadoras del área de influencia del proyecto:

Las siguientes variables serán utilizadas para cada uno de los cinco índices que componen el Modelo de Estado y Tendencias. En las secciones siguientes, se desarrolla cada uno de los índices y se menciona las variables a ser utilizadas. Las variables acá presentadas son en su mayoría oficiales (generadas por algún Instituto del Sistema Nacional Ambiental (SINA)), aquellas que no, son generadas dentro del marco de este proyecto o han sido generadas por el Instituto Humboldt para algunos de sus proyectos. Todas las variables son espacializables, en su mayoría se encuentran a escala 1:100.000 y cubren la totalidad del área de estudio.

VARIABLES

- **Biodiversidad:** Especies (riqueza *alpha* (especies terrestres), modelos de distribución de peces Objeto de Conservación)
- **Paisaje:** Coberturas de la tierra, remanencia de coberturas naturales, representatividad ecosistémica, rareza y tasa de cambio.
- Integridad Ecológica
- Conectividad funcional
- **Servicios Ecosistémicos (oferta y demanda):** Oferta hídrica, Regulación hídrica, Almacenamiento de Carbono, Retención de sedimentos, Oferta de suelo (para alimentación), Áreas de hábitat potencial para polinizadores (Polinización),

- **Estatus legal del territorio: Determinantes ambientales:** RUNAP, Reservas Forestales Decreto 2278 de 1953, Ecosistemas estratégicos (Páramo, cuerpos de agua). **Otras estrategias complementarias de conservación:** Ecosistemas estratégicos (Bosque Seco Tropical), Territorios colectivos (resguardos indígenas, territorios colectivos negros).
- **Amenazas:** CAMBIO CLIMÁTICO: Escenarios de cambio climático (Tercera comunicación de Cambio Climático), Escenarios de cambio en la precipitación – 2011-2040, Escenarios de cambio en la temperatura - 2011-2040. TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO: Conflictos de uso del suelo, Tasa de cambio, Títulos mineros / Solicitudes mineras, Vías, Represas
- **Vulnerabilidades del territorio:** Susceptibilidad a la remoción en masa, Susceptibilidad a incendios, Susceptibilidad a inundación, Susceptibilidad a desertificación.
- Cartografía base

3. Análisis para la caracterización y entendimiento del territorio de influencia del PHI (Metodología y Resultados preliminares).

INDICE DE RIQUEZA DE ESPECIES (especies terrestres)

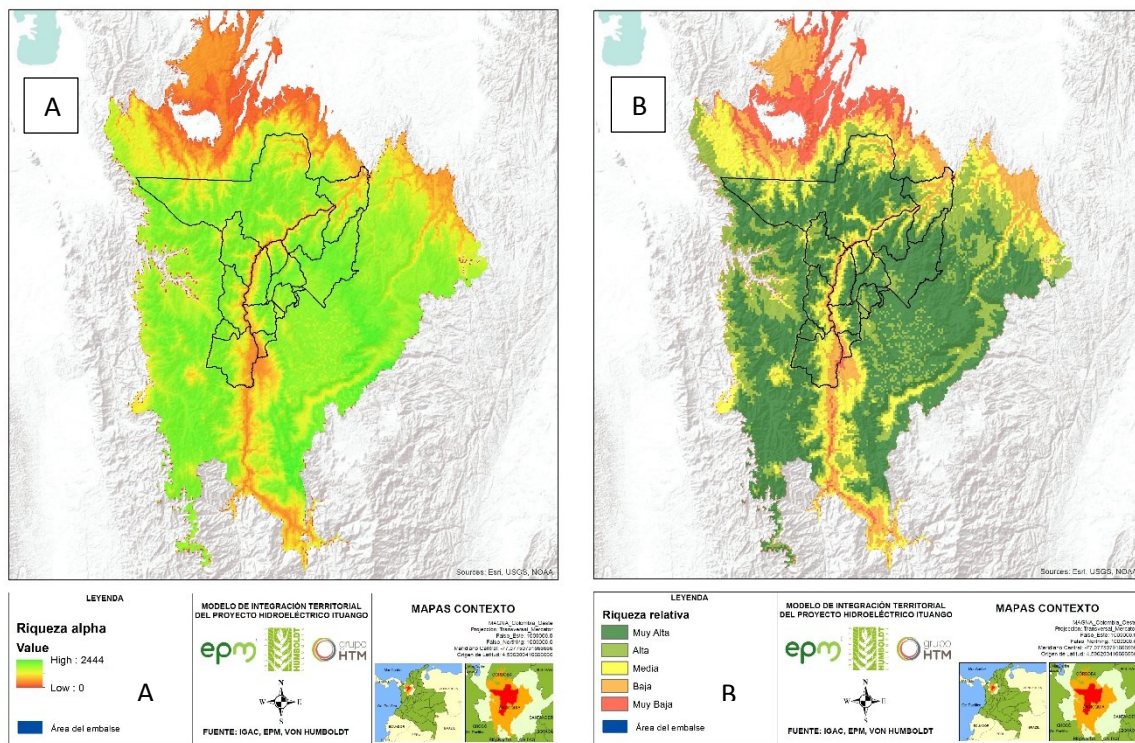
Para hallar esta riqueza se contó con la información generada por Instituto Humboldt sobre los modelos de distribución potencial de 3187 especies, divididas entre especies de plantas, aves, mamíferos (voladores y no voladores) y reptiles. Esta información se encuentra disponible en la herramienta de consulta Biomodelos (<http://biomodelos.humboldt.org.co/>) del Laboratorio de Biogeografía Aplicada y Bioacústica del Instituto.

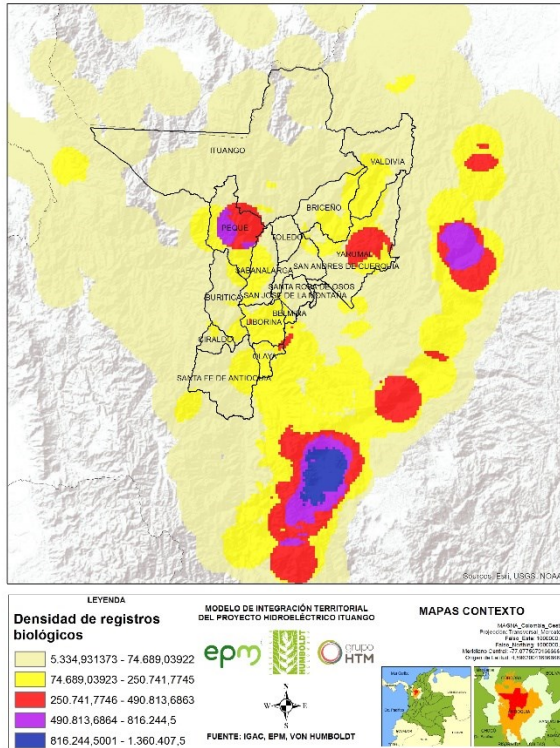
Estos modelos fueron entregados en formato raster sin proyección definida, por lo que el primer paso para ajustar las capas de información fue la definición de la proyección para cada una. Luego fue necesario cortar los modelos al área de análisis. Para que cada raster tuviera valores en cada uno de los pixeles se realizó la reclasificación de cada modelo para que su información fuera 1 para presencia de las especies y 0 cuando especies no se encuentre en el área. Después de tener los modelos ajustados, se realizó la suma de las capas, de manera que si los modelos de las especies se encontraban sobrelapados, estos se sumaban. La capa resultante es un raster en la que el valor máximo fue 2444, que representa al número de especies que sus modelos de distribución potencial se encuentran sobrelapados.

La información acá presentada (Mapa 5 A y B) muestra que la mayor riqueza de especies se encuentra en las zonas Andinas (zonas altas) a diferencia de la zona del cañón del río Cauca. Tanto la diversidad como la riqueza de especies ha sido demostrada, determinan procesos ecológicos que proveen servicios ambientales (Castellanos 2013). Por ende la pérdida de biodiversidad, la homogeneización de las especies y del paisaje, pone en riesgo

el funcionamiento de todo el sistema y de nuestras vidas. Sin embargo, con los datos disponibles, no puede decirse de manera certera si esto refleja la realidad, ya que es muy posible que los resultados sean un reflejo de los pocos levantamientos biológicos y campañas de muestreo en estos ecosistemas y zonas del Departamento de Antioquia.

En el Mapa 6, por otro lado se presenta la densidad de registros biológicos, es decir las zonas donde se han realizado muestreos de biodiversidad y que han sido registrados en las diferentes colecciones biológicas del país, y disponibles en el Sistema de Información de Biodiversidad de Colombia – SIB Colombia. Con este mapa es posible identificar los lugares donde ha habido mayor intensidad de estudios en biodiversidad. Es claro que la mayor parte de los estudios están por fuera de los municipios de influencia directa del PHI, y se encuentran cercanos al municipio de Medellín.





MAPA 6 DENSIDAD DE REGISTROS DE ESPECIES

Registros de Peces

Con la información proveniente de Portocarrero-Aya *et al.* 2015 y Barriga *et al.* 2016 se identificaron 8 peces objetos de conservación que cumplen con características de importancia para la región (Cuenca Magdalena-Cauca) y sus pobladores, y que además pueden ser afectados por la construcción y entrada en operación de la Hidroeléctrica de Ituango.

La definición de los OdC se realizó a partir de los resultados del análisis de riesgo de las especies y del conocimiento de los expertos (Portocarrero-Aya *et al.* 2015). Los OdC fueron organizados por categorías según estos mismos autores de la siguiente manera:

Especies amenazadas: “aquellas especies que están sometidas a fuertes presiones, como la sobreexplotación o la pérdida de hábitat. Estas presiones podrían causar drásticas reducciones en el tamaño de las poblacionales, lo que podría terminar en la pérdida o desaparición de la especie. En esta categoría no solo se incluyeron las especies evaluadas en los libros rojos del país, sino también, aquellas especies identificadas por los expertos como especies muy amenazadas”.

Especies con uso: “aquellas especies que presentan un alto valor social, cultural y económico, debido a que son fuente de recursos y materias primas. Muchas de estas

especies se encuentran críticamente amenazadas por el uso indiscriminado, por esta razón es necesario asegurar su protección a través de la implementación de planes de manejo que garanticen el uso sostenible”.

Especies de importancia ecológica: “aquellas especies que brindan una oferta de recursos particular, un aporte significativo en biomasa o que desempeñan un papel determinante en la funcionalidad del ecosistema”.

Especies migratorias: “aquellas especies de fauna que presentan desplazamientos de corta, media o larga distancia y que son muy susceptibles a cambios o rupturas en las rutas de migración que utilizan. La conservación de las especies migratorias implica la conservación de sus hábitats, de las diferentes especies que los componen y permite el mantenimiento de la conectividad ecosistémica”.

Las especies elegidas y sus características, además de su distribución son expuestas a continuación (Tabla 2).

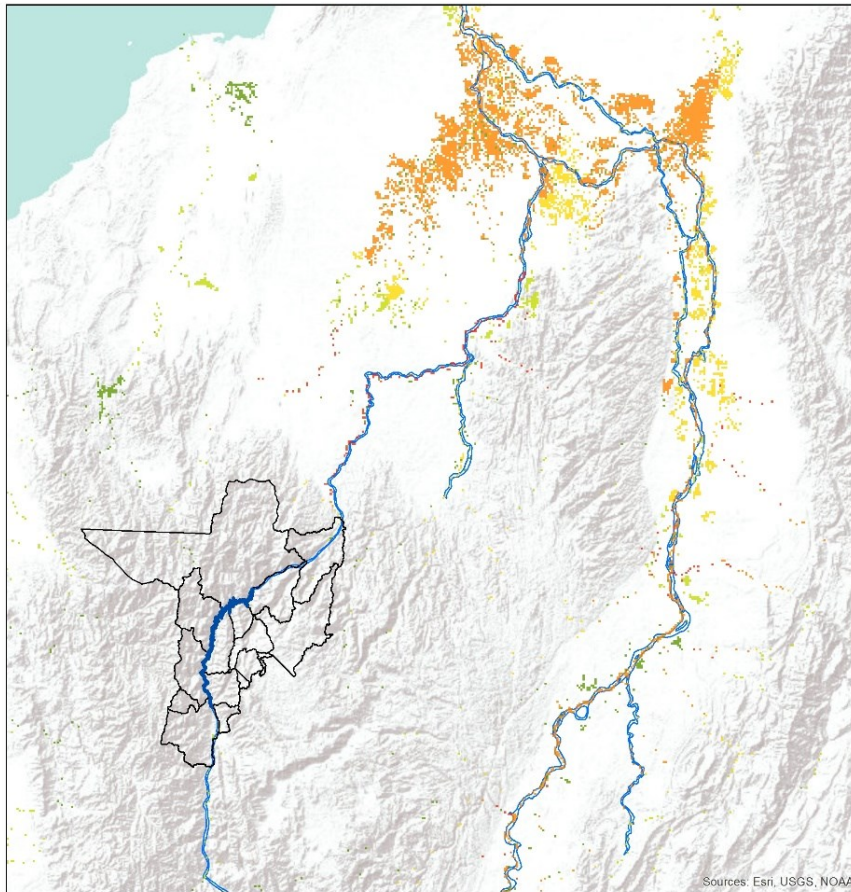
TABLA 2 ESPECIES DE PECES OBJETO DE CONSERVACIÓN PARA EL ÁREA DE INTERÉS

Familia	Especie	Nombre común	Característica principal de selección como OdC
Characidae	<i>Brycon moorei</i> Steindachner 1878	Dorada	ESPECIE MIGRATORIA
Curimatidae	<i>Cyphocharax magdalenae</i> Steindachner 1878	Yalúa	
Loricariidae	<i>Hypostomus hondae</i> (Regan 1912)	Cucha, Corroncho	ESPECIES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA
Characidae	<i>Salminus affinis</i> Steindachner 1880	Picuda	
Prochilodontidae	<i>Ichthyoelephas longirostris</i> Steindachner 1879	Pataló	ESPECIES AMENAZADA
Pimelodidae	<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i> Buitrago-Suarez y Burr 2007	Bagre rayado	
Prochilodontidae	<i>Prochilodus magdalenae</i> Steindachner 1879	Bocachico	ESPECIES CON USO
Pimelodidae	<i>Pimelodus grosskopfii</i> Steindachner 1879	Capaz	

Los mapas de distribución potencial de estas especies fueron integrados en uno solo, mostrando las áreas de mayor concentración de objetos de conservación (Mapa 7).

Es claro que el mayor número de especies se encuentra concentrado en el río Cauca, aguas abajo del PHI, lo que puede ser preocupante, ya que si hay cambio en los regímenes del caudal, las migraciones, la presencia de presas y otros aspectos de la ictiofauna del sector pueden ponerse en riesgo, afectando no solamente a la biodiversidad acuática de la cuenca, sino también a los pobladores y comunidades de pescadores que aguas abajo dependen del recurso.

El valle del río Cauca es uno de los que más impactos ha sufrido en términos de contaminación, pérdida de área de humedal, etc. (Patino & Estupiñan, 2016), razón por la cual toda nueva intervención, hace parte de una sumatoria de motores de transformación que debilitan y reducen la capacidad del río y su sistema de soportar biodiversidad, y por ende la provisión de importantes servicios ambientales. Es por esto que el PHI debe considerar aspectos no solo en el área de embalse, sino aguas arriba y debajo de estos límites, ya que el impacto que causa, no se restringe a la remoción de cobertura vegetal, o a la inundación del terreno.



MAPA 7 DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE PECES ODC EN LA CUENCA MAGDALENA-CAUCA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PHI

ÍNDICE DE ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAISAJE

Este índice se estructura con cinco indicadores (variables que representan información agregada (Alamgir et al., 2016) que permiten entender y conocer el estado de conservación del paisaje calculados a partir de información de su cobertura vegetal, y para el caso de rareza, a partir de la información de Biomas de Colombia y Ecorregiones del Mundo. Esta información se presenta para cada una de las 17 Unidades de Análisis Territorial.

REMANENCIA DE COBERTURAS NATURALES

Fuente: Mapa de cobertura de la tierra Corine Land Cover 2012.

Descripción: Corresponde a la superficie actual de cobertura natural presente por UAT, se presenta como la relación entre esta área y el área total de cada UAT. Se expresa en porcentaje.

Importancia: Permite identificar Unidades de Análisis Territorial con porcentajes altos de remanencia al igual que muy bajos para así entender tanto los motores de transformación del territorio como sus oportunidades de conservación.

Cálculo: El indicador se normaliza, en cinco categorías así Muy alta (1) $\geq 90\%$; Alta (2) $< 90\% \geq 70\%$; Media (3) $< 70\% \geq 50\%$; Baja (4) $< 50\% \geq 30\%$ Muy baja (5) $< 30\%$. Los valores en paréntesis, corresponden a los valores dados en cada categoría, que se utilizarán en la integración de cada componente para la obtención de un valor único.

Resultados:

Para la zona de estudio, se obtuvieron los siguientes resultados (Figura 6, Mapa 8): El 26% del territorio evaluado para el MET tiene una remanencia de sus coberturas naturales Muy Baja, es decir con menos de un 30% de cobertura natural. Solo un 1% del territorio presenta remanencias superiores al 90%, y esta zona corresponde exclusivamente a los ecosistemas de Páramos de Paramillo y Páramo de Frontino-Urrao, lo que muestra que estos sistemas de páramos han presentado poca intervención y sus coberturas naturales han sido preservadas de manera exitosa. El resto de las Unidades de Análisis han perdido suficiente cobertura para poner en alerta la importancia de revertir este hecho. Esta característica del paisaje (la remanencia de coberturas naturales) debe ser tomada en cuenta para la implementación de acciones de intervención del territorio, ya que la única manera de cambiar estos valores, se logrará con acciones de restauración de estos ecosistemas y con la preservación de sus remanentes.

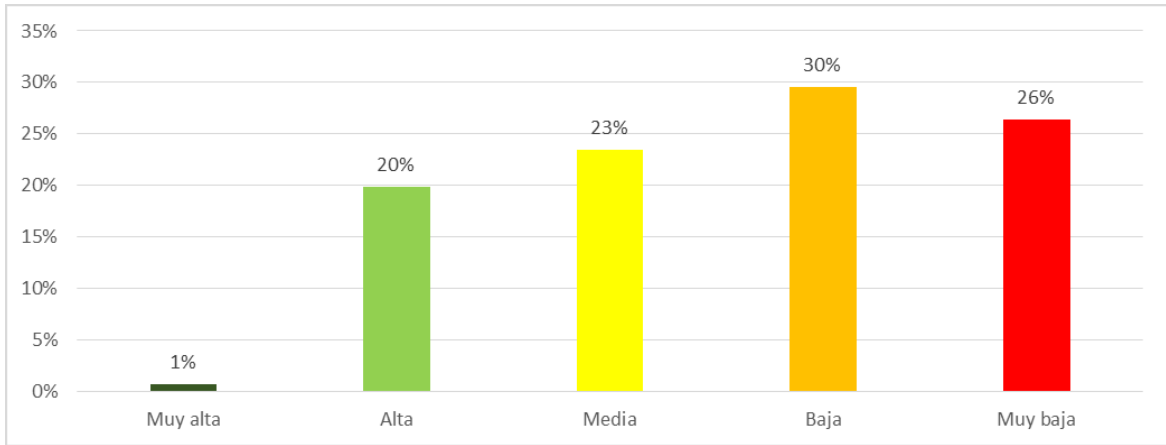
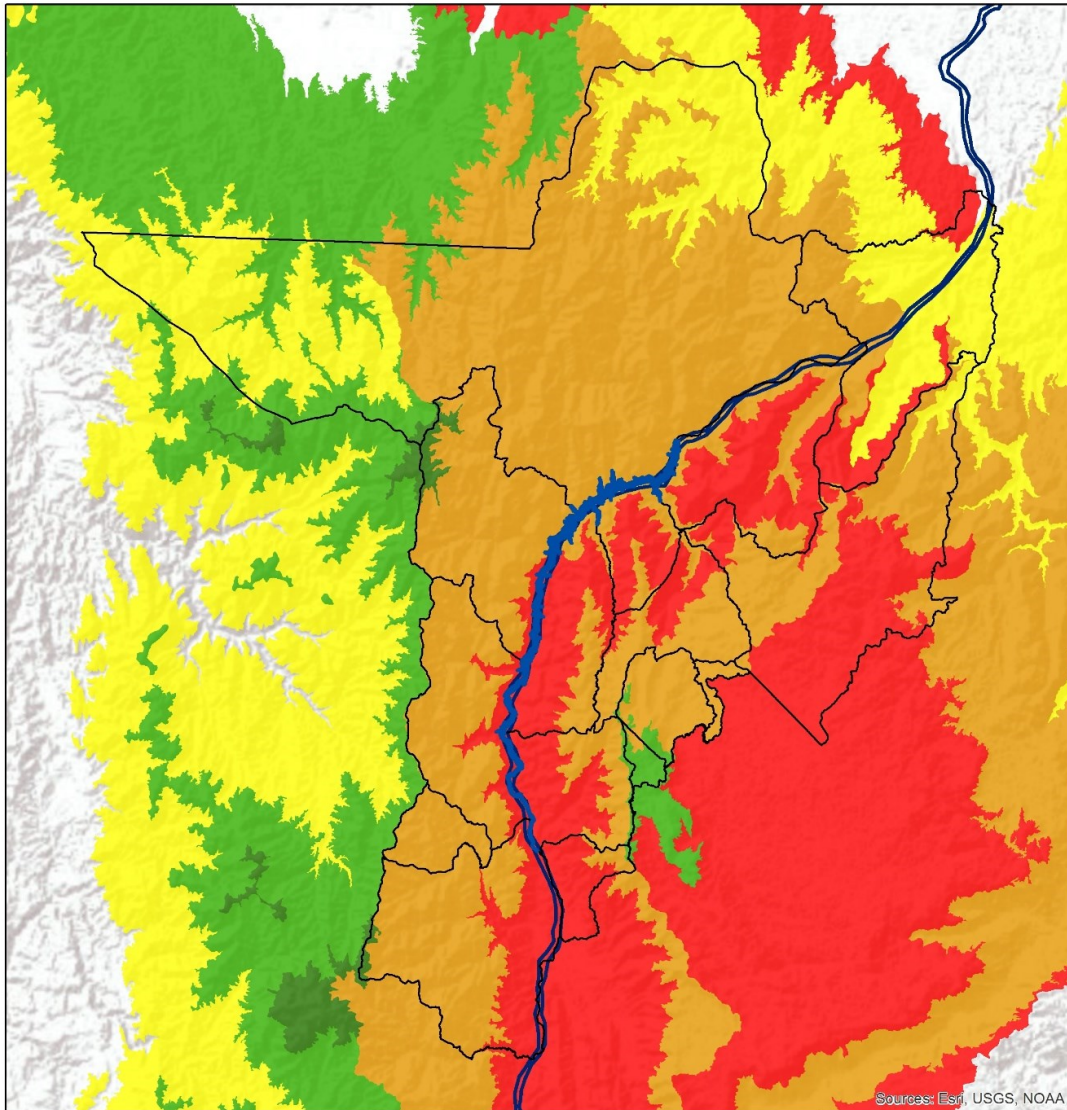


FIGURA 6 PORCENTAJE DEL ÁREA DE ESTUDIO BAJO CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS DE REMANENCIA



Sources: Esri, USGS, NOAA



MAPA 8 REMANENCIA DE COBERTURAS NATURALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO DEL MODELO DE ESTADO Y TENDENCIAS DE LA BIODIVERSIDAD

RAREZA

Fuente: Mapa de Unidades de Análisis Territorial Proyecto Planeación Ambiental (González et al., 2015), Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, (IDEAM y otros 2007), Ecorregiones de Olson et al. (2001).

Descripción: Hace referencia a que tan única o rara es la UAT. Se define en términos de la repetición de las Unidades de análisis en contextos diferentes, por una parte que tanto se repite una UA desde la perspectiva de las Ecorregiones del mundo (es decir que tan compartida es esa UA con otros países) y desde la perspectiva de los Biomas del país (que tan repetido es el bioma que compone la UA con respecto al resto del país).

Importancia: Permite identificar UAT de alta importancia para el país debido a lo singulares que son, y la probabilidad de que estas pierdan su resiliencia debido a modificaciones en su estructura, composición y función hace que se enfoque en estrategias de conservación específicas.

Cálculo: El indicador final se genera según el Manual de Asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad (MADS 2012a): Muy Baja: 1 (1), Baja: 1.25 (2), Media: 1.50 (3), Alta: 1.75 (4), Muy Alta: 2.0 (5). Los valores en paréntesis, corresponden a los valores dados en cada categoría, que se utilizarán en la integración de cada componente para la obtención de un valor único.

A continuación se explica de manera concreta la metodología para el cálculo de este índice (para mayor detalle ver Hernández-Manrique et al. (2015). (Documento técnico: Identificación de áreas prioritarias y aproximaciones de conservación y manejo del territorio en las zonas operativas de Ecopetrol. Proyecto Planeación Ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol).

El cálculo unificado de Rareza se realizó para todo el país, y se obtiene del cálculo de Rareza por Ecorregiones (Regional) y de la Rareza por Biomas (Nacional).

Cálculo de Rareza por Ecorregión.

Con la información proveniente del Mapa de ecorregiones se calcula el porcentaje del área de cada ecorregión dentro del área de estudio (Proyecto Planeación Ambiental), al igual que se calcula el porcentaje de área de cada ecorregión dentro de cada una de las Unidades de Análisis Territorial. Para unificar estos dos valores en un único valor se aplica el siguiente algoritmo:

$$\text{Unicidad por Ecorregión} = (\% \text{ área de Ecorregión1 en UAT1} * \% \text{ de Ecorregión1 en el área de estudio}) + (\% \text{ área de Ecorregión2 en UAT1} * \% \text{ de Ecorregión 2 en el área de estudio}) + \dots$$
 (según el número de ecorregiones en cada UAT)

Cálculo de Rareza por Bioma

Para cada UAT se calculó el número de biomas presentes y en qué porcentaje se encuentran dentro de cada UAT, además el número de veces que aquel Bioma se

encuentra repetido en otras UAT del país. Con estos valores se realizan los siguientes cálculos matemáticos (Tabla 3)

TABLA 3 CÁLCULOS PARA ASIGNAR VALORES DE RAREZA (EJEMPLO)

Biomás (ejemplo):	Área (ha)	Porcentaje de área en una UA _i (A)	Número de UAT que contienen en dicho Bioma (B)	A*(1/B) = (C)	Unicidad TOTAL (Biomás) por UAT ¹ Σ(C)/ Número de biomás por UAT
Halobioma del Caribe	2137,5	85,76%	32	0,0268	0,0097328
Helobomas del Magdalena y Caribe	127,9	5,13%	62	0,0008	
Zonobioma seco tropical del Caribe	226,9	9,11%	58	0,0015	

¹Valores cercanos a 1 corresponde a UAT más única

Una vez obtenidos los valores de rareza tanto por Ecorregión como por Bioma, se reclasifican los valores en 3 según la opción *Natural Breaks*, obteniendo tres categorías: 1- UAT comunes, 2 – UAT menos comunes y 3 - UAT Únicas. La unificación de ambos cálculos (Tabla 4) se realiza acorde al Manual de Compensaciones por pérdida de biodiversidad (MADS 2012a).

TABLA 4 VALORES OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE UNICIDAD O RAREZA

Unicidad Ecorregión	Unicidad Bioma	Combinación	Rareza final
1	1	1-1	1 – Muy Baja
1	2	1-2	1.25 - Baja
2	1	2-1	1.25 - Baja
2	2	2-2	1.50 - Media
3	1	3-1	1.75 - Alta
2	3	2-3	2 – Muy Alta
3	2	3-2	2 – Muy Alta
3	3	3-3	2 – Muy Alta

Resultados:

Para la zona de estudio, se obtuvieron los siguientes resultados (Figura 7, Mapa 9): En el área se encuentran Unidades de Análisis bajo categorías de Baja a Muy Alta Rareza. Aunque los datos muestran que solo el 1% del territorio está bajo la categoría de Muy Alta Rareza ecosistémica, este porcentaje corresponde a los ecosistemas del páramo Belmira y de Frontino-Urrao. Estos dos páramos, constituyen Unidades de Análisis de gran importancia, ya que su singularidad, hace que si no son conservados de manera apropiada, se ponga en riesgo su resiliencia, biodiversidad y su rol como prestadores de servicios ambientales. Al ser únicos como unidades ecosistémicas en el país, se hace aún más importante su protección. La singularidad de estos páramos se debe principalmente las ecorregiones en las que están inmersas. En el caso del Páramo Frontino-Urrao, dos de las tres ecorregiones que lo conforman están casi en su totalidad inmersas en el país, los Bosques Montanos del Valle del Cauca, el 100% de su extensión está dentro de Colombia y la región Páramo NorAndino un 95%. Esta composición de ecorregiones les da un valor mayor en cuanto a su rareza. En cuanto al Páramo de Belmira, las dos ecorregiones que lo conforman solo están en territorio Colombiano, estas son los Bosques Montanos del Valle del Cauca y los Bosques Montanos del Valle del Magdalena. A diferencia del Páramo de Paramillo que aunque las ecorregiones que lo componen son las mismas que al Páramo de Frontino-Urrao, la ecorregión de Bosques montanos de los Andes Noroccidentales, que tiene 60% de su extensión en territorio nacional, es más del 50% de la extensión en área de este Páramo, haciéndolo menos único que los otros dos (Tabla 5) .

TABLA 5 COMPOSICIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL DEL PÁRAMO (SEGÚN SU ECORREGIÓN)

UAT/Ecorregiones	Área (ha)	% en UA	% en el país
Páramo de Frontino - Urrao	13916,2		
Cauca Valley montane forests	7952,3	57	100
Northern Andean paramo	4042,7	30	95
Northwestern Andean montane forests	1921,13	13	60
Páramo de Paramillo	6635,5		
Cauca Valley montane forests	2771,09	41	100
Northern Andean paramo	457,8	0.6	95
Northwestern Andean montane forests	3406,6	51	60
Páramo de Belmira	10534,2		
Cauca Valley montane forests	1862,2	17	100
Magdalena Valley montane forests	8672,0	83	100

En cuanto a su composición por bioma, los tres Páramos son bastante similares y están compuestos por Orobiomas altos de los Andes y Orobiomas medios de los Andes, ambos medianamente comunes en Colombia.

Por otro lado, gran parte del territorio, está constituido por Unidades de Análisis con una rareza Alta, estas corresponden a Unidades presentes en las áreas Andinas, de Valles interandinos y del Caribe. Regiones únicas presentes en Colombia. Las Unidades de Análisis de rareza baja, o menos únicas, están distribuidas en la región Pacífica y cubren el 31% del territorio.

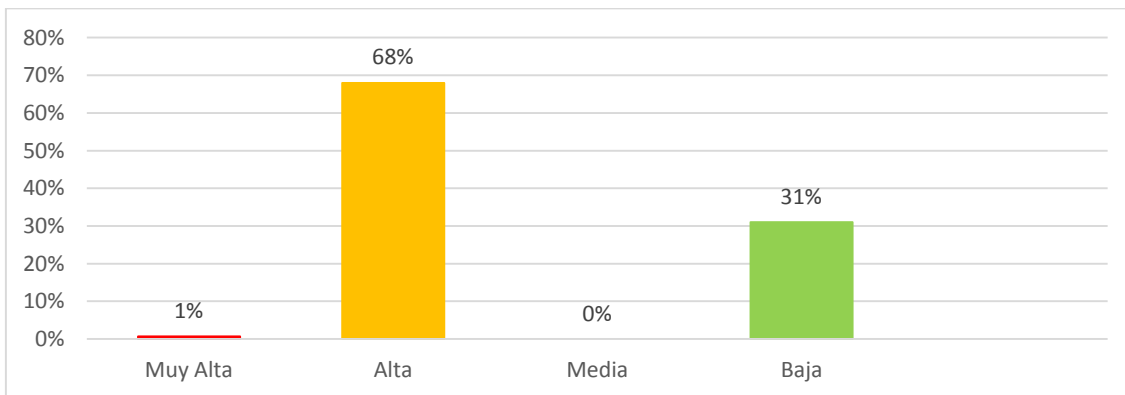
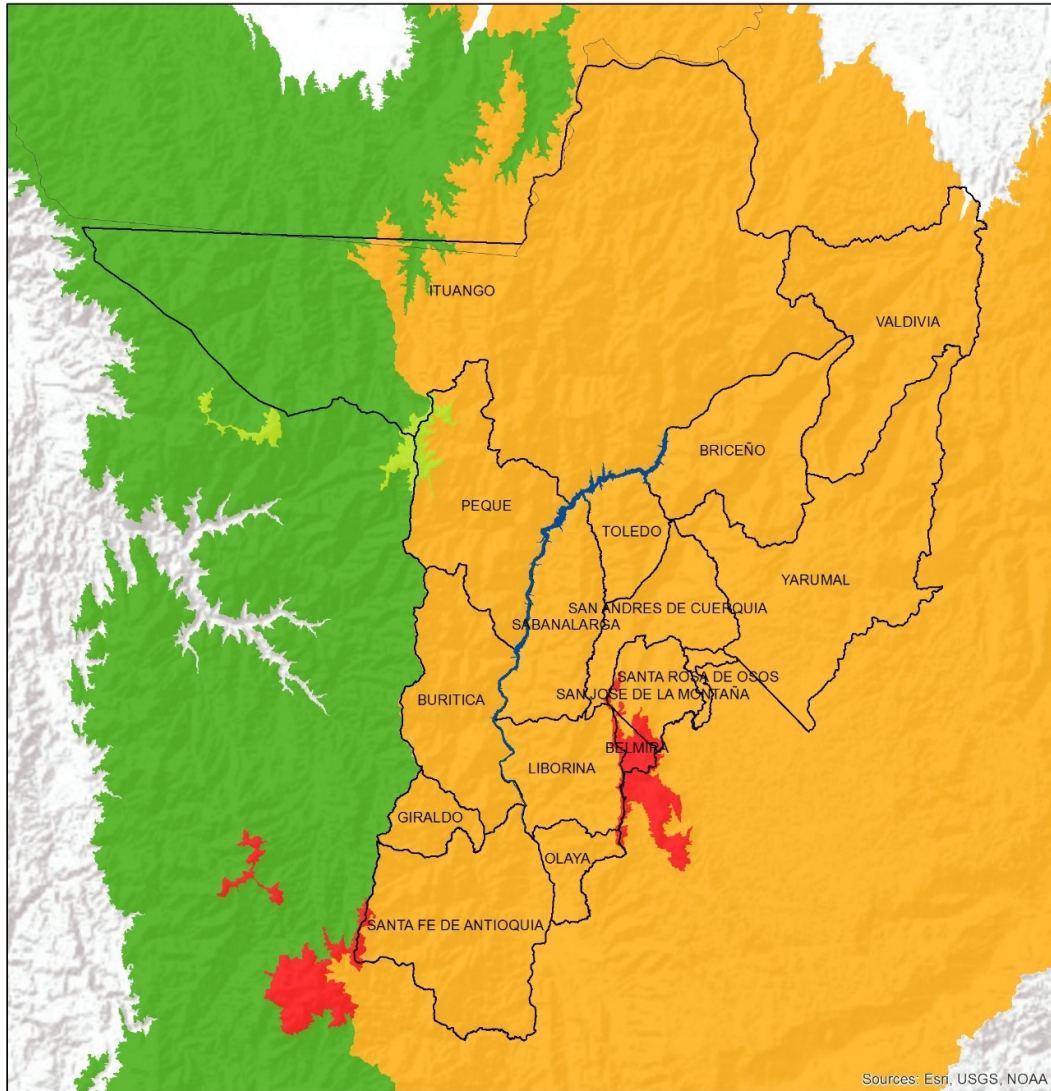


FIGURA 7 PORCENTAJE DE ÁREA PARA EL TERRITORIO DEL MET Y SU RESPECTIVA CATEGORÍA DE RAREZA



Sources: Esri, USGS, NOAA



MAPA 9 MAPA DE RAREZA ECOSISTÉMICA EN EL ÁREA DE ESTUDIO DEL MODELO DE ESTADO Y TENDENCIAS DE LA BIODIVERSIDAD

REPRESENTATIVIDAD

Fuente: Mapa de Unidades de Análisis Territorial y Mapa del SINAP.

Descripción: Corresponde al porcentaje en el que un ecosistema se encuentra contenido en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP.

Importancia: Esta información permite priorizar áreas para el establecimiento de nuevas áreas protegidas tanto del orden nacional, como regionales o locales, que permitan contribuir a las metas de conservación del país y a su vez aumentar la cobertura de todos los ecosistemas nacionales dentro de figuras legales de protección.

Cálculo: La representatividad se calculó con las capas del RUNAP (Registro Único de Áreas Protegidas) y las Unidades de Análisis Territorial. Para esto en primer lugar se unieron las tres capas del Runap para formar una sola capa con la información de áreas protegidas registradas en el Sistema Nacional de áreas protegidas. Luego esta capa resultante se intersectó con la capa de Unidades de Análisis Territorial, de modo que se pueda conocer el área de las unidades de análisis que se encuentra en alguna figura de conservación. Por Unidad de Análisis se determinó su porcentaje de representatividad en el Sistema de Áreas Protegidas y finalmente, este porcentaje se reclasificó en los valores determinados en el Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad. Estos valores se presentan a continuación: 0% = Omisión = 3.00 (5), <1% = Muy Alta Insuficiencia = 2.50 (4), 1.1-10% = Alta Insuficiencia = 2.00 (3), 10.1-50% = Insuficiencia = 1.50 (2), 50-99.9% = Baja Insuficiencia = 1.25 (1), 100% = Sin Vacío = 1.00 (0). Los valores en paréntesis, corresponden a los valores dados en cada categoría, que se utilizarán en la integración de cada componente para la obtención de un valor único.

Resultados:

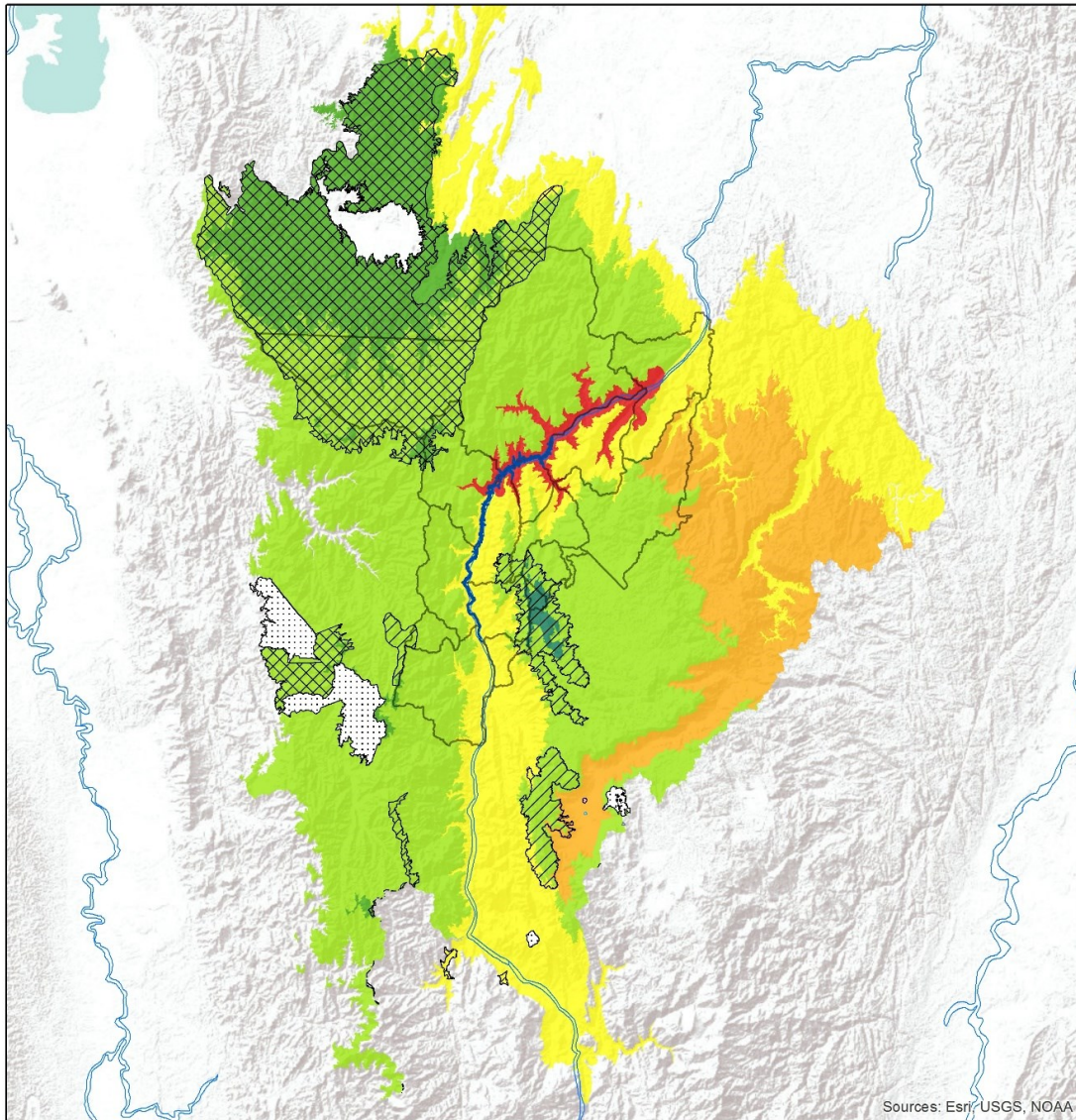
Los resultados para el área de estudio arrojaron lo siguiente (Tabla 6; Mapa 10): Hay dos ecosistemas con 0% de representatividad en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), estos son el **Orobioma con bosque subandino oriental del alto Nechí de la cordillera central, y el Zonobioma húmedo del valle en el cañón del Cauca**, este último es uno de los ecosistemas que será impactado de manera directa por el PHI, la zona norte de la represa correspondiente a la zona de presa se encuentra localizada dentro de esta Unidad de Análisis. En la categoría de Muy Alta representatividad, está solamente el Páramo de Belmira. Viendo estos resultados, es claro que la implementación de acciones de conservación ya sea por medio de las compensaciones ambientales por pérdida de biodiversidad o de otro tipo, que contemplen la creación o establecimiento de nuevas áreas protegidas de orden nacional, regional, o local se hacen necesarias en aquellos ecosistemas poco representados o cero representados.

Estos resultados van mostrando cuales son las acciones más importantes para implementar en el territorio acorde a las necesidades del mismo. Acciones de compensación, planes territoriales para la conservación de la biodiversidad, entre otros, deben tener en cuenta lo que el territorio y sus elementos dicen.

TABLA 6 VALORES Y CATEGORÍAS DE LA REPRESENTATIVIDAD ECOSISTÉMICA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Unidad de Análisis	Porcentaje de cobertura dentro del SINAP	Representatividad	Categoría
Orobioma con bosque andino y altoandino en el alto Nechí de la cordillera Central	11,8%	1,5	Insuficiencia
Orobioma con bosque andino y altoandino en el estrecho Cauca	28,2%	1,5	Insuficiencia
Orobioma con bosque andino y altoandino noroccidentales de la cordillera Occidental	24,7%	1,5	Insuficiencia
Orobioma con bosque andino y altoandino orientales del estrecho Cauca de la cordillera Occidental	23,5%	1,5	Insuficiencia
Orobioma con bosque subandino en Quindío - Antioquia en el Estrecho Cauca	2,8%	2	Alta insuficiencia
Orobioma con bosque subandino en Sinú - San Jorge	2,4%	2	Alta insuficiencia
Orobioma con bosque subandino noroccidentales de la cordillera Occidental del bajo Atrato	33,9%	1,5	Insuficiencia
Orobioma con bosque subandino oriental de la cordillera Occidental	17,0%	1,5	Insuficiencia
Orobioma con bosque subandino oriental del alto Nechí cordillera Central	0,6%	2,5	Muy alta insuficiencia
Páramo de Belmira	100,0%	1,25	Sin vacío
Páramo de Frontino - Urrao	79,0%	1,25	Baja insuficiencia
Páramo de Paramillo	99,4%	1,25	Baja insuficiencia

Zonobioma altermohigrico y/o subxerofitico en el Estrecho del Cauca	1,1%	2	Alta insuficiencia
Zonobioma húmedo del valle de los ríos Sinú y San Jorge	91,1%	1,25	Baja insuficiencia
Zonobioma húmedo del valle del río Magdalena en Nechí	2,0%	2	Alta insuficiencia
Zonobioma húmedo del valle del río Magdalena en Sinú - San Jorge	12,3%	1,5	Insuficiencia
Zonobioma húmedo valle en el cañon del Cauca	0,0%	3	Omisión



Sources: Esri USGS, NOAA

LEYENDA		MODELO DE INTEGRACIÓN TERRITORIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO		MAPAS CONTEXTO	
Representatividad OMISION MUY ALTA INSUFICIENCIA ALTA INSUFICIENCIA INSUFICIENCIA BAJA INSUFICIENCIA SIN VACIO Área del embalse				<p>MAGNA_Colombia_Geste Proyección: Transversal_Mercator Falso_Este: 1000000,0 Falso_Northing: 1000000,0 Meridiano Central: -77,07750731666666 Origen de Latitud: 4,595200416666666</p>	
SINAP DMI PNN RFP					
		FUENTE: IGAC, EPM, VON HUMBOLDT			

MAPA 10 REPRESENTATIVIDAD DE LOS ECOSISTEMAS EN EL SINAP PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

INTEGRIDAD ECOLÓGICA

Fuente: Mapa de cobertura de la tierra Corine Land Cover 2012.

Descripción: Este análisis se obtiene a partir de métricas del paisaje, pretende darle un valor de contexto paisajístico a cada parche de cobertura natural aún existente en la región. Las métricas utilizadas, pueden dar referencia del estado de fragmentación del paisaje, a la vez que del potencial de cada parche para mantener una correcta estructura, composición y función, que mantenga un equilibrio en el territorio.

Importancia: El índice de integridad ecológica, permite tener una aproximación al estado tanto funcional como de estructura y composición de los parches naturales. Los parches pueden contar la historia de transformación del territorio, de manera que es posible tener una aproximación al potencial de los mismos para la prestación de servicios ambientales (Ferraz 2014). El tamaño de un parche, su forma y el área núcleo, son considerados como indicadores de la conservación de ciertos hábitats. Ferraz (2014) considera que mayores niveles de integridad ecológica (contexto paisajístico) de parches de bosque, tienen un impacto positivo para balancear la transformación de áreas aledañas, y hacerlos clave para conservar la biodiversidad local en escenarios heterogéneos.

Cálculo: Con el objeto de cuantificar métricas del paisaje para el área de estudio se analizaron índices a nivel de fragmentos. Para este estudio se aplicaron cuatro métricas a cada conjunto de fragmentos de la misma clase de cobertura utilizando el software Fragstats 4.1 (McGarigal et al., 2012). Este análisis permite explicar, de manera holística, y a manera de proxy el contexto paisajístico de los fragmentos (Hernández-Manrique y Hurtado, 2012), y que en este caso se llamará integridad ecológica. Los resultados fueron clasificados en 6 categorías: Sin Integridad (0), y de Muy Baja (1) a Muy Alta (5). Los valores en paréntesis, corresponden a los valores dados en cada categoría, que se utilizarán en la integración de cada componente para la obtención de un valor único).

Estos resultados están dados a nivel de parche de cobertura, y no por UAT, para obtener un valor de Integridad por UA, que permita su integración con los otros componentes del Índice de Paisaje, se aplicó el siguiente algoritmo:

$$UA1 = [(((\text{Área Categoría 0 en UA1} / \text{TotalAreaUA1}) * 100) * 0) + (((\text{Área Categoría 1 en UA1} / \text{TotalAreaUA1}) * 100) * 1) + \dots + (((\text{Área Categoría 5 en UA1} / \text{TotalAreaUA1}) * 100) * 5)]$$

Los valores obtenidos por cada UA luego fueron reclasificados por Jenks (natural breaks) en 5 categorías desde Muy Baja (5) a Muy Alta (1).

Las métricas del paisaje utilizadas se describen a continuación (modificado de Hernández-Manrique y Hurtado 2012).

Dentro de los índices analizados se encuentran:

- Área total del fragmento (AREA), definido como el área en hectáreas de cada fragmento: los fragmentos con mayor área son los más funcionales y, por lo

- tanto, los más favorables para la conservación.
- Área núcleo del fragmento (CORE), en hectáreas: a mayor área núcleo, mayor probabilidad de que los fragmentos persistan en el tiempo, a pesar de la presión antrópica circundante.
 - Forma (SHAPE): permite determinar qué tan regular o irregular es la forma de un fragmento determinado, mediante valores a partir de 1, siendo 1 la mejor forma, o sea aquella coincidente con un círculo. En consecuencia, los valores bajos corresponden a fragmentos más aglomerados, que cuentan con formas más regulares y, por lo tanto, son considerados más favorables para la conservación. Se ajustó esta métrica así $FORMA = (1/SHAPE)*CORE$
 - Índice de proximidad (PROX): a mayor valor de este índice, más proximidad o continuidad entre los fragmentos de su tipo.

En primer lugar, los valores obtenidos para cada una de estas cuatro métricas se organizan en tres rangos (alto, medio y bajo), usando el método estadístico de cuartiles⁴.

En esta clasificación la métrica FORMA (SHAPE) se utiliza de manera compuesta, tomando su inverso multiplicado por el área núcleo del fragmento, con el objetivo de atenuar su peso relativo en la valoración de la integridad.

Luego las cuatro métricas seleccionadas se re-organizan en dos ejes perpendiculares para su combinación, agrupadas en dos grupos: Grupo A compuesto por área y área núcleo (core); y Grupo B compuesto por forma y proximidad (Tabla 7), según los rangos de clasificación. Finalmente, estas combinaciones se clasifican en una matriz (Tabla 8), asignándoles valores de 1 a 5, para obtener cinco niveles de integridad (donde 5 corresponde a la mayor integridad y 1 a la menor).

TABLA 7 CLASIFICACIÓN DE LOS GRUPOS A Y B

Grupo A		ÁREA (Ha)			Grupo B		FORMA = $(1/forma)*Área$ núcleo		
		Bajo	Medio	Alto			Bajo	Medio	Alto
ÁREA NÚCLEO	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	PROX	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
	Medio	Bajo	Medio	Alto		Medio	Bajo	Medio	Alto
	Alto	Medio	Alto	Alto		Alto	Medio	Alto	Alto

⁴ Los cuartiles son los valores utilizados para dividir un conjunto de números en cuatro grupos iguales. Los datos se colocan en orden y se dividen por la mitad con una mediana, para obtener los puntos de corte.

TABLA 8 RANGOS DE CLASIFICACIÓN DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA

		ÁREA & ÁREA NÚCLEO		
		Bajo	Medio	Alto
FORMA & PROXIMIDAD	Bajo	1	2	3
	Medio	2	3	4
	Alto	3	4	5

Para obtener valores de Integridad ecológica por Unidad de Análisis Territorial: 1. Se identificó el porcentaje de área que cada categoría de Integridad (de Muy Baja a Muy Alta) ocupa por UA. 2. Ese valor porcentual, se multiplica por un valor asignado (Sin Integridad = 0, Muy Baja =1, Baja =2, Media=3, Alta=4, Muy Alta= 5), 3. luego estos valores se suman por UA para obtener un valor total, 4. Los valores de las 17 UA se reclasificaron por Natural Breaks en 5 categorías, para poder clasificar cada UA de Muy Baja a Muy Alta. Los resultados se observan en el Mapa 11. Al tener un valor ponderado por UA, se puede comparar con los otros componentes de este Índice del estado de conservación del paisaje.

Resultados:

Los resultados muestran aquellos parches de coberturas naturales remanentes en la zona y su respectivo valor de integridad. Estos resultados se resumen en la Figura 8 y Mapa 11 y 12. Los resultados muestran que más del 50% del territorio corresponde a ecosistemas transformados, ya sea con cultivos, pasturas para ganadería o infraestructura, por esta razón no entran dentro de un análisis de integridad ecológica, esto significa que un 48% del territorio tiene aún coberturas naturales. De aquellos parches con integridad ecológica, el 19% del área corresponde a parches con integridades muy altas, esto se traduce, en parches de tamaños grandes, con buenas áreas núcleo, formas regulares y menos fragmentación. En el otro extremo, está 14% del territorio, clasificado en integridad Muy Baja, donde sus parches son pequeños, con áreas núcleo pequeñas, y posiblemente formas irregulares, lo que favorece el efecto de borde. Es claro en el Mapa 11, que los parches dentro de la categoría de Muy Baja integridad, muestran la gran fragmentación de estos parches naturales y su distribución repartida en el área de estudio. Parches con niveles muy bajos de integridad, se podría asumir, son menos resilientes y más vulnerables ante motores de transformación y actividades antropogénicas que puedan afectarlos. En el Mapa 12, se ve una ponderación de estos niveles de Integridad ecológica por Unidad de Análisis.

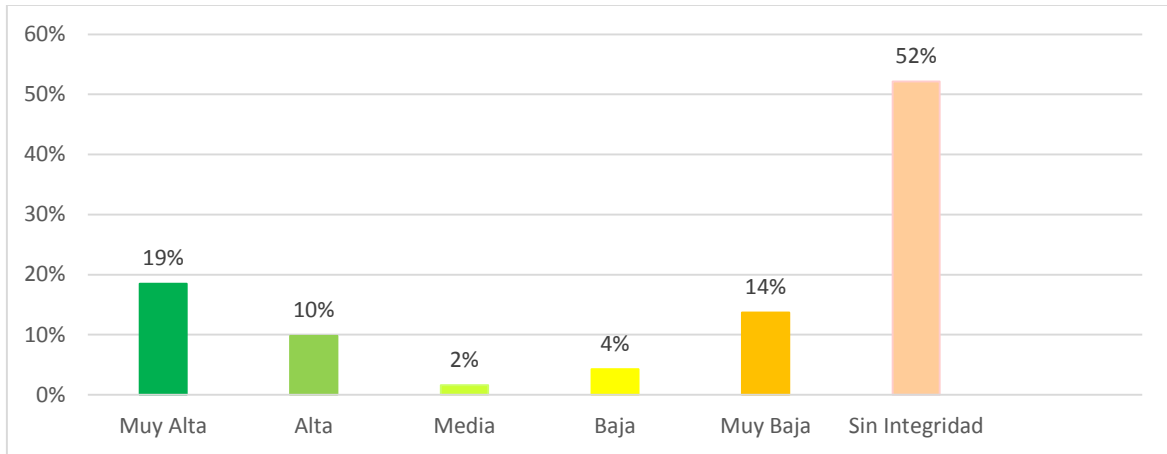
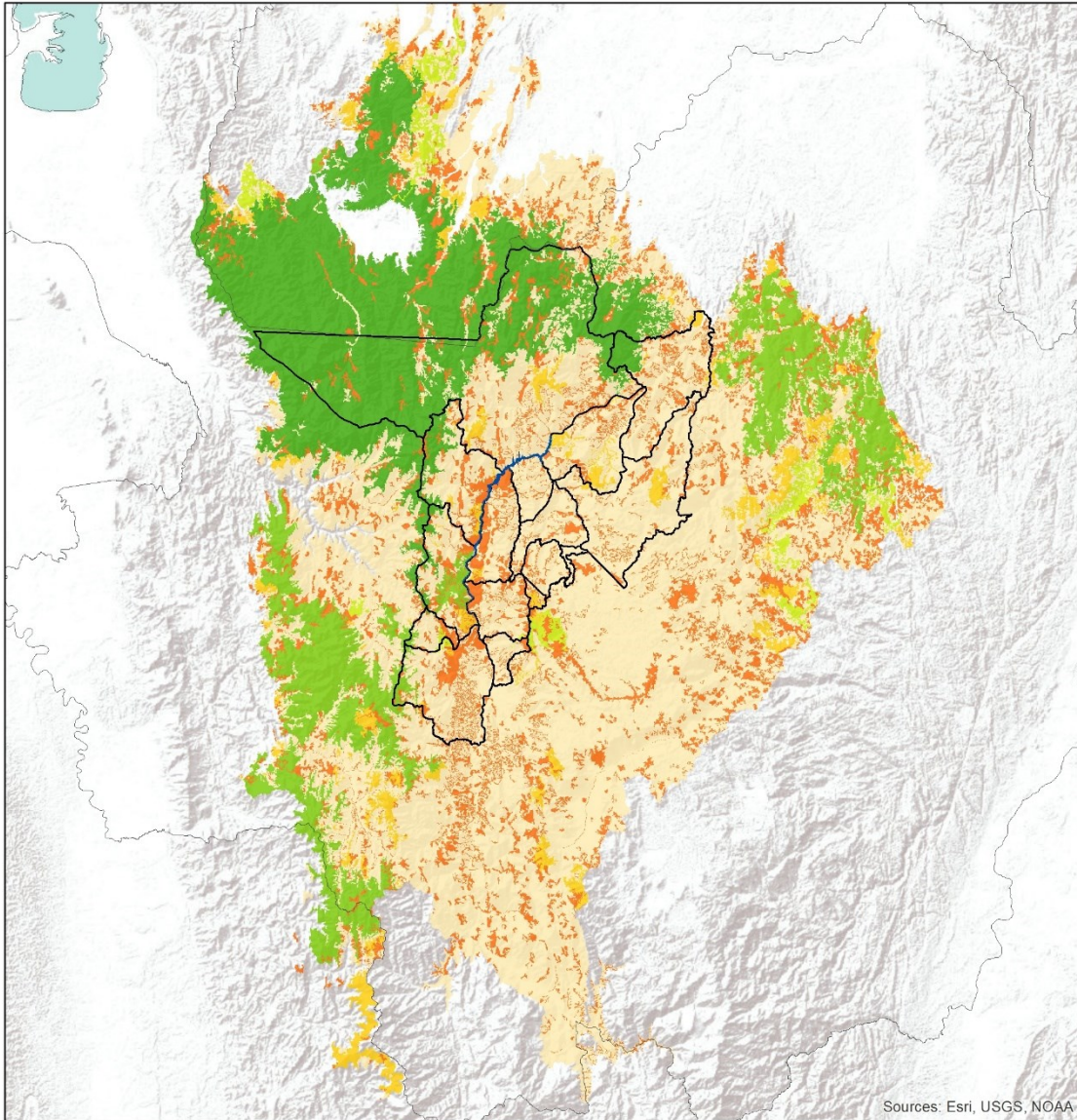


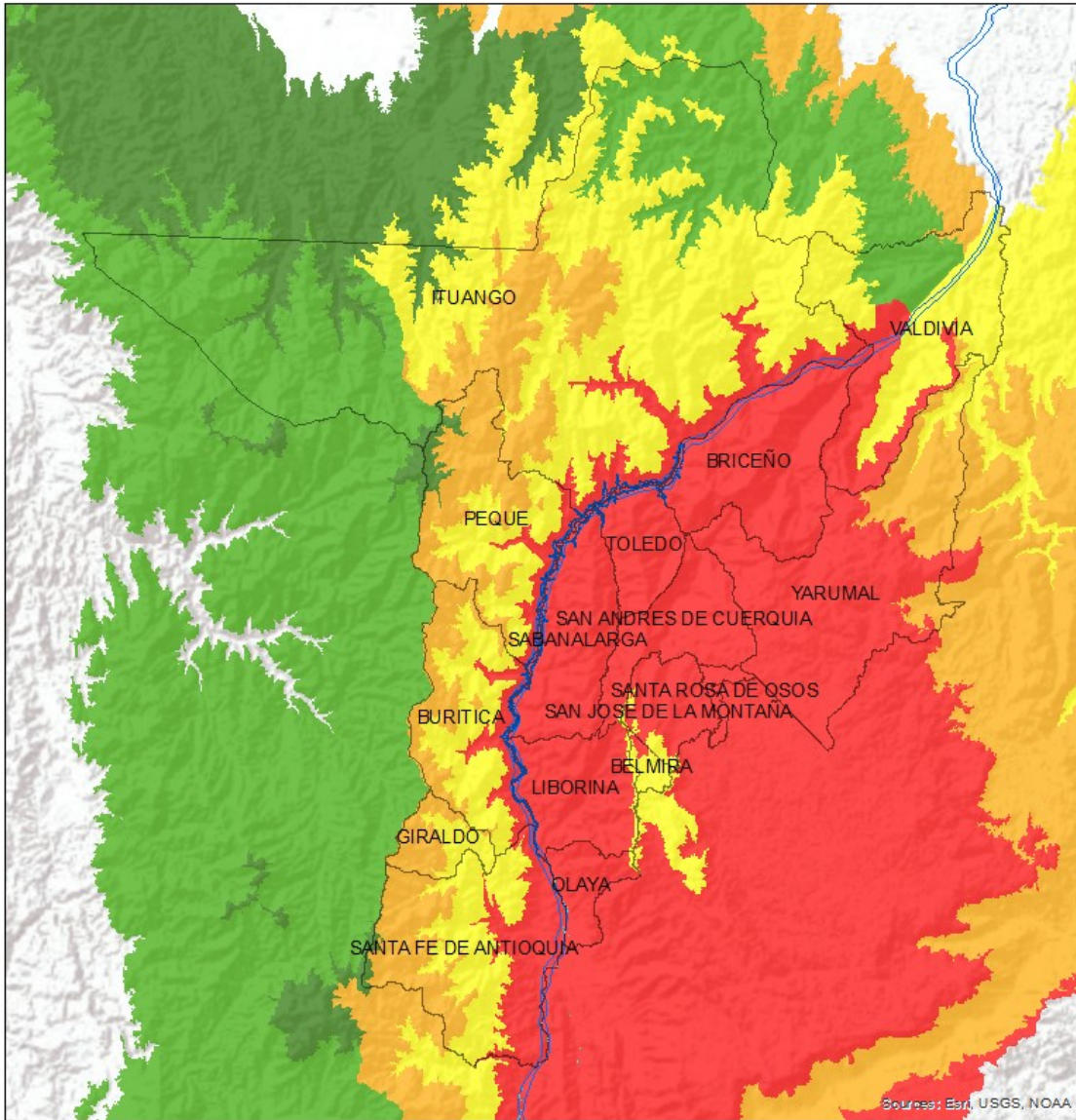
FIGURA 8 VALORES PORCENTUALES DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA TOTAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO



Sources: Esri, USGS, NOAA



MAPA 11 . INTEGRIDAD ECOLÓGICA DEL TERRITORIO



MAPA 12 INTEGRIDAD ECOLÓGICA PONDERADA POR UNIDAD DE ANÁLISIS

TASA DE CAMBIO

Fuente: Mapa Coberturas de la Tierra versiones 2007 y 2012.

Descripción: Corresponde a aquellos pixeles que su cobertura natural cambió de categoría natural y/o cuerpos de agua (Categoría 3, 4 y 5 según CLC 2007) a Territorios Agrícolas (Categoría 2) o Territorios Artificializados (Categoría 1 según CLC 2012).

Importancia: Este componente permite mostrar la tendencia de transformación del territorio y la pérdida de coberturas naturales y ecosistemas acuáticos por efectos de actividades humanas. La tasa de cambio es un buen indicador de línea base, que puede ser recalculado en unos años y demostrar si las acciones de conservación de la biodiversidad que están teniendo lugar en el área de influencia del PHI han surtido efecto o no.

Cálculo: En primer lugar se identificaron aquellos pixeles que habían cambiado de 2007 a 2012 de Categoría 3, 4 o 5 a Categoría 2 o 1. Y con esto se presenta un mapa de Cambio/No cambio. Luego para dar valores por UA, se calculó el porcentaje de cambio por UA y se reclasificó en 5 categorías de la siguiente manera: Muy Alta (5) > 50%, Alta (4) <20% - 50%, Media (3) >10% - 20%, Baja (2) >5% - 10%, Muy Baja (1) <5%. Los valores en paréntesis, corresponden a los valores dados en cada categoría, que se utilizarán en la integración de cada componente para la obtención de un valor único.

Resultados:

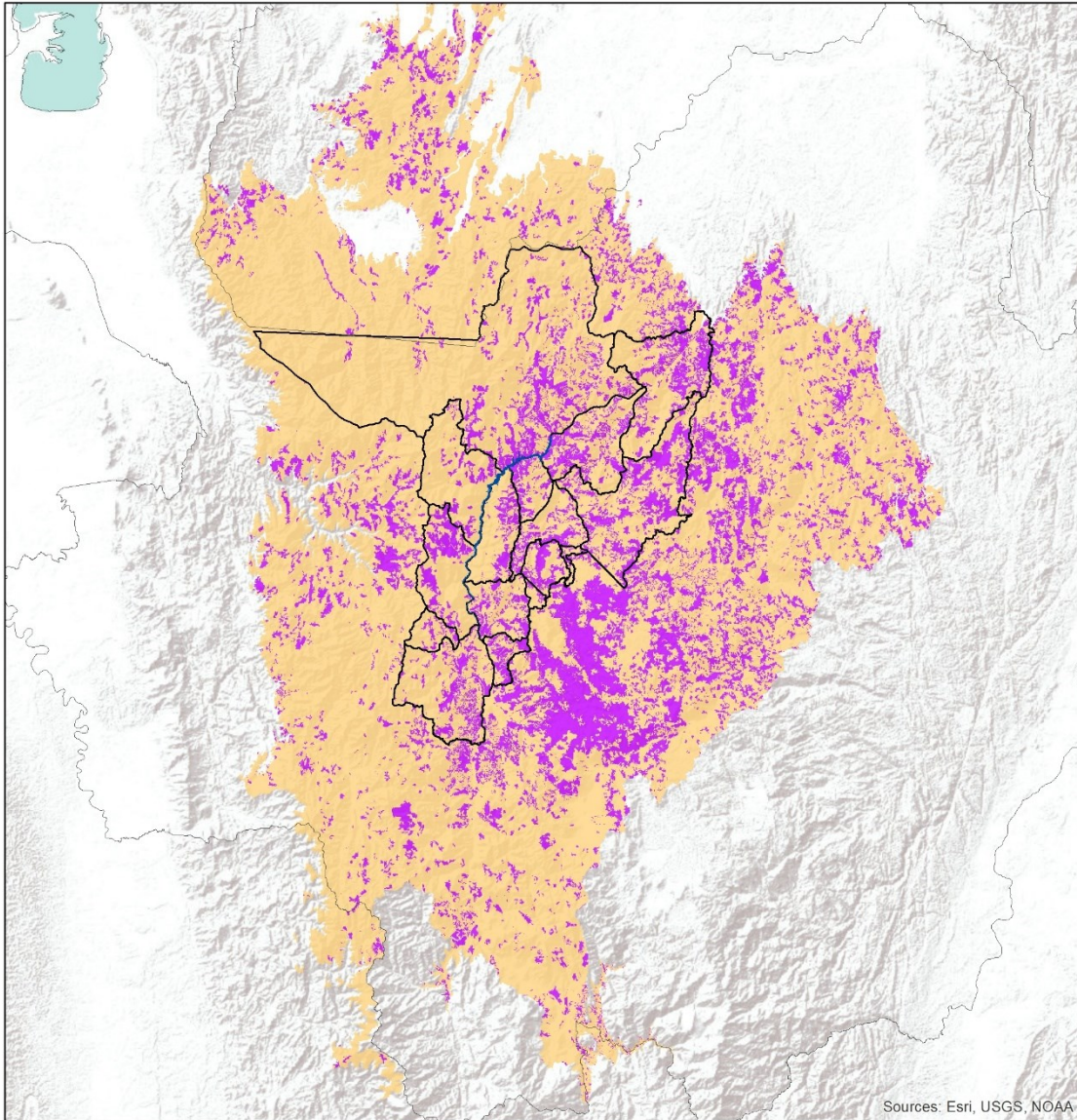
Los resultados, muestran que casi un 20% del territorio ha cambiado en sus coberturas naturales. Este cambio es percibido como negativo, ya que lo que se muestra en el Mapa 13 son aquellas áreas que en el 2007 según el mapa de coberturas de la tierra (IDEAM 2008) aparecían como áreas de Bosques y áreas seminaturales (Categoría 3), Áreas Húmedas (Categoría 4) y Superficies de Agua (Categoría 5), y que para el 2012 habían sido transformadas a Territorio Artificializados (Categoría 1) y/o Territorios agrícolas (Categoría 2).

El Mapa 14, muestra una reclasificación de los porcentajes de área transformada para cada una de las Unidades de Análisis. Esta reclasificación tiene en cuenta los siguientes criterios: Categoría Muy Alta aquellas áreas con cambio mayor al > 50% del territorio, categoría Alta con cambios entre el 20% y el 50% del área, Media con cambios de área entre el 10% y el 20%, Baja del 5% al 10% y Muy Baja por debajo del 5%.

Cuando vemos estos resultados a nivel de Municipio (Tabla 9), se ve como ha habido pérdida de coberturas naturales para todos los municipios en mayor o menor proporción, pero existe una tendencia al cambio. Municipios de Olaya y San José de la Montaña son aquellos con mayor transformación de su territorio.

TABLA 9 PORCENTAJE DEL TERRITORIO QUE HA SUFRIDO UN CAMBIO EN SUS COBERTURAS NATURALES DEL 2007 AL 2012 EN LOS MUNICIPIOS DE INFLUENCIA DEL PHI

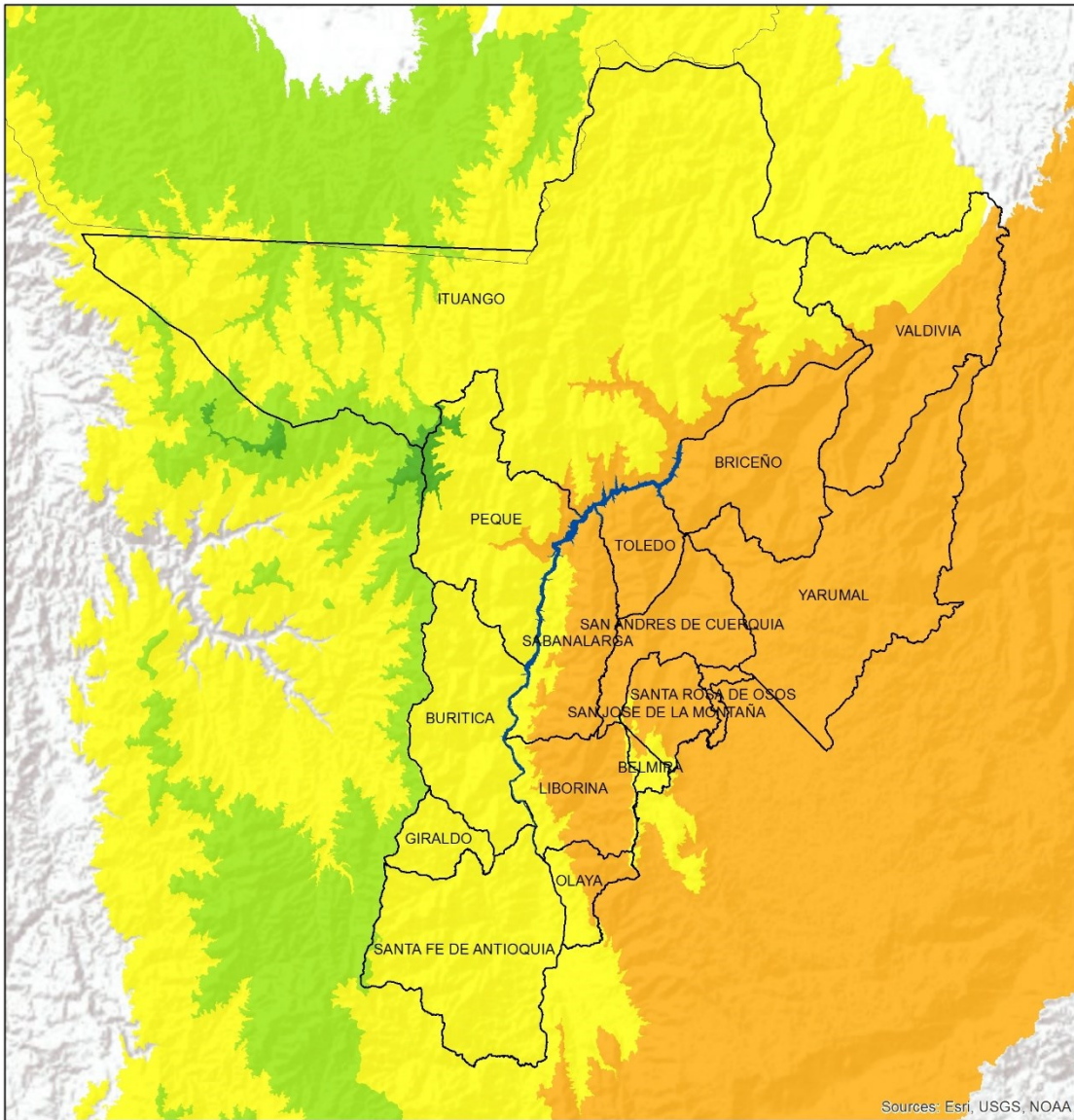
Municipio	% cambio 2007-2012
Belmira	18,80
Briceño	34,12
Buriticá	31,67
Giraldo	20,37
Ituango	12,95
Liborina	31,96
Olaya	51,30
Peque	12,16
Sabanalarga	21,39
San Andrés de Cuerquia	33,62
San José de la Montaña	42,98
Santa Fe de Antioquia	24,27
Santa Rosa de Osos	31,57
Toledo	34,89
Valdivia	30,10
Yarumal	37,76



Sources: Esri, USGS, NOAA



MAPA 13 TASA DE CAMBIO PARA EL ÁREA DE ESTUDIO



<p>LEYENDA</p> <p>Tasa de cambio</p> <ul style="list-style-type: none"> Alta Media Baja Muy baja <p> Área del embalse</p>	<p>MODELO DE INTEGRACIÓN TERRITORIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO</p> <p style="text-align: center;">N W —+— E S</p> <p>FUENTE: IGAC, EPM, VON HUMBOLDT</p>	<p>MAPAS CONTEXTO</p> <p>MAGNA_Colombia_Ceste Proyección: Transversal_Mercator Falso_Este: 1000000.0 Falso_Nothing: 1000000.0 Meridiano Central: -77.07760791688666 Origen de Latitud: 4.596200416886666</p>
--	--	---

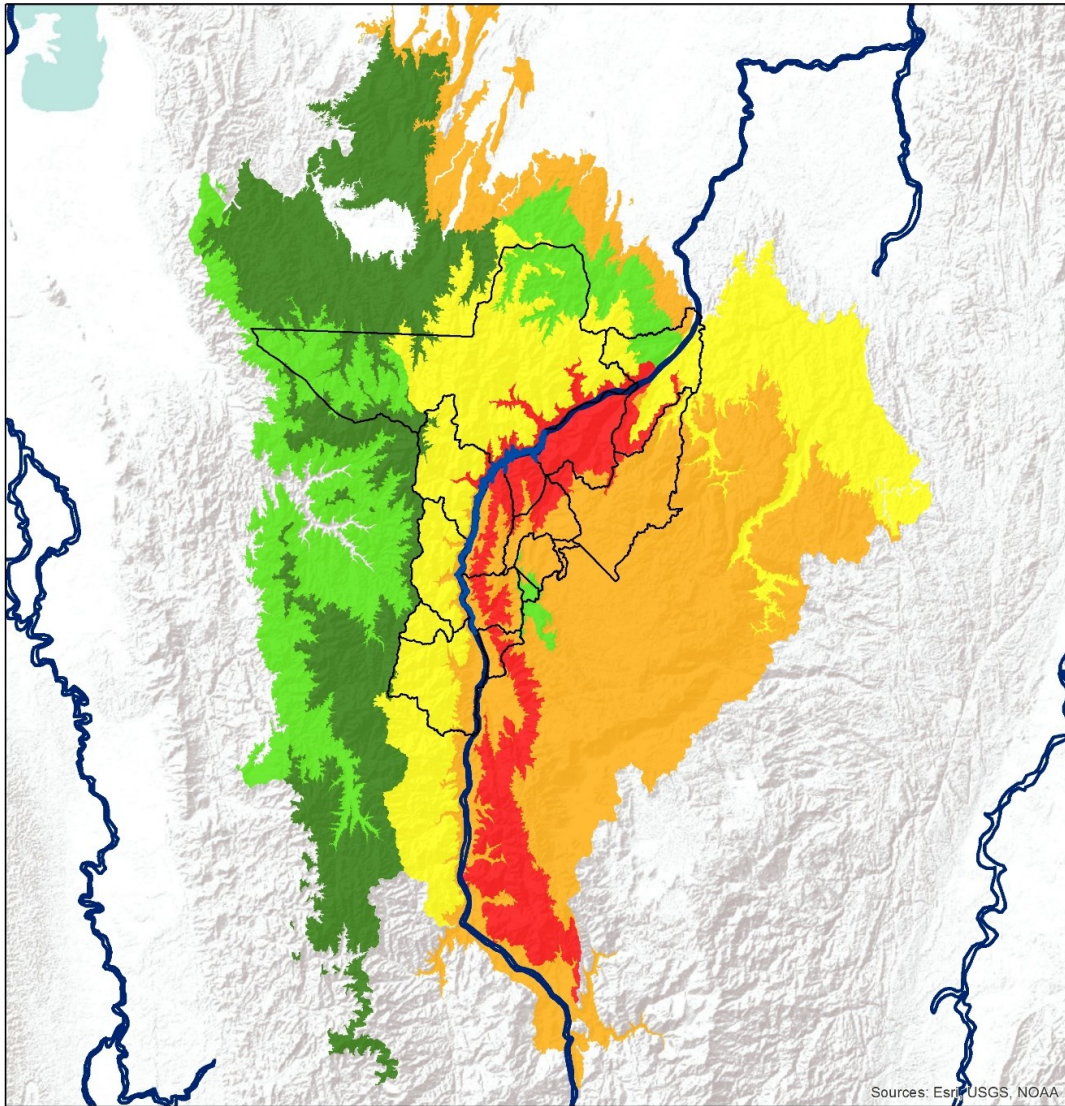
MAPA 14 TASA DE CAMBIO PONDERADA POR UNIDAD DE ANÁLISIS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

INDICE INTEGRADO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAISAJE

Este índice integra los valores de Remanencia, Rareza, Integridad, Representatividad y Tasa de Cambio en un solo. Los resultados se presentan por UAT. Este resultado permite tener comparaciones entre los diferentes ecosistemas potenciales y conocer cuáles son las necesidades de cada uno en términos de conservación. El Mapa 15 muestra bajo la categoría de Muy Alto y Alto a aquellas Unidades de Análisis en mejores condiciones de paisaje, según los análisis independientes realizados. Como se aprecia, estas UA corresponden a aquellas más equidistantes del área del embalse. Respecto a las dos UA que serán impactadas de manera directa por el proyecto, el Zonobioma alternohígrico y/o subxerofítico en el Estrecho del Cauca está bajo la categoría de BAJO y el Zonobioma húmedo valle en el cañón del Cauca está bajo categoría de MUY BAJO en cuanto al estado de conservación del paisaje. Estos resultados pueden verse con mayor claridad en la Figura 9, donde se presentan de manera separada cada uno de los componentes de este índice para todas las UA.

Los resultados muestran como son los páramos los que mejor condición tienen en comparación con el resto de las Unidades de Análisis, sin embargo hay que tener en cuenta que dos de ellos (Páramo de Belmira y el Páramo de Frontino-Urrao) tienen valores de rareza muy alta, haciéndolos imprescindibles dentro del área de estudio, ya que afectaciones a estos pondrán en riesgo la existencia de UA únicas en el país. Por otro lado, además de las dos UA más preocupantes, mencionadas en el párrafo anterior, el Orobioma con bosque subandino en Quindío-Antioquia en el estrecho Cauca y el Orobioma con bosque andino y altoandino del estrecho Cauca, el Orobioma con bosque subandino oriental del alto Nechí cordillera Central y el Zonobioma húmedo del valle del río Magdalena en Nechí, son otras de las UA que puntúan con los peores valores para estos índices que pretende ver el estado de conservación del paisaje. La visión ecosistémica del área de influencia del PHI, es de gran importancia para entender dinámicas y situaciones más regionales que están teniendo lugar, y en las cuales los municipios de influencia directa están inmersos.

Esfuerzos enfocados a mejorar los niveles de Remanencia, Representatividad, Integridad Ecológica y disminuir la tasa de cambio deben ser priorizados en estas Unidades de paisaje. Entender los ecosistemas locales, su presencia en los diferentes municipios, y las afectaciones que están teniendo, es clave para llevar a cabo acciones de conservación, o para el caso de Hidroituango, acciones de compensación por pérdida de biodiversidad, acordes a las necesidades de estos ecosistemas y sus componentes, y no acciones impuestas acorde a las necesidades de la empresa.



Sources: Esri, USGS, NOAA



MAPA 15 ÍNDICE DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAISAJE EN LOS MUNICIPIOS DE INFLUENCIA DEL PHI

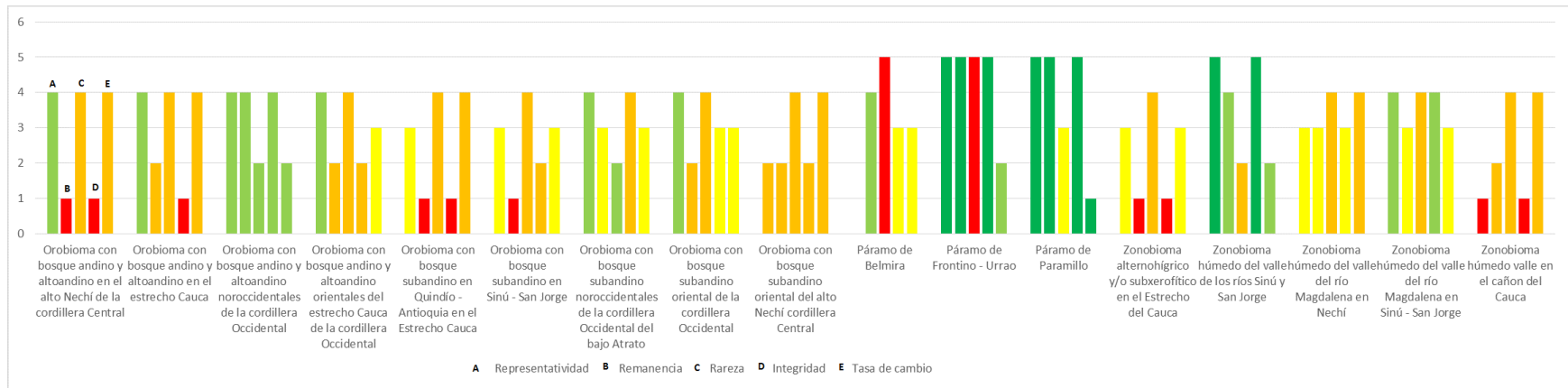


FIGURA 9 ÍNDICES QUE COMPONEN EL ÍNDICE DEL ESTADO DEL PAISAJE PARA CADA UNA DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS. LOS VALORES DEL EJE Y, CORRESPONDEN A LAS CATEGORÍAS DE 1: MUY BAJA, 2: BAJA, 3 MEDIA, 4 ALTA Y 5 MUY ALTA. PARA EL CASO DE REPRESENTATIVIDAD (A): 0. SIN VACÍO, 1. OMISIÓN, 2. MUY ALTA INSUFICIENCIA, 3. ALTA INSUFICIENCIA, 4. INSUFICIENCIA, 5. BAJA INSUFICIENCIA

ÍNDICE DE PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD (ÍNDICE DE AMENAZA E ÍNDICE DE VULNERABILIDADES).

Según Hernández-Manrique *et al* (2015), se entiende como “*probabilidad de colapso el posible cambio o transformación al que están sometidos los ecosistemas debido a una alteración en su estabilidad y diversidad lo que causa una reducción en su capacidad de proveer servicios ecosistémicos, resiliencia y su efecto amortiguador, al igual que su resistencia a la invasión y otros atributos funcionales*”. “*Colapso no indica la desaparición del sistema, lo que indica es una transformación del ecosistema original en un socio-ecosistema dominado por actividades y creaciones antrópicas* (Mendenhall *et al.* 2014)”. Este índice se convierte en un indicativo para limitar el uso de los recursos, del territorio, y para inducir la degradación o mejorar las condiciones de los ecosistemas.

Sala y colaboradores (2005) han establecido que existe una relación entre la pérdida de hábitat, la pérdida de biodiversidad y la reducción en la provisión de servicios ecosistémicos, y que esta relación aunque no es clara aún, condiciona las probabilidades de extinción tanto de especies como de ecosistemas. Al haber un aumento en la pérdida de hábitat, se incrementará en primer lugar la pérdida de especies de niveles tróficos altos (depredadores), y al haber pérdida de hábitat extremo, la extinción de especies se verá a niveles de plantas y microorganismos, logrando el colapso del ecosistema como se conocía, y transformándolo en algo nuevo. Es claro que el cambio en las coberturas naturales, que llevan a su fragmentación, por parte de motores de transformación del ecosistema, aumentan la susceptibilidad del territorio a eventos de fuego, inundación deslizamientos, erosión, etc. (Ferraz 2014; Leadley, et al. 2010), haciendo que esta probabilidad de colapso aumente y por ende se ponga en riesgo no solo a la biodiversidad, si a aquellos procesos ecológicos que dan lugar a la provisión de servicios ecosistémicos que mantienen la calidad de vida de los pobladores locales y que asegurarán el correcto funcionamiento del PHI.

Los motores de transformación del territorio, hacen parte del modelo económico que el país ha implementado desde hace décadas, y que intentan de alguna manera traer bienestar a la población. Sin embargo, el problema radica en la falta de planeación que existe en los sectores para la construcción de vías, la realización de actividades mineras, agrícolas y pecuarias, y de la falta de inclusión de temas referentes a la biodiversidad y servicios ecosistémicos, en pasos anteriores a la puesta en ejecución de estas actividades. El territorio, tiene características intrínsecas que muy pocas veces se consideran. El entender y conocer el territorio, desde cada uno de sus componentes (físicos, químicos, bióticos), y conocer sus vulnerabilidades, puede permitir disminuir las presiones de estos estresores y por ende disminuir las probabilidades de colapso de un ecosistema, llegando a un balance entre las actividades extractivas y de desarrollo y la conservación del capital natural (Leadley et al., 2010).

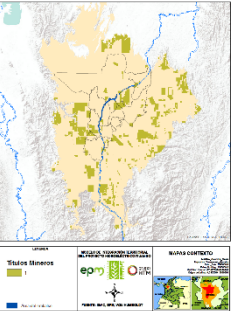
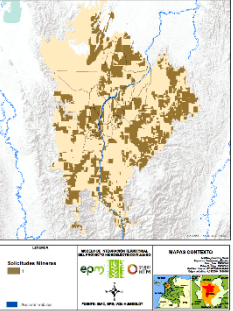
Este índice se construyó a partir de la interacción de los motores de transformación del territorio, tanto antrópicos como climáticos, y las vulnerabilidades o susceptibilidades del territorio. Cada una de las variables utilizadas para este índice (Tabla 10, 11), fue clasificada en tres categorías, Alta (3), Media (2) y Baja (1), y en algunos casos se clasificaron en dos: presencia (1) y ausencia (0). En la tabla 12 se muestran los resultados de la interacción entre variables y sus categorías, y su correspondiente valoración (cinco categorías que van de Muy Baja (1) hasta Muy Alta (5)).

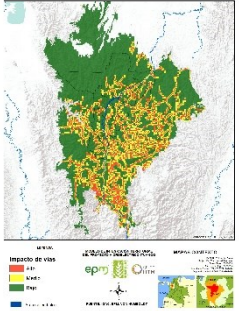
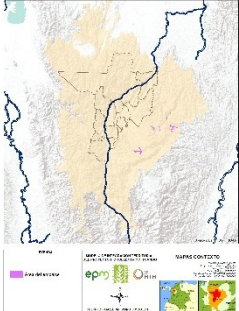
Para cada uno de los píxeles (de 30 metros de lado) que componen el área de estudio, se obtiene un valor final de probabilidad de colapso que se obtiene de la siguiente manera:

1. Se realiza una sumatoria por píxel de cada uno de los valores obtenidos de las interacciones de cada una de los motores de cambio y las susceptibilidades.
2. El valor máximo de interacción se asume como el 100% de probabilidad de colapso, y a partir de ahí por regla de tres es posible asignarle los valores porcentuales al resto de los resultados.

TABLA 10 VARIABLES DE AMENAZA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN ÍNDICE DE PROBABILIDAD DE COLAPSO * **

VARIABLE		SIGNIFICADO	CATEGORÍAS (Valores)	MAPA
Motores de transformación		“Al ser la biodiversidad el soporte para la producción de servicios ecosistémicos, el efecto combinado de los motores directos de pérdida de biodiversidad junto con los motores indirectos operando a diferentes escalas espaciales y temporales generan un detrimento en la capacidad de la los ecosistemas para sustentar la producción de los servicios ecosistémicos que son requeridos para mantener y mejorar las condiciones de bienestar de la sociedad”. (MADS et al. 2012b).		
Motores antrópicos	Tasa de cambio	Corresponde a aquellos pixeles que su cobertura natural cambió de coberturas naturales (Categoría 3 según CLC 2007) a Territorios Agrícolas (Categoría 2) o Territorios Artificializados (Categoría 1 según CLC 2012).	Cambio (1) o No Cambio (0)	
	Sobreutilización del suelo	“La sobreutilización se presenta en las tierras en las cuales los agro-ecosistemas predominantes hacen un aprovechamiento intenso de la base natural de recursos, sobrepasando su capacidad natural productiva; ello lo hace incompatible con la vocación de uso principal y los usos compatibles recomendados para la zona, con graves riesgos de tipo ecológico y/o social. Se ha comprobado además que la sobreutilización del suelo se ve reflejada principalmente en la degradación de los recursos naturales, cuya expresión más evidente es la erosión hídrica. La conversión creciente de tierras agrícolas y forestales en tierras	Alta (3), Media (2), Baja (1), sin sobreutilización (0)	

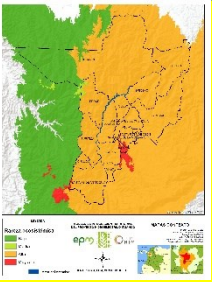
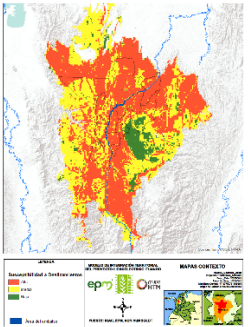
	ganaderas genera numerosos impactos entre ellos ambientales como: incidencia en el cambio climático, pérdida de biodiversidad, compactación de suelos por el cambio de uso, degradación de ecosistemas estratégicos, erosión en surcos debido a sobrepastoreo en zonas pendientes” (MADS <i>et al.</i> 2012b).		
Títulos mineros	Corresponde al número de concesiones mineras en operación presentes en la zona. Esta información proviene de la Agencia Nacional de Minería (ANM) y hace referencia a títulos legales de minería.	Hay (1) o No Hay (0)	
Solicitudes mineras	Corresponde al número de solicitudes mineras que ha recibido la ANM y están en estudio para ser o no adjudicados. Esta corresponde a una amenaza potencial para la biodiversidad y su territorio.	Hay (1) o No Hay (0)	

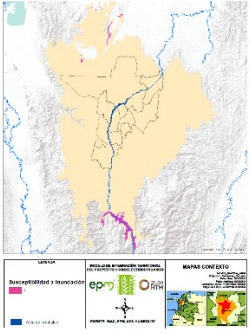
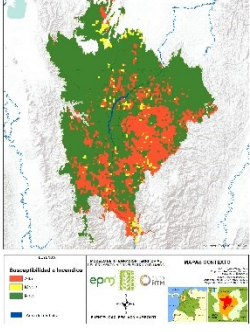
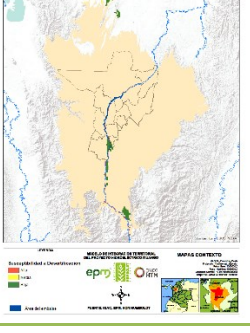
<p>Vías (distancia a vías)</p>	<p>La presencia de vías trae consigo procesos de migraciones, asentamientos y mayor acceso a los recursos naturales. Entre más cerca esté una vía a un parche natural de vegetación o un área prioritaria de conservación, mayores son las probabilidades de acceso y uso a dichas áreas, poniendo en riesgo su estructura, composición y función. Por otra parte la construcción de nuevas vías trae consigo nuevas migraciones y la creación de nuevos asentamientos a las orillas de esta nueva infraestructura. Las obras civiles también aumentan la producción de sedimentos y desestabilizan laderas (Ideam 2015).</p> <p>Por otro lado, según, Ascensão y colaboradores (2017), las vías disminuyen la permeabilidad de los fragmentos de cobertura natural para la movilización de la fauna local. Esto lo justifican debido a que las poblaciones silvestres tienden a aislarse y refugiarse en los remanentes de vegetación de un paisaje fragmentado.</p>	<p>Las categorías corresponden a un buffer realizado a partir de las vías de orden 1, 2 y 3. Alta (>300m) (3), media (300m-1km) (2) y baja (1km-3km) (1).</p>	
<p>Represas</p>	<p>Este motor de transformación considera los diferentes proyectos hidroeléctricos y con embalses en la zona de estudio, no se incluye el área a ser inundada por el PHI, ya que con este índice se muestra el estado actual (pre-represa) del territorio.</p> <p>La presencia de embalses conlleva a un cambio y pérdida de especies, al igual que a una modificación de la conectividad natural de los sistemas terrestres y acuáticos.</p>	<p>Área inundada (1) Área no inundada (0)</p>	

	<p>Escenario de cambio en la temperatura 2011-2040 (IDEAM, PNUD, MADS, CANCELLERI A 2015, Escala 1:100.000)</p>	<p>Se definen como las representaciones más fiables del comportamiento de la temperatura en un futuro dado, que para este caso fueron los periodos 2011 – 2040. Se basan en los datos históricos correspondientes al período 1976 – 2005, proyectados al 2011 - 2100 disponibles en la base de datos del proyecto CMIP5 para temperatura media, máxima y mínima. La unidad de medida del indicador es grados centígrados (°C) la cual oscila entre los 0 a los 1.2 °C de diferencia para el área de estudio. Cuando tiende a 0 es menor el nivel de amenaza frente a la temperatura; cuando tiende a 1.2 °C es mayor el nivel de amenaza frente al cambio de la temperatura futura (Romero 2016).</p>	<p>Alto (0.81°C – 1.2°C) (3), medio (0.51°C – 0.8°C) (2), bajo (0.0°C – 0.5°C) (1).</p>	
<p>Climáticos</p>	<p>Escenario de cambio en la precipitación 2011-2040 (IDEAM, PNUD, MADS, CANCELLERI A 2015, Escala 1:100.000)</p>	<p>Se definen como las representaciones más fiables del comportamiento de la precipitación en un futuro dado, que para este caso es el periodo 2011-2040. Se basan en los datos históricos correspondientes al período 1976 – 2005, proyectados al 2011 - 2100 disponibles en la base de datos del proyecto CMIP5 para la precipitación media anual. La unidad de medida del indicador es en porcentaje (%) la cual oscila entre los -40 % a los 40 % de diferencia. Cuando tiende a -40 significa un decrecimiento muy alto en la precipitación y cuando este valor se acerca a los 40 se entiende como un alto incremento en la precipitación (Romero 2016). Regímenes de lluvias mayores a los usuales pueden ocasionar la saturación de vertientes y acelerar procesos de remoción en masa (deslizamientos) (Ideam 2015), contribuyendo a la producción de sedimentos que pueden a futuro interferir con el funcionamiento del PHI.</p>	<p>Muy alto (>40%) (5), alto (31% a 40%) (4), medio (21% a 30% y -29% a -20%) (3), bajo (11% a 20% y -19% a -10%) (2) y muy bajo (9% a 10%) (1).</p>	

***Modificado de Hernández-Manrique et al. 2015. **Modificado de Romero 2016.**

TABLA 11 VARIABLES DE VULNERABILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN ÍNDICE DE PROBABILIDAD DE COLAPSO

VARIABLE		SIGNIFICADO	CATEGORÍAS (Valores)	MAPAS
Vulnerabilidades		Se consideran aquellas características propias del territorio que lo hacen más o menos frágil, o más o menos predispuesto a sufrir impactos antrópicos o naturales (climáticos).		
Susceptibilidades	Rareza	Se define en términos de la repetición de las Unidades de análisis en contextos diferentes, por una parte que tanto se repiten desde la perspectiva de las Ecorregiones del mundo (Olson <i>et al</i> , 2001) y por otra desde la perspectiva de los Biomas del país (Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, Ideam y otros 2007).	Muy Alta (5), Alta (4), Media (3), Baja (2)	
	Susceptibilidad a remoción en masa (deslizamientos)	Proceso de degradación física e integral de los suelos, que consiste en el desgaste de la superficie de la tierra por el desprendimiento y transporte del suelo y de otros materiales a través de la acción del agua en movimiento y el viento (Romero 2016).	Alta (3), media (2), baja (1), sin susceptibilidad (0)	

<p>Susceptibilidad a inundaciones</p>	<p>Áreas que por condiciones geomorfológicas y características intrínsecas del terreno que son propensas a la ocupación de aguas, ya sea por dinámica fluvial o saturación el suelo por efecto de lluvias (Romero 2016).</p>	<p>Con susceptibilidad (1), Sin susceptibilidad (0)</p>	
<p>Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios</p>	<p>Representa las características intrínsecas de la vegetación y los ecosistemas (carga de combustibles, disposición y grado de combustibilidad), que le brindan cierto grado de probabilidad tanto de sufrir daños, como de resistir y de recuperarse ante un incendio (Páramo s/f)</p>	<p>Alta (3), media (2), baja (1)</p>	
<p>Susceptibilidad a desertificación</p>	<p>Proceso natural derivado a la variación climática o una actividad humana que causan la incapacidad de la tierra para sostener adecuadamente las funciones económicas y/o las funciones ecológicas originales (Ley 461 de 1998).</p>	<p>Alta (3), media (2), baja (1), sin susceptibilidad (0)</p>	

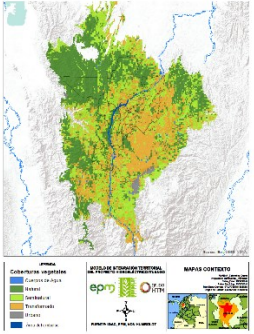
	<p>Coberturas de la tierra</p>	<p>Aunque no se considera como una susceptibilidad, el nivel de transformación del territorio si lo hace más o menos vulnerable a los diferentes motores que tienen impacto en él. Zonas con coberturas naturales o semi naturales se asumen menos susceptibles que coberturas transformadas o suelos desnudos.</p>	<p>Cuerpos de agua (5), natural (4), seminatural (3), transformado (2), y urbano (1). Esta es una reclasificación de la capa de coberturas de Corine Land Cover.</p>	
--	--------------------------------	---	--	---

TABLA 12 INTERACCIÓN ENTRE AMENAZAS (MOTORES DE TRANSFORMACIÓN) Y VULNERABILIDADES PARA EL TERRITORIO DEL PHI

MOTORES DE TRANSFORMACIÓN		Tasa de cambio		Sobreutilización del suelo				Títulos Mineros		Solicitudes Mineras		Vías (distancia buffer)			Represas		Cambio en la Temperatura			Cambio en la precipitación		
		Ca mbi o	No Ca mbi o	Alt a	Me dia	Ba ja	Si n	Si o	No	Si o	No	>30 0 Alta	300 - 1km Medi a	1- 3km Baj a	Área de inunda ción	No	Alt o	Me dio	Ba jo	M A y Alt o	Me dio	Baj o y MB
Rareza ecosistémica	Alta - 3	5	0	5	4	2	0	5	0	5	0	4	3	2	5	0	5	4	2	5	4	2
	Media - 2	4	0	4	3	1	0	4	0	4	0	3	2	1	5	0	4	3	1	4	3	1
	Baja - 1	3	0	3	2	1	0	3	0	3	0	2	1	1	5	0	3	2	1	3	2	1
Susceptibilidad a inundación (Potencial de Humedales)	Con potencial - 3	5	0	5	4	3	0	5	0	5	0	5	4	2	5	0	5	4	2	5	3	2
	Sin potencial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	4	2	1
Susceptibilidad a incendios	Alta - 3	4	0	5	4	2	0	3	0	3	0	4	3	2	2	0	5	4	2	5	4	2
	Media - 2	3	0	4	3	2	0	3	0	3	0	3	2	1	2	0	4	3	2	4	3	2
	Baja - 1	2	0	3	2	1	0	2	0	2	0	2	1	1	2	0	3	2	1	3	2	1
Susceptibilidad a remoción	Alta - 3	5	0	5	4	2	0	5	0	5	0	5	4	3	5	0	4	3	2	5	4	2
	Media - 2	4	0	4	3	2	0	4	0	4	0	4	4	2	4	0	3	2	2	4	3	2
	Baja - 1	3	0	3	3	1	0	3	0	3	0	3	2	1	3	0	2	2	1	3	2	1

en masa (deslizamientos)	Sin susceptibilidad - 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Susceptibilidad a descertificación	Alta - 3	5	0	5	4	2	0	5	0	5	0	5	4	2	1	0	5	4	2	5	4	2
		Media - 2	4	0	4	3	2	0	4	0	4	0	4	3	2	1	0	4	3	2	4	3	2
		Baja - 1	3	0	3	2	1	0	3	0	3	0	3	2	1	1	0	3	2	1	3	2	1
	Sin susceptibilidad - 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cobertura	Cuerpos de agua 5 y Natural - 4	5	0	5	5	5	0	5	0	5	0	5	4	3	5	0	3	2	1	3	2	1	
	Semi natural - 3	4	0	5	4	3	0	4	0	4	0	4	3	2	5	0	4	3	1	4	3	1	
	Transformada - 2	1	0	5	4	3	0	3	0	3	0	2	2	1	5	0	5	4	1	5	4	1	
	Urbano - 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

- 5 Muy Alta
- 4 Alta
- 3 Media
- 2 Baja
- 1 Muy Baja
- 0 No interacción

Los resultados se muestran en el Mapa 16, donde se ven 5 categorías de Probabilidad de Colapso de la biodiversidad para el área de estudio, estas categorías se obtuvieron clasificando los datos con la opción de Natural Breaks (jenks). La categoría Muy Baja, comprende probabilidades de colapso de entre el 5,81% y el 20,3%, la Baja del 20,34% y el 29,1%, la Media va del 29,11% al 36,6%, la Alta del 36,91% al 44,7% y por último la Muy Alta probabilidad de colapso corresponde a las probabilidades de entre el 44,76% al 100%. Para toda esta área de estudio, se tiene que el 4% se encuentra con una probabilidad de Colapso Muy Alta, 13% del territorio con probabilidad Alta, 21% con probabilidad Media, 30% bajo la categoría de Baja y el restante 32% con probabilidad de colapso Muy Baja.

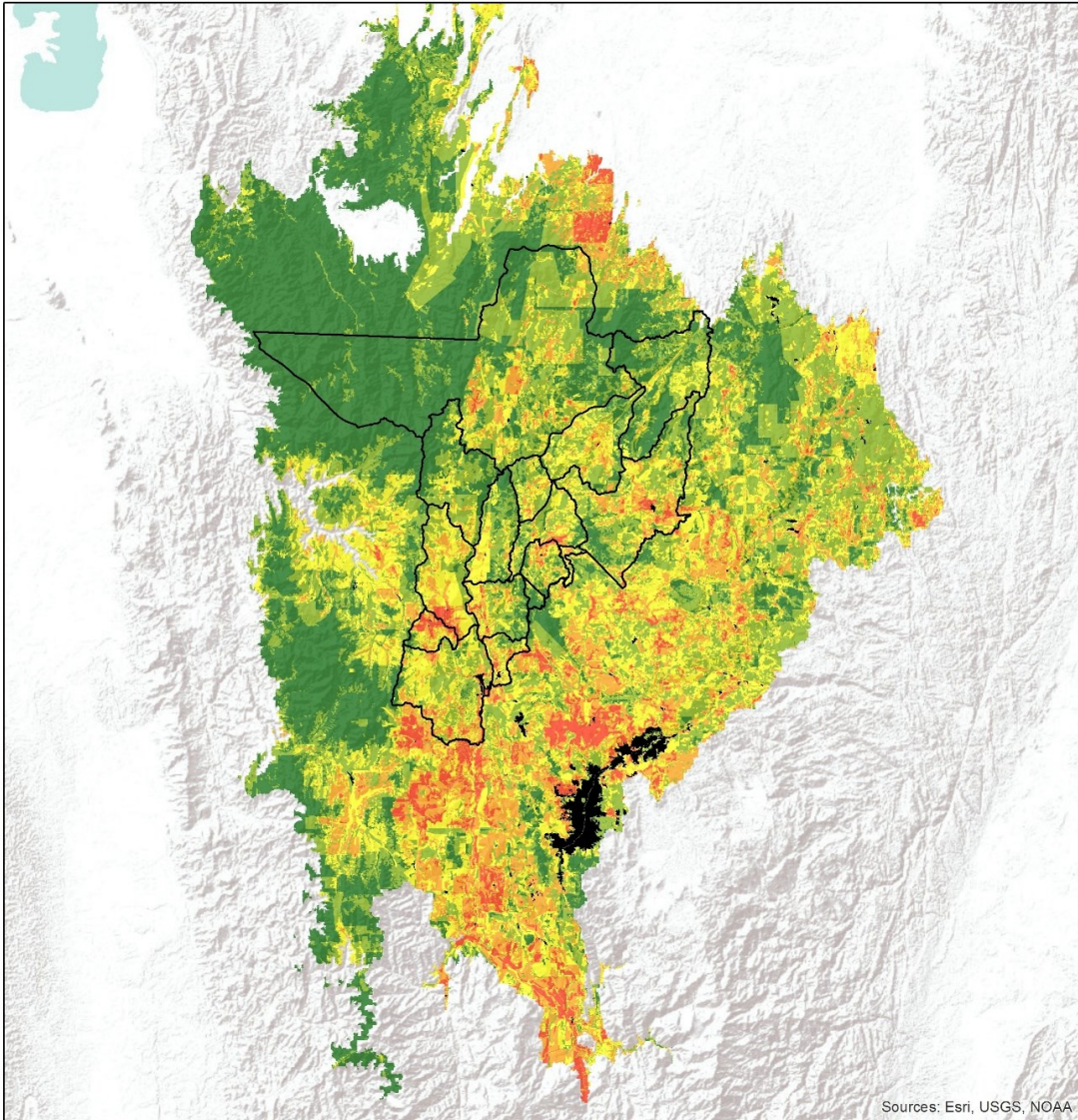
Sin embargo, es claro ver como este 4% está ubicado en la parte sur del área, y muy asociada a la ribera del río Cauca, prendiendo en alerta importante y a ser considerada. El agua proveniente de la cuenca alta del río Cauca es aquella que entrará a la represa Hidroituango, su calidad y cantidad, serán clave para el buen funcionamiento del PHI, al igual que serán clave para el funcionamiento ecosistémico aguas debajo de la presa. Al ver estos resultados, se hace necesario darle mayor importancia a esta zona, que aunque se encuentra fuera de los límites municipales de interés para el PHI, acciones de conservación y restauración, al igual que acciones que regulen los motores de transformación del territorio en estas áreas, es más que necesario y urgente. Está claro que las acciones de compensación y de inversión por parte de la empresa están enfocadas en los municipios de impacto directo de la hidroeléctrica y en sus pobladores, sin embargo, los límites municipales, suelen estar desarticulados de los límites que ponen los ecosistemas, y no representan una realidad de paisaje, ecosistemas o cuenca. Para este caso, el concepto de cuenca tiene una gran relevancia, ya que la intervención del territorio se está haciendo directamente sobre el río Cauca, y las dinámicas ecosistémicas acuáticas están limitadas por la cuenca hidrográfica. En el territorio, la intervención por parte del PHI es una de las múltiples intervenciones que vienen teniendo lugar en el departamento de Antioquia. Este efecto acumulativo de motores de transformación, es el que comienza a notarse y a dar alertas, como se ve con este Índice de Probabilidad de colapso de la biodiversidad. Si continua transformándose el territorio, sin considerar sus características formadoras y de paisaje, los niveles de biodiversidad seguramente irán disminuyendo, teniendo un impacto en las funciones ecológicas del territorio y afectando la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para el desarrollo social, cultural y económico de la región.

Otro punto de concentración (Mapa 16), donde la probabilidad de colapso de la biodiversidad es muy alta, está en los alrededores y zonas aledañas a la ciudad de Medellín. Información como esta debe ser considerada por las autoridades municipales, ya que seguramente, esto está teniendo repercusiones para la biodiversidad urbana de este municipio. A pensar que este índice no considera a las ciudades, y se basa en los territorios rurales, hay una conexión directa entre ambas partes. Y es muy seguro, que para renovar

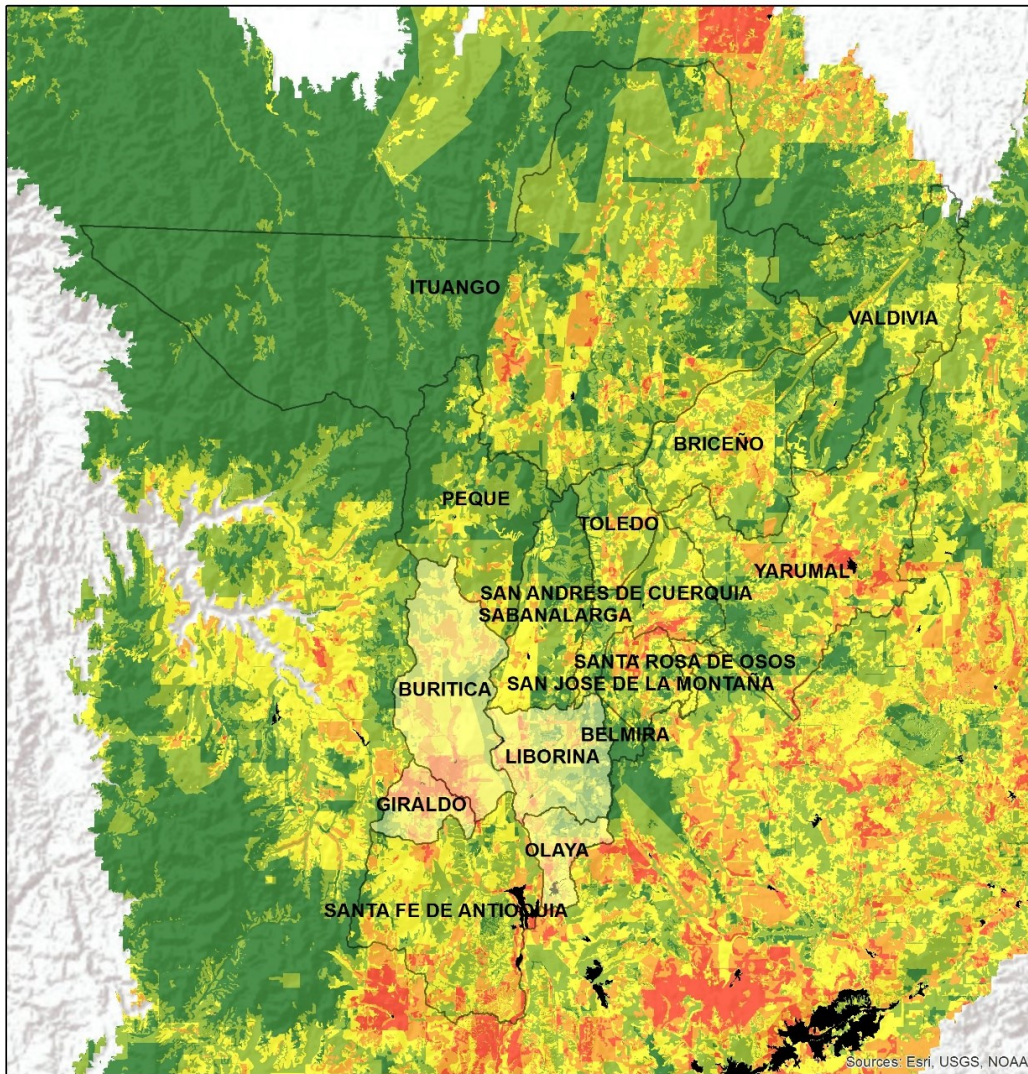
la biodiversidad urbana, se necesitan de acciones de conservación que protejan y recuperen la biodiversidad rural.

En cuanto a lo que la información arroja a nivel de municipios, el mapa 17 muestra un zoom del mapa general y permite apreciar un patrón de este índice para cada municipio. Las probabilidades de colapso para los municipios van del 10,2% al 74,15%. La Tabla 13 y la Figura 10 muestran con mayor detalle como los Municipios de Giraldo, Olaya, Liborina y Buriticá, tienen mayores proporciones de sus territorios con probabilidades de colapso Muy Altas, respecto a los otros municipios.

Este índice es una alerta que muestra como los motores de transformación del territorio y las proyecciones de cambios climáticos relacionados con la temperatura ambiente y las precipitaciones, están teniendo un impacto en el territorio, esto evaluado a partir de características intrínsecas del mismo, que exponen sus Vulnerabilidades. Estas características del territorio, son propias y para el caso de las susceptibilidades (a inundaciones, incendios, deslizamientos y desertificación), están muy condicionadas a características físicas (geológicas) de la zona, sin embargo una susceptibilidad como el tipo de cobertura vegetal, es posible modificarla, y así reducir el posible impacto de estos motores sobre el territorio. Los municipios con mayores porcentajes de sus territorios en las categorías de mayor probabilidad de colapso (Muy Alta y Alta), deben comenzar a ver estas áreas como zonas de importancia para revertir el impacto de actividades humanas que al ser realizadas sin una planeación responsable, están poniendo en riesgo su capital natural y todo lo que esto implica (funcionamiento ecológico, prestación de servicios ambientales, bienestar humano).



MAPA 16 PROBABILIDAD DE COLAPSO PARA EL ÁREA DEL MODELO DE ESTADO Y TENDENCIAS DE LA BIODIVERSIDAD



MAPA 17 PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD PARA LOS MUNICIPIOS DE INFLUENCIA DEL PHI. EN CREMA CLARO SE RESALTAN LOS QUE PRESENTAN MAYOR PORCENTAJE DE SU TERRITORIO EN CATEGORÍA DE MUY ALTA PROBABILIDAD DE COLAPSO.

TABLA 13 PORCENTAJE DEL TERRITORIO DE CADA UNO DE LOS MUNICIPIOS DE INFLUENCIA DEL PHI BAJO CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS DE PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD. LOS DATOS CORRESPONDEN A VALORES PORCENTUALES

Municipio/Probabilidad de colapso	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
BELMIRA	0,0	3,3	8,9	19,6	68,2
BRICEÑO	1,2	12,9	41,3	34,6	9,8
BURITICA	7,5	27,2	40,1	24,0	1,0
GIRALDO	25,2	28,3	31,8	9,2	4,5
ITUANGO	1,0	7,9	11,3	29,5	50,3
LIBORINA	6,2	12,7	28,5	35,3	17,3
OLAYA	12,6	14,4	39,1	28,5	3,9
PEQUE	0,2	3,3	18,9	35,3	42,2
SABANALARGA	0,5	9,0	34,1	39,4	17,1
SAN ANDRES DE CUERQUIA	4,5	13,1	31,3	41,6	9,6
SAN JOSE DE LA MONTAÑA	4,7	20,9	22,9	36,8	14,8
SANTA FE DE ANTIOQUIA	5,0	24,3	35,1	31,9	2,0
SANTA ROSA DE OSOS	1,3	37,1	37,3	20,2	4,1
TOLEDO	2,1	13,0	37,6	39,1	8,2
VALDIVIA	0,0	4,2	18,0	39,1	38,7
YARUMAL	3,3	20,5	25,5	39,8	10,8
Total general	2,6	12,3	22,3	32,8	29,8

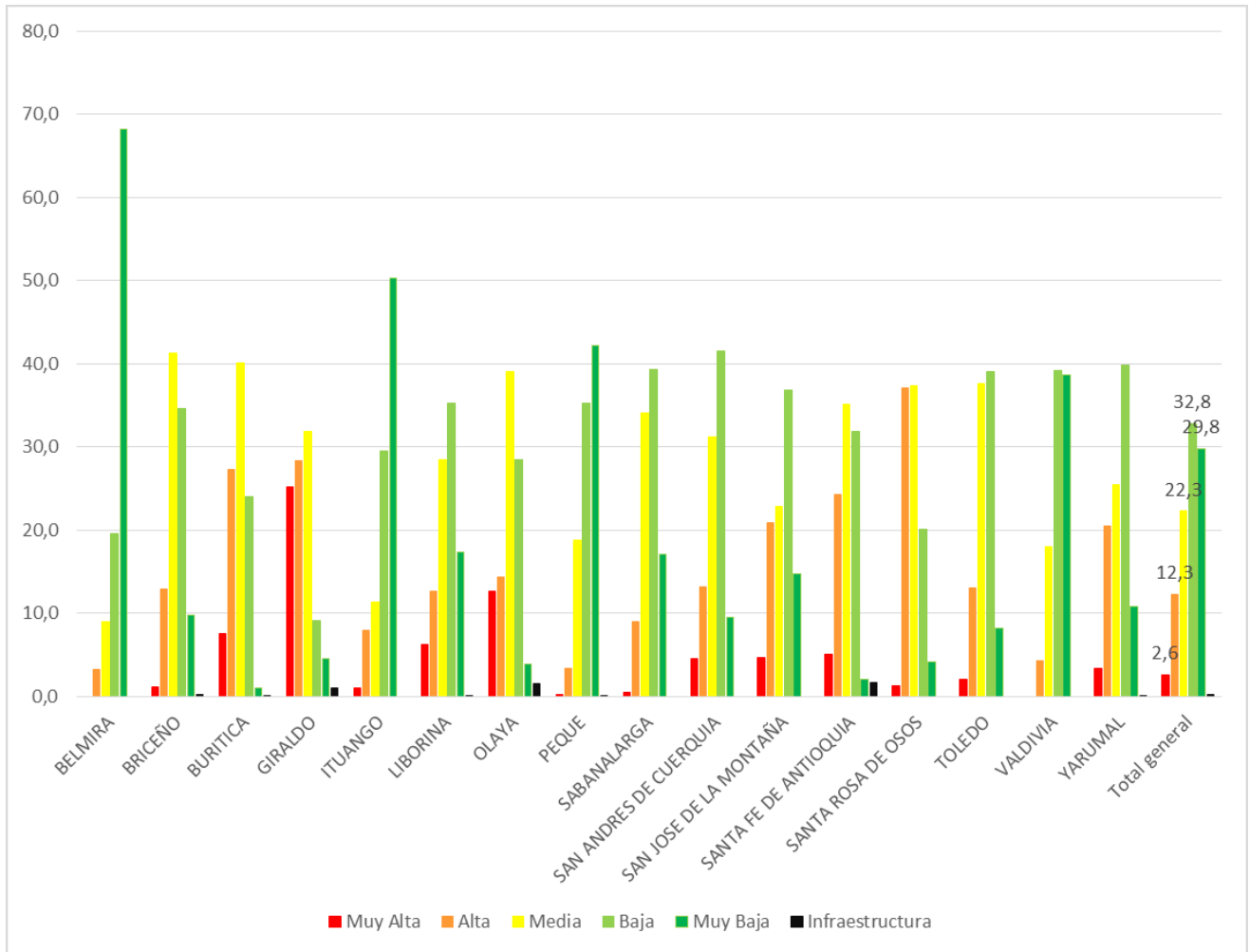


FIGURA 10 PORCENTAJES DE CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS DE PROBABILIDAD DE COLAPSO PARA LOS MUNICIPIOS DE INFLUENCIA DEL PHI. SE MUESTRA EL TOTAL GENERAL PARA LOS 16 MUNICIPIOS

En cuanto a estos datos por Unidad de Análisis Territorial, es preocupante ver como la UAT Zonobioma altermohigróico y/o subxerofítico en el Estrecho del Cauca, es decir aquella correspondiente al Bosque seco Tropical, y que será impactada de manera directa por el PHI, es aquella que mayor porcentaje de su área está bajo la categoría de Muy Alta probabilidad de colapso. Más del 50% de su área tiene una probabilidad Muy Alta (17 %) y Alta (29%) de colapso (Figura 11, Tabla 14).

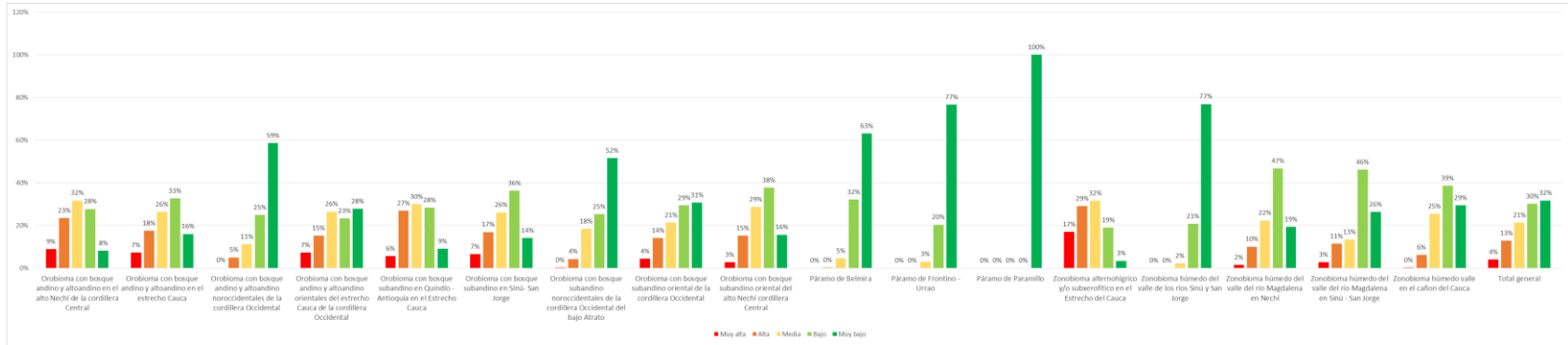


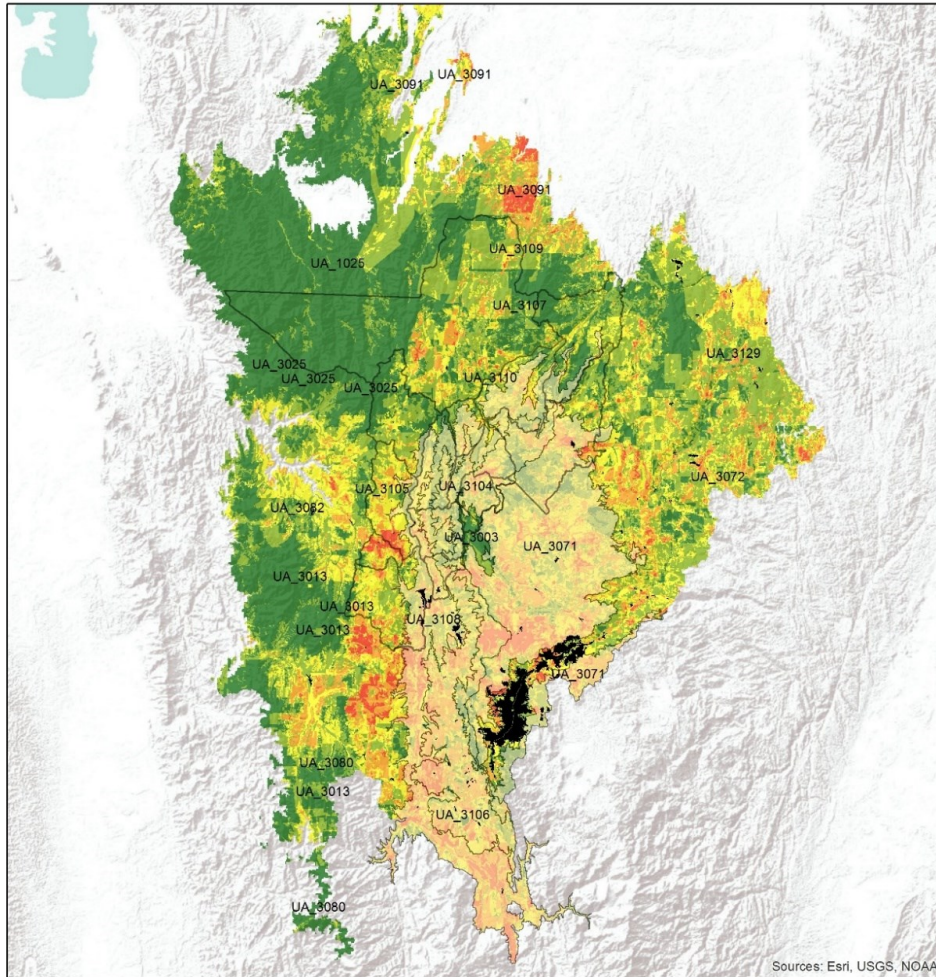
FIGURA 11 PORCENTAJES DE LAS CATEGORÍAS DE PROBABILIDAD DE COLAPSO PARA CADA UNA DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL.

TABLA 14 PORCENTAJE DEL TERRITORIO DE CADA UNA DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL BAJO CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS DE PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD. LOS DATOS CORRESPONDEN A VALORES PORCENTUALES

Unidades de Análisis Territorial	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja
Orobioma con bosque andino y altoandino en el alto Nechí de la cordillera Central	9%	23%	32%	28%	8%
Orobioma con bosque andino y altoandino en el estrecho Cauca	7%	18%	26%	33%	16%
Orobioma con bosque andino y altoandino noroccidentales de la cordillera Occidental	0%	5%	11%	25%	59%
Orobioma con bosque andino y altoandino orientales del estrecho Cauca de la cordillera Occidental	7%	15%	26%	23%	28%
Orobioma con bosque subandino en Quindío - Antioquia en el Estrecho Cauca	6%	27%	30%	28%	9%
Orobioma con bosque subandino en Sinú- San Jorge	7%	17%	26%	36%	14%
Orobioma con bosque subandino noroccidentales de la cordillera Occidental del bajo Atrato	0%	4%	18%	25%	52%
Orobioma con bosque subandino oriental de la cordillera Occidental	4%	14%	21%	29%	31%
Orobioma con bosque subandino oriental del alto Nechí cordillera Central	3%	15%	29%	38%	16%
Páramo de Belmira	0%	0%	5%	32%	63%
Páramo de Frontino - Urrao	0%	0%	3%	20%	77%
Páramo de Paramillo	0%	0%	0%	0%	100%
Zonobioma altermohigróico y/o subxerofítico en el Estrecho del Cauca	17%	29%	32%	19%	3%
Zonobioma húmedo del valle de los ríos Sinú y San Jorge	0%	0%	2%	21%	77%
Zonobioma húmedo del valle del río Magdalena en Nechí	2%	10%	22%	47%	19%
Zonobioma húmedo del valle del río Magdalena en Sinú - San Jorge	3%	11%	13%	46%	26%
Zonobioma húmedo valle en el cañon del Cauca	0%	6%	25%	39%	29%
Total general	4%	13%	21%	30%	32%

Las Unidades de Análisis Territorial que presentan mayor alerta, con base en este análisis, son 4 (Tabla 14, Mapa 18), de las cuales 3 hacen parte de la cuenca del río Cauca. La situación de estos ecosistemas, a la luz de este análisis es preocupante, y debe dar alertas importantes a los tomadores de decisión local, para revertir estos resultados.

Por otro lado, es importante ver como los tres Páramos de la zona de estudio, están prácticamente clasificados con Baja y Muy Baja probabilidad de colapso de biodiversidad. Aspecto que debe permanecer así en el tiempo. Sin embargo, el Páramo de Belmira, muestra indicios de transformación (ver también resultados del Índice de conservación del paisaje), que deben ser frenados de manera inmediata.



MAPA 18 UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL, CON LOS MAYORES PORCENTAJES DE ÁREA BAJO LAS CATEGORÍAS DE MUY ALTA Y ALTA PROBABILIDAD DE COLAPSO. EN COLOR CREMA SE RESALTAN ESTAS UAT: UA_3108: ZONOBIOMA ALTERNOHÍGRICO Y/O SUBXEROFÍTICO EN EL ESTRECHO DEL CAUCA; UA_3104: OROBIOMA CON BOSQUE ANDINO Y ALTOANDINO EN EL ESTRECHO CAUCA; UA_3106: OROBIOMA CON BOSQUE SUBANDINO EN QUINDÍO-ANTIOQUIA EN EL ESTRECHO CAUCA; UA_3071: OROBIOMA CON BOSQUE ANDINO Y ALTOANDINO EN EL ALTO NECHÍ DE LA CORDILLERA CENTRAL.

ÁREAS “HOTSPOT” O DE CONCENTRACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

En términos simples, los servicios ecosistémicos son los beneficios que las personas reciben de ciertos aspectos de áreas naturales y seminaturales (Daily et al. 1997; Laterra et al., 2015). Los servicios ecosistémicos se sustentan en un conjunto de funciones ecosistémicas, “capaces de transformar el capital natural en beneficios potenciales para los individuos y sociedades humanas” (Laterra et al., 2015). Es por eso que se hace necesario el mantenimiento de ecosistemas y procesos ecológicos saludables y en equilibrio, que con la prestación de servicios ambientales, mantienen el funcionamiento de economías locales, regionales y hasta nacionales. Es de suma importancia que los tomadores de decisión entiendan este vínculo para así realizar una planificación integral del territorio, que permita mantener el suministro y provisión de estos beneficios, para el mantenimiento de comunidades prósperas (TEEB 2010).

Para la identificación de estas áreas de congregación o áreas *hotspot* de servicios ambientales (áreas donde se generan los servicios ecosistémicos), se partió de la premisa que los servicios ecosistémicos no ocurren de manera independiente, y que es muy posible que varios de estos estén asociados a las mismas coberturas o condiciones geográficas y/o ambientales, siendo así se dispuso la identificación de estas áreas en la zona de influencia del PHI. Debido a la poca información cartográfica a escalas regionales o locales, y siguiendo metodologías para el mapeo de servicios ecosistémicos usadas a nivel mundial (Chan et al., 2006; Cassiano, et al., 2013; Ferraz et al. 2014; Andrew et al., 2015; Laterra et al., 2015; Rodríguez et al., 2015; Teixeira Duarte et al., 2016), se decidió el uso de *proxies* o variables sustitutas (Tabla 15) que intentan representar atributos del territorio y de los ecosistemas, y que al analizarse dan cuenta de funciones ecosistémicas y por ende de servicios ambientales. Para la identificación de estas áreas de concentración, se utilizó información cartográfica a escala 1:100.000 y en algunos casos 1:500.000 debido a la falta de información nacional, regional o local específica sobre estas áreas de prestación de servicios ambientales. Este método permite identificar áreas a diferentes escalas y según la precisión requerida por el investigador. Áreas con mayores valores de suministro o congregación de servicios ambientales, constituyen áreas de especial atención, manejo y conservación.

Para la correcta aproximación a áreas de suministro u oferta (áreas que se consideran potenciales para la prestación de servicios debido a sus características) de servicios ambientales, el uso de información ecológica en algunos de los casos puede ser suficiente, siempre y cuando su interpretación y uso sean correctos, en cuando a la aproximación a áreas de provisión (áreas donde se considera este potencial de prestación con relación a los usuarios), es necesario incluir variables que hablen de los usuarios, su ubicación, densidades poblacionales, etc., que en muchos de los casos puede ser más complicado,

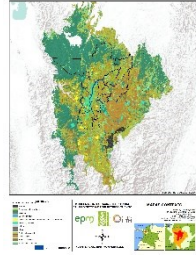
más no imposible (Castellanos 2013). Sin embargo, para los objetivos acá planteados, nos referiremos a áreas de oferta o suministro.

Siendo así, se identificaron áreas de concentración o generación de servicios ambientales como: oferta y regulación hídrica, retención de sedimentos, hábitat para polinizadores (polinización), almacenamiento de carbono en biomasa, y áreas de suministro de alimento. Algunas áreas prestan un solo servicio ecosistémico, mientras otras son congregaciones de varios.

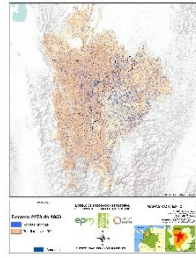
Los criterios (Latterra *et al.*, 2015) tenidos en cuenta para la selección de estos servicios fueron: a. Influencia del servicio sobre el funcionamiento del sistema socio-ecológico, es decir, si su presencia en el sistema tiene fuertes efectos sobre la estructura y funcionamiento del territorio; b. Vínculo del servicio con el bienestar humano, se refiere a la importancia del servicio ambiental para el mantenimiento y mejoramiento de la calidad de vida (buena salud, relaciones sociales y buena vida) de los pobladores locales y regionales; c. Disponibilidad de datos de buena calidad y de fuentes oficiales; d. Exposición del servicio a cambios en el uso del suelo, debido a la naturaleza de este territorio y a los planes actuales y futuros de intervención del mismo.

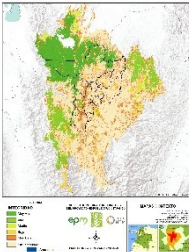
Otro aspecto tenido en cuenta, es que los servicios ecosistémicos ocurren a diferentes escalas espaciales (García-Nieto *et al.* 2013; Latterra *et al.*, 2015). La escala depende de la demanda que haya del servicio (García-Nieto *et al.* 2013). Según estos mismo autores, existen tres tipos de relación entre las áreas de provisión y los beneficiarios de los servicios: (1) *in situ*: la escala espacial de suministro del servicio coincide con la escala espacial de la demanda del mismo, (2) *omni-direccional*: la demanda del servicio ecosistémico ocurre en un área cercana al lugar de suministro, (3) *direccional*: el suministro del servicio beneficia un lugar específico, ya que hay un flujo del servicio en una determinada dirección. Considerando la escala trabajada en este caso y el objetivo del mapeo de algunos servicios, podemos clasificar los servicios ambientales ofertados por los ecosistemas del área de estudio dentro de la categoría de *omni-direccional* ya que el análisis no se hace a escala local (*in situ*), ni se evalúan los flujos de oferta y demanda (*direccional*). Dentro de nuestro análisis consideramos que los usuarios de los servicios identificados y cartografiados son los pobladores de todos los municipios del área de seleccionada para el MET. Estos van desde pobladores de cascos urbanos, pobladores rurales, agricultores, artesanos, mineros, pescadores, entre otros, además del Proyecto Hidroeléctrico de Ituango.

TABLA 15 VARIABLES UTILIZADAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE SUMINISTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES

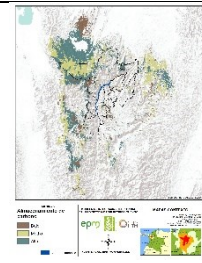
Variables	Clasificación	Criterio (s) de selección	Servicio ecosistémico	Salida gráfica
<p>Coberturas de la tierra – Corine Land Cover – CLC – (Fuente:Ideam 2012) (Ideam 2010b) 1:100.000</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Territorios Artificializados 2. Bosques 3. Bosque de galería o ripario 4. Herbazales y Arbustales 5. Plantación forestal 6. Vegetación secundaria o en transición 7. Cuerpos de agua 8. Cultivos permanentes herbáceos, arbustivos y arbóreos 9. Pastos arbolados, pastos enmalezados, Mosaico de pastos y cultivos, Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Mosaico de pastos con espacios naturales, Mosaico de cultivos con espacios naturales 10. Pastos limpios 11. Otros 12. Nubes 	<p>Según Castellanos (2013), los paisajes agrícolas en el trópico, son parte de una matriz heterogénea de coberturas que proveen servicios ecosistémicos a comunidades locales y regionales.</p> <p>Por otra parte los bosques secundarios, grandes constituyentes de paisajes intervenidos, tienen gran valor al ser conservados, ya que pueden proveer servicios para las poblaciones humanas, además de contribuir a la conservación de la biodiversidad (Ferraz 2014). Se ha demostrado por otra parte que remanentes de bosques secundarios juegan un papel importante en el secuestro de carbono, ya que acumulan de manera rápida biomasa durante los primeros años de los procesos de regeneración del bosque.</p>	<p>Retención de sedimentos</p> <p>Retención de carbono</p> <p>Regulación hídrica</p> <p>Hábitat potencial para polinizadores</p> <p>Oferta de alimento</p> <p>Oferta hídrica</p>	

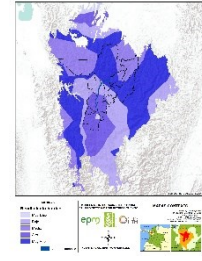
		<p>Se conoce también que las formaciones arbóreas suelen presentar el mayor contenido de carbono de todas las formaciones vegetales (Romero 2016).</p> <p>Suelos con alto contenido de cobertura vegetal permiten almacenar grandes cantidades de agua y por ende regular procesos de inundación y sequías sin poner en riesgo a la biodiversidad que sostienen (García Olmos, 2007; de BlèvRE y Acosta, desconocido).</p> <p>Se ha demostrado que bosques nativos tienen un mejor comportamiento hidrológico en comparación de bosques de pino y eucalipto. La densidad de coberturas boscosas también se ha asociado a una mejor regulación hídrica (García Olmos 2007).</p>		
--	--	--	--	--

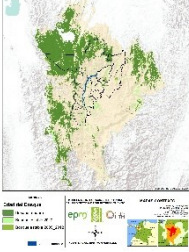
<p>Zonas Forestales Protectoras - Decreto 2278 de 1953 (Fuente: Instituto Humboldt-Ecopetrol 2015) (González et al., 2015) 1:100.000</p>	<p>1. Buffer de 30 metros de los ríos (señaliza la red hídrica) 2. Pendiente >40%</p> <p>Para este ejercicio, las zonas forestales protectoras corresponden los márgenes y laderas con pendientes superior al 40% y las zonas de 30 metros de ancho (debido a que se trabaja con pixeles de 30m de lado) a cada lado de los manantiales, corrientes y de los depósitos naturales de agua, que incluyen las cabeceras de agua.</p>	<p>La identificación de zonas del pendiente, permite identificar áreas con susceptibilidad a deslizamientos, que en conjunto con la cobertura de la tierra que tengan asociada puede convertirse en áreas de mayor o menor retención de sedimentos. Según el Ideam (2015), las vertientes de la cordillera de los Andes, tiene un alto potencial de producción de sedimentos debido a las altas pendientes con ríos encajonados que facilitan procesos de remoción en masa y el transporte de sedimentos.</p> <p>La identificación de la red hídrica, tanto en zonas de pendiente como en zonas planas, permite identificar oferta de agua, al igual que, en conjunto con el tipo de cobertura y la integridad de esta dar señales de la regulación hídrica y de nuevo a retención de sedimentos.</p>	<p>Regulación hídrica Regulación de sedimentos Oferta hídrica</p>	
--	--	---	---	---

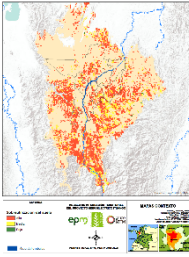
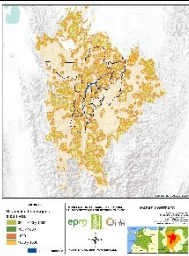
<p>Integridad Ecológica (Fuente: presente estudio) 1:100.000</p>	<p>Muy Baja – 1 Baja – 2 Media – 3 Alta – 4 Muy Alta – 5</p> <p>Para detalles metodológicos referirse a la sección INDICE DE CONSERVACIÓN DEL PAISAJE en este mismo documento.</p>	<p>Las métricas utilizadas en el análisis pueden dar referencia del estado de fragmentación del paisaje, a la vez que del potencial de cada parche para mantener una correcta estructura, composición y función, que mantenga un equilibrio en el territorio.</p> <p>Los parches pueden contar la historia de transformación del territorio, de manera que es posible tener una aproximación al potencial de los mismos para la prestación de servicios ambientales (Ferraz et al. 2014).</p> <p>El tamaño de un parche, su forma y el área núcleo, son considerados como indicadores de la conservación de ciertos hábitats. Ferraz et al. (2014) considera que mayores niveles de integridad ecológica (contexto paisajístico) de parches de bosque, tienen un impacto positivo para balancear la transformación de áreas aledañas, y hacerlos clave para conservar la</p>	<p>Retención de carbono Regulación hídrica Retención de sedimentos Hábitat potencial para polinizadores</p>	
--	--	--	---	---

		<p>biodiversidad local en escenarios heterogéneos.</p> <p>Los criterios de tamaño, conectividad, edad, tamaño de núcleo, entre otras métricas del paisaje han sido utilizados ampliamente en estudios de biodiversidad. De los componentes de este índice, la distancia entre parches es importante ya que, parches más conectados facilitan flujos físicos que favorecen a la biodiversidad local, como por ejemplo a polinizadores y sus procesos (Ferraz et al., 2014).</p> <p>El tamaño del parche también es considerado como un indicador de las condiciones ecológicas de este para albergar biodiversidad. Parches más grandes son asociados con mejores condiciones para la biodiversidad a través del tiempo (Laurance et al., 2011).</p>		
--	--	---	--	--

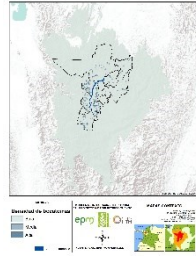
		<p>En cuanto a el área núcleo de un parche, entre mayor sea esta área, más protegida estará la biodiversidad de eventos como incendios, sequías y hasta invasiones biológicas. Estas áreas por lo tanto presentan mejores condiciones para la biodiversidad, facilitan la retención de carbono, la regulación hídrica y la protección del suelo (Ferraz et al., 2014; Armenteras et al., 2013).</p> <p>La evaluación de servicios ecosistémicos debe considerar la integridad ecológica de los ecosistemas tropicales y la heterogeneidad del paisaje, ya que se ha demostrado que estos condicionan el suministro apropiado de servicios (Ferraz et al. 2014).</p>		
<p>Almacenamiento de carbono aéreo (Fuente: Ideam 2009)</p> <p>1:100.000</p>	<p>0 (No hay servicio = 0)</p> <p>0-62,7 (Bajo =1)</p> <p>62,70001-91,5 (Medio =2)</p> <p>91,50001-106,8 (Medio =2)</p> <p>106,80001-147,5 tons/ha (Alto =3)</p>	<p>El tema de almacenamiento de carbono, en los bosques y los suelos juega un papel importante en el ciclo del carbono, la regulación de gases de efecto de invernadero, su conservación y manejo es un elemento importante</p>	<p>Almacenamiento de Carbono</p>	

		<p>en el cambio climático. Los principales depósitos de carbono en los ecosistemas tropicales son la biomasa viva de árboles que suelen ser el mayor stock y el carbono contenido en los suelos (Ideam 2009)</p>		
<p>Rendimiento hídrico (Fuente: Ideam 2010a)</p> <p>1:100.000</p>	<p>15-40 Litros/seg/km2 (Bajo = 1) 40-70 Litros/seg/km2 (Medio = 2) 70-200 Litros/seg/km2 (Alto = 3)</p>	<p>“Corresponde al agua precipitada que no se infiltra en el suelo y escurre o fluye libremente sobre la superficie del terreno, concentrándose en las irregularidades del mismo o recargando los cauces de los sistemas hídricos” (Ideam 2010a).</p> <p>Este variable ayuda a determinar el reparto del agua que circula después de un evento lluvioso y el papel que juega las coberturas en su distribución. Igualmente es importante en la planificación de recursos hídricos y en diseño de obras.</p>	Regulación hídrica	

<p>Edad del bosque (aproximación)</p> <p>(Fuente: este estudio, insumo CLC 2000-2002, 2005-2009, 2010-2012).</p> <p>1:100.000</p>	<p>No Bosque (0)</p> <p>Bosque estable 2005-2012 (1)</p> <p>Bosque estable 2012 (2)</p> <p>Bosque Maduro (3)</p>	<p>Según Ferraz et al. (2014), es de suma importancia no solo restaurar y regenerar bosques, sino conservar aquellos bosques maduros, al igual que mejorar su integridad y calidad paisajística, sin importar el tamaño de sus fragmentos. Bosques de diferentes edades, son parte de una estructura del paisaje heterogénea, y por ende, tienen el potencial de proveer a la sociedad de diferentes servicios ambientales.</p> <p>Según estos mismos autores, los bosques maduros tienen una estructura de vegetación, al igual que una madurez del suelo, donde se llevan a cabo ciclos de nutrientes y de agua que permiten cumplir un papel importante en la regulación hídrica, de nutrientes y el secuestro de carbono.</p>	<p>Almacenamiento de carbono</p> <p>Regulación hídrica</p>	
---	--	---	--	---

<p>Sobreutilización del suelo (Fuente: Mapa de conflictos del uso del territorio, IGAC <i>et al.</i> 2012).</p>	<p>Ligera = 1 Moderada = 2 Severa = 3 Se le da valor de 0 aquellas áreas sin sobreutilización.</p>	<p>Según de BlèvRE y Acosta (desconocido), los usos del suelo asociados a actividades antrópicas (agricultura, pastoreo, manejo forestal, minería, cambio climático) afectan de manera negativa el funcionamiento de los ecosistemas y ponen en riesgo servicios como la regulación hídrica. Por eso es indispensable identificar aquellos lugares donde la prestación de servicios ambientales es débil o en peligro.</p>		
<p>Distancia de bosques a zonas de cultivo (Fuente: este estudio, insumo: CLC 2012) Por medio de métricas del paisaje se identifican distancias entre parches de bosques y áreas de cultivos o de mosaicos de cultivos, esto para identificar la cercanía de hábitats potenciales para polinizadores y las áreas de polinización.</p>	<p>>1500m (0) 300-1000 m (1) 1000-1500 m (2) 300 m (3)</p>	<p>Según Benajmin <i>et al.</i>, 2013, los polinizadores naturales, y en especial los insectos, dependen de parches de vegetación naturales y/o seminaturales cerca de zonas agrícolas para forrajear y buscar refugio. La integridad de estas áreas naturales y/o seminaturales también puede condicionar la cantidad y calidad de los refugios utilizados por los polinizadores, al igual que la composición de sus comunidades (Kremen <i>et al.</i>, 2007; Carvalheiro <i>et al.</i>, 2010).</p>	<p>Polinización (áreas de hábitat potencial para polinizadores)</p>	

		<p>El tamaño del parche y su aislamiento también influyen la interacción entre polinizadores y las plantas que polinizan, por eso ecosistemas fraccionados pueden poner en riesgo servicios como los de la polinización y la producción agrícola (Kremen et al., 2007). Carvalheiro et al., (2010), resaltan la importancia de parches de bosque naturales en predios agrícolas.</p> <p>Blanche et al., (2006), comenta que los bosques tropicales son reservorios de vectores de polen que benefician cultivos. Y que un manejo apropiado favorece el uso sostenible de estos recursos, beneficiando a agricultores, para mejorar su producción, y a conservacionistas para conservar bosques naturales tropicales.</p>		
--	--	--	--	--

<p>Densidad de bocatomas de acueductos (Entregada por HTM)</p>	<p>0 0-0,003183 (Bajo =1) 0,003183-0,006366 (Bajo =1) 0,006366-0,009549 (Medio =2) 0,009549-0,019099 (Alto =3)</p>	<p>La densidad de bocatomas en un área es un indicativo de la cantidad de agua presente en el lugar y su disponibilidad para abastecer acueductos veredales o municipales. Sin embargo, de BlévRE y Acosta (desconocido), dice que las áreas de “cabeceras de cuenca” no necesariamente son áreas de mayor producción de agua, pero si tienen la capacidad de ofrecer un mejor mecanismo de regulación.</p>	<p>Oferta hídrica Regulación hídrica</p>	
--	--	---	--	---

SERVICIOS DE APROVISIONAMIENTO

Oferta hídrica total superficial

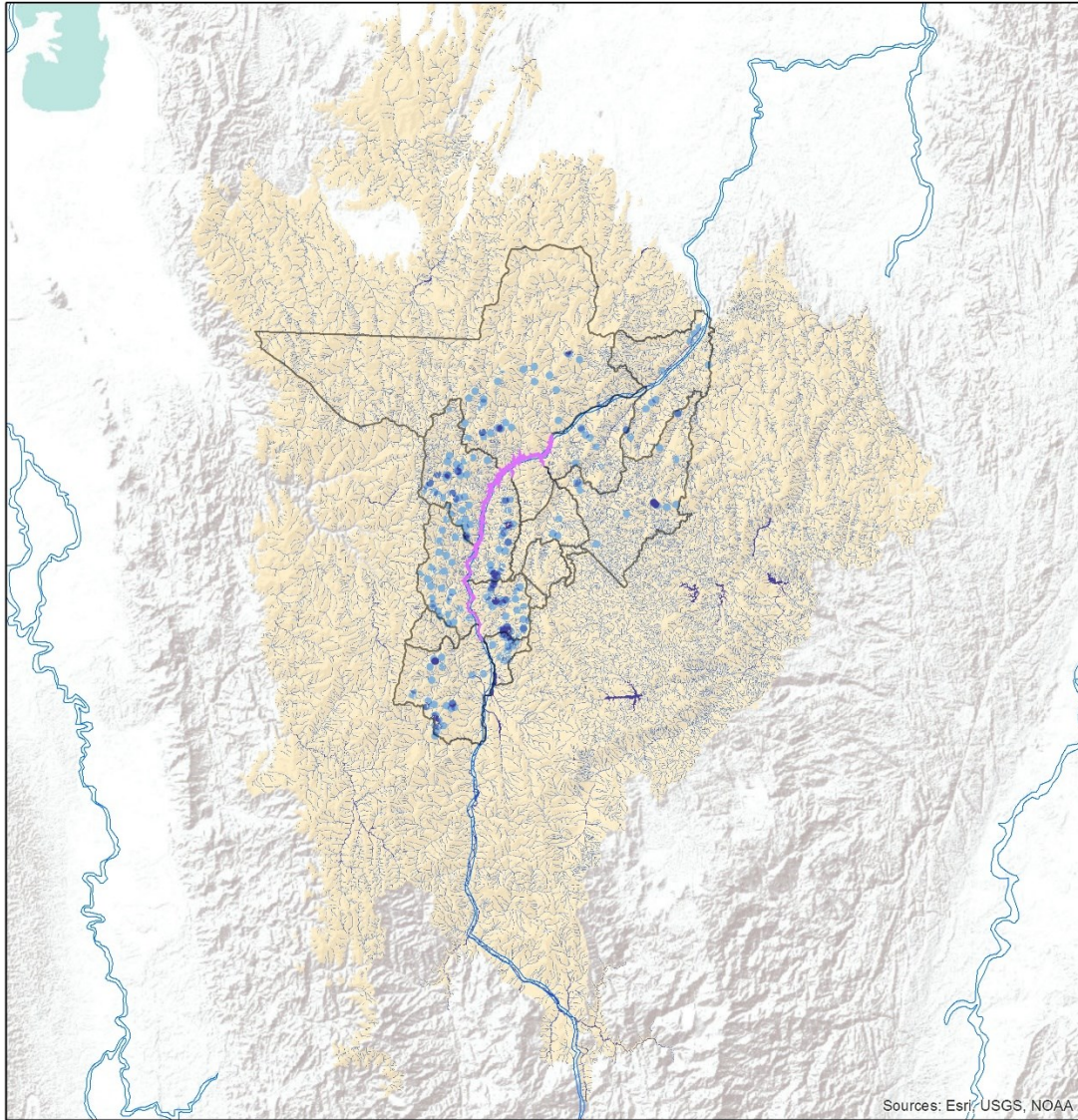
Hace referencia exclusivamente “al volumen de agua superficial que integra los sistemas de drenaje superficial y que no se infiltra o se evapora y se concentra en los cuerpos de agua de manera permanente o en un período determinado. La oferta o disponibilidad de agua depende de condiciones climáticas y meteorológicas, y que resultan de la posición geográfica del lugar (espacialidad), características de las cuencas, régimen de lluvias (temporalidad)”, entre otros (Ideam 2015).

Según el Estudio Nacional del Agua (Ideam 2015), el concepto de oferta hídrica aplica para las fuentes abastecedoras de cabeceras municipales, teniendo como unidad de análisis, no la cuenca aferente sino el sitio de captación de la fuente.

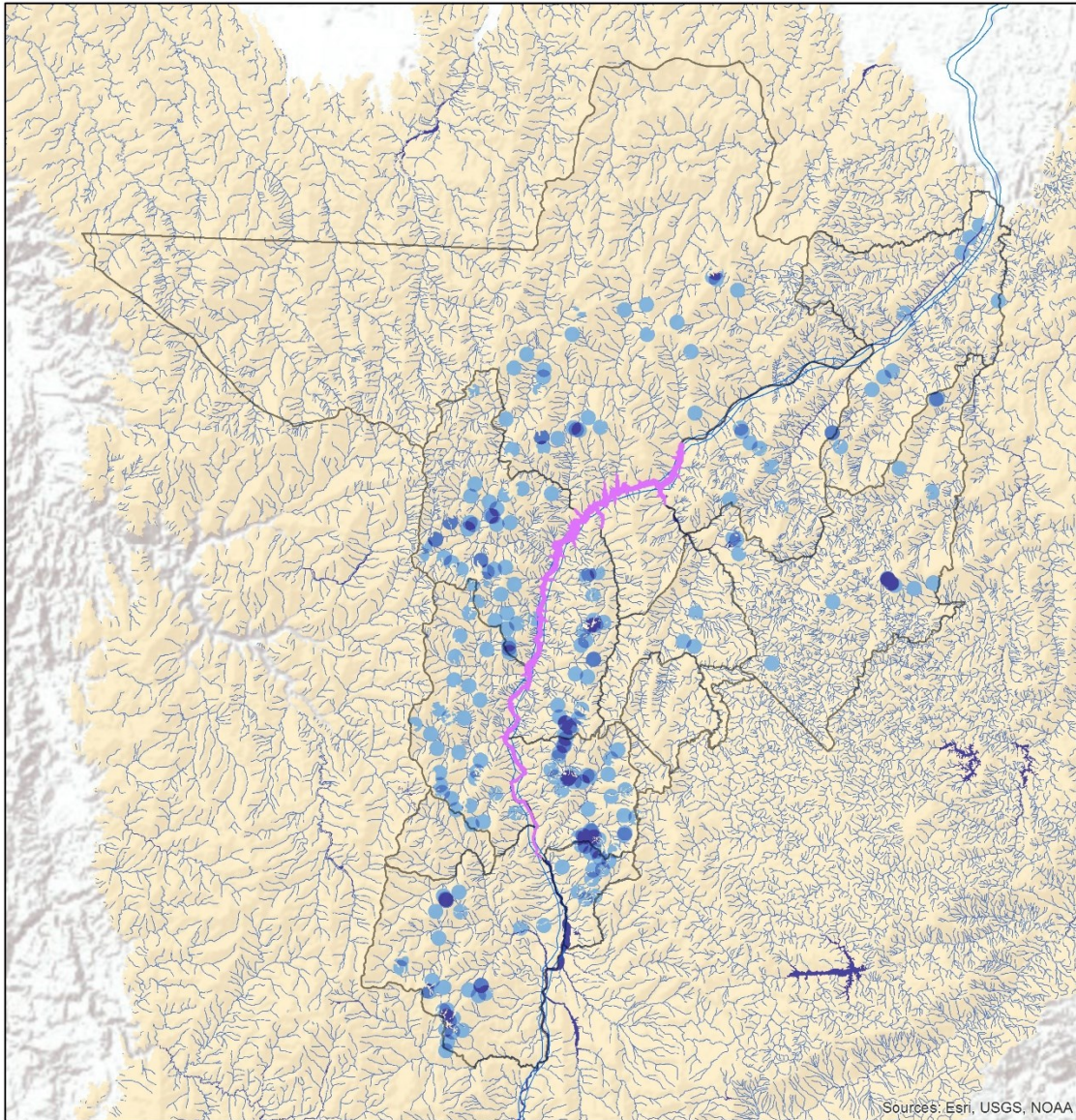
Para este cálculo, se utilizó información cartografía de base sobre cuerpos de agua y red hídrica, al igual que información del censo de bocatomas para los 12 municipios de influencia directa del PHI e información de rendimiento hídrico del Ideam (Tabla 15).

Para este servicio no se evalúa la calidad del agua, sino, su potencial disponibilidad y cantidad que garantizaría un uso para el funcionamiento de ecosistemas y sistemas fluviales, y sociedad civil y empresa.

La clasificación de las áreas se dio en tres categorías según las variables utilizadas. Oferta hídrica baja: corresponde a áreas con baja densidad de bocatomas y bajo rendimiento hídrico. Oferta hídrica media: áreas con densidad de bocatomas media y rendimiento hídrico medio y bajo. Oferta hídrica alta: corresponde a todos los cuerpos de agua indicados por Corine Land cover y por el mapa que espacializa el decreto 2278 de 1953, además de las zonas con alta densidad de bocatomas y rendimiento hídrico medio y alto (Mapas 19 y 20).



MAPA 19 ÁREAS DE OFERTA HÍDRICA



Sources: Esri, USGS, NOAA



MAPA 20 ÁREAS DE OFERTA HÍDRICA EN LOS 12 MUNICIPIOS DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PHI

Hábitat potencial para polinizadores (Polinización)

Este servicio se encuentra clasificado dentro de los servicios de aprovisionamiento, ya que se evalúa la capacidad de los bosques de proveer hábitat para las especies polinizadoras, más que el servicio de polinización que es clasificado como un Servicio de Regulación.

La polinización, según Bradbear (2005), es fundamental para que las plantas produzcan semillas y frutas. La polinización ocurre de manera natural en el planeta, y es un proceso fundamental en el mantenimiento de la vida en la tierra. Muchas de los cultivos de productos clave en nuestra alimentación dependen de la polinización natural por parte de abejas, aves y murciélagos. La presencia de estos animales en las áreas de cultivo permite la producción de nuevas cosechas y el mejoramiento de la calidad de las mismas.

Según Carvalho y colaboradores (2010), los sistemas agrícolas y naturales están conectados, ya que de la correcta conservación de los ecosistemas naturales depende la sostenibilidad de los sistemas productivos. Los sistemas naturales que albergan a polinizadores, son clave para mantener la producción de cultivos de diferentes escalas (Benjamin et al., 2014, Kremen et al., 2007). El estado de conservación o integridad de estos sistemas naturales es la clave para que la condición necesaria para la existencia de los polinizadores se dé. Los polinizadores están influenciados por condiciones bióticas y abióticas como predadores, patógenos, competidores, etc., al igual que de la disponibilidad de recursos en el medio silvestre (Kremen et al., 2007).

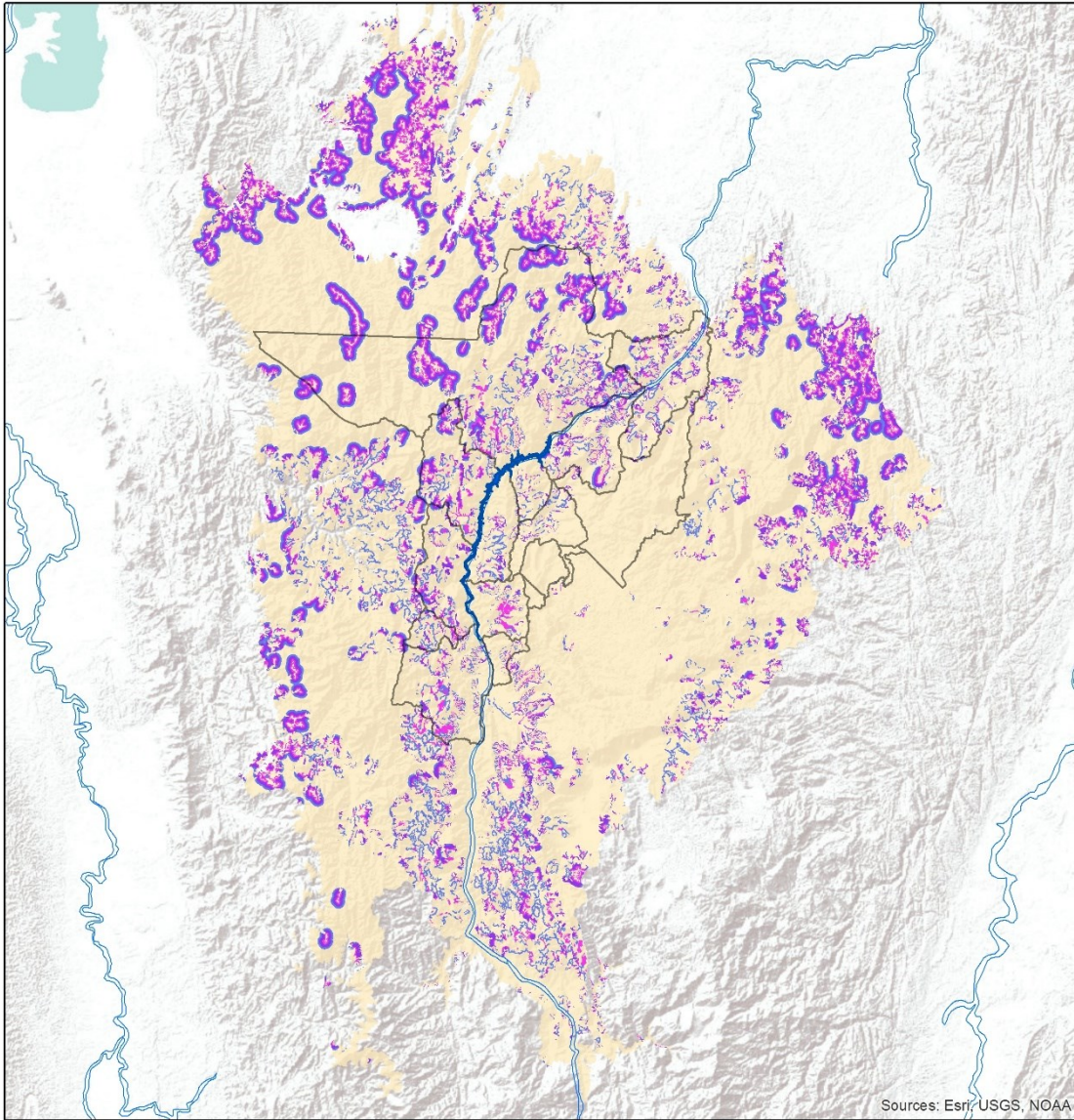
Debido a la importancia de este servicio para los pobladores locales, y el actual interés de la empresa y el Gobierno Nacional en la implementación y mejoramiento de cultivos productivos en la región, se hace más que necesario el cuidado de los ecosistemas naturales remanentes en la región, en especial de aquellos en cercanías de estas zonas de producción, una medida indispensable para asegurar la prestación del servicio de polinización, al igual que para mantener el delicado balance que existe entre conservación y la expansión agraria. La conservación de zonas naturales, con altos niveles de biodiversidad e integridad, asegurará el ensamblaje de especies y comunidades de polinizadores que mantendrán un equilibrio en el ecosistema y en las prácticas agrícolas (Cravalho et al., 2010).

Se ha comprobado que malas prácticas agrícolas (uso de herbicidas y pesticidas) y zonas de cultivos extensivos, destruyen y desmejoran la calidad del hábitat para estos polinizadores, disminuyendo sus poblaciones y arriesgando por otro lado la sostenibilidad económica de los mismo cultivadores (Bradber 2005, Kremen et al., 2007).

La identificación de áreas de coberturas naturales con potencial para albergar polinizadores, se hace mediante métricas del paisaje, identificando aquellas áreas de bosques, arbustales, herbazales y vegetación secundaria, que están en cercanías de zonas de cultivos permanentes herbáceos, arbustivos y arbóreos. Se establecieron 4 rangos:

<300m; 300m-1000m; 1000m-1500m; >1500m (fuera de rango), soportado en lo que la literatura al respecto indica (Benjamin et al., 2014, Carvalheiro et al., 2010). Rangos menores están asociados a la escala de parcela, mientras que los mayores a escala de paisaje, todos utilizados por polinizadores de diferentes tamaños. Se ha encontrado que las abejas responden mejor a la escala de parcela, mientras que polinizadores mayores responden a escalas de paisaje (Benjamin et al., 2014; Blanche et al., 2006).

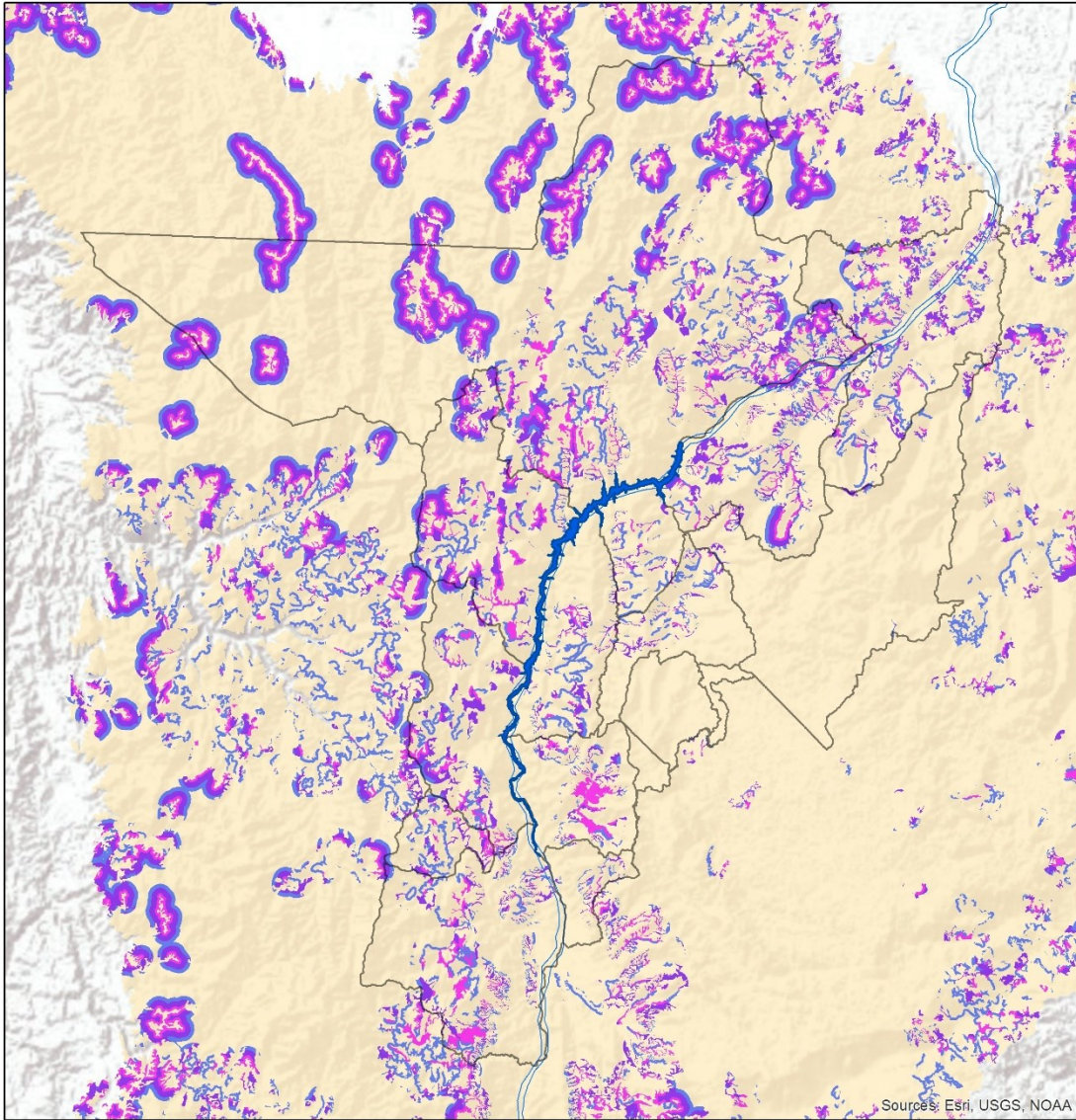
Aquellos bosques o áreas de coberturas naturales presentes en cada uno de los rangos, junto con su caracterización de integridad ecológica y su nivel de madurez (Capa Madurez de Bosque), permiten identificar aquellos con mayor posibilidad de albergar polinizadores. Por ejemplo, parches de bosques maduros cercanos a áreas de cultivos y con integridades altas y medias se consideran con mayor probabilidad de ofrecer hábitat a estas especies, a diferencia de zonas de pastos limpios, artificiales o áreas naturales de integridades bajas y muy bajas. La combinación de los diferentes criterios dio como resultado los mapas 21 y 22.



Sources: Esri, USGS, NOAA



MAPA 21 ÁREAS DE HÁBITAT POTENCIAL PARA POLINIZADORES.



Sources: Esri, USGS, NOAA



MAPA 22 ÁREAS DE HÁBITAT POTENCIAL PARA POLINIZADORES EN LOS 12 MUNICIPIOS DE INFLUENCIA DEL PHI.

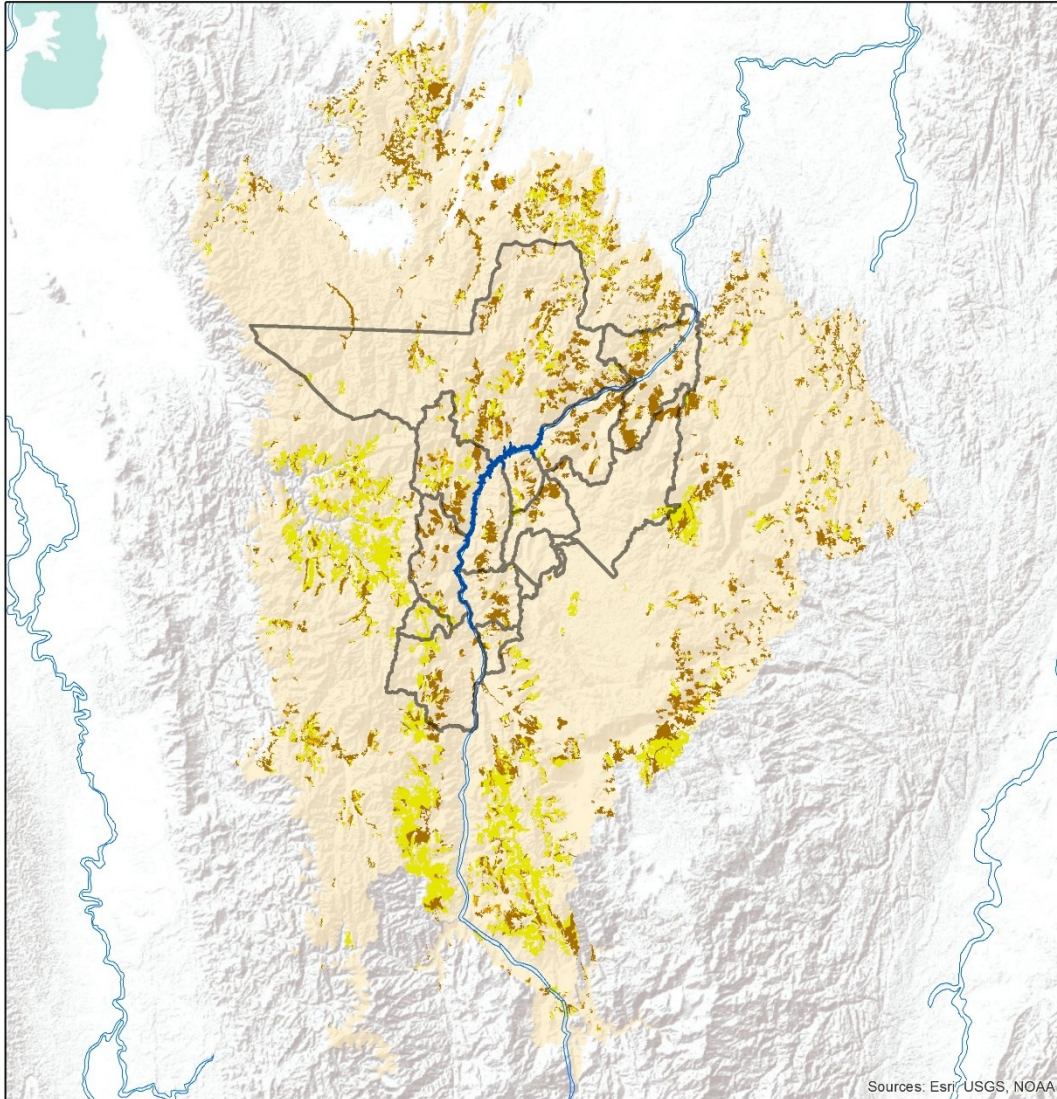
Alimento (áreas de cultivos)

Los sistemas agrológicos que producen nuestro alimento dependen en gran parte de la biodiversidad (Jarvis *et al.*, 2007). Las diferentes plantas y animales que constituyen nuestra alimentación hacen parte de esa biodiversidad agrícola, que está sustentada en el correcto manejo no solo de esos sistemas, sino en los naturales circundantes. Según Laterra *et al.*, (2015), los beneficios que se obtienen de estos agroecosistemas, sustentan no solo la alimentación de comunidades locales, regionales y nacionales, sino se asocian a diferentes cadenas económicas de transporte, agroturismo y otros. La pérdida de esta biodiversidad agrícola, pone en riesgo el funcionamiento de estos sistemas y de sus beneficios, llevando a la pérdida de cultivos o de su homogenización, bajas en la productividad y por ende en afectaciones a las economías locales, regionales y nacionales (Jarvis *et al.*, 2007).

Detrás de cualquier actividad de producción agrícola, están presentes una serie de procesos y funciones de los ecosistemas, muchos de estos relacionadas con los suelos y su capacidad productiva, la oferta de agua, la presencia de polinizadores, el control de plagas y enfermedades, entre otros (Jarvis *et al.*, 2007).

Las áreas de vocación agrícola que cuentan con condiciones apropiadas para este fin, y que no sean sometidas a procesos de sobreutilización, en teoría, deberían asegurar una producción limpia y próspera. Del manejo de los sistemas agrícolas depende hoy en día la conservación de la biodiversidad mundial. La sobreutilización del suelo, la ubicación de zonas de cultivo en áreas no apropiadas, el establecimiento de mono y (mega) cultivos, el uso de pesticidas y la acaparación del recurso hídrico, constituyen una de las principales amenazas para la biodiversidad.

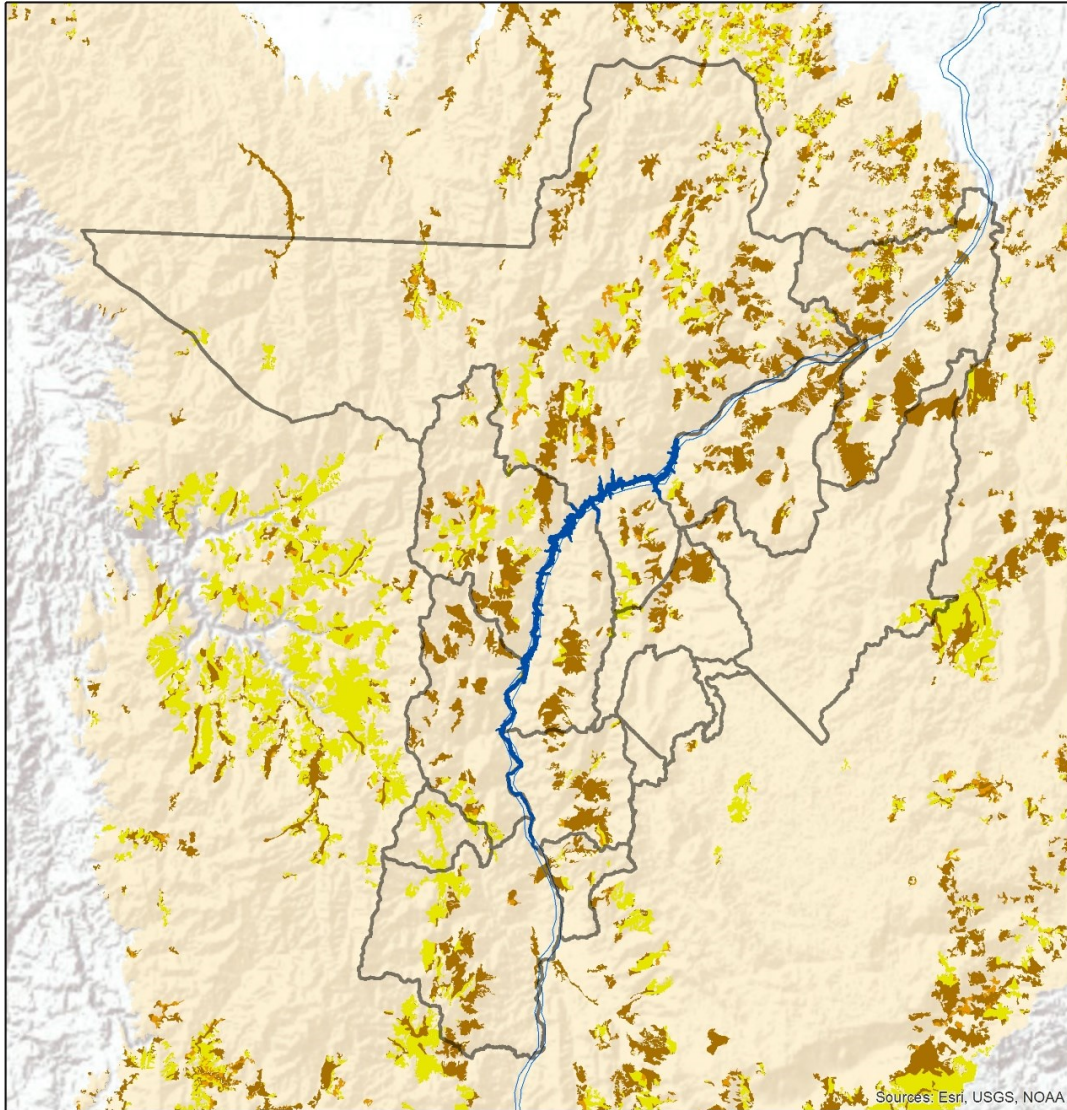
La identificación de áreas de producción de alimento (Mapas 23 y 24), se logró con información proveniente de la capa de coberturas de la tierra (Ideam 2010b) e información del IGAC *et al.* (2012) respecto a los conflictos del uso del suelo. Del mapa de conflicto de uso del territorio, se utilizó la categoría de sobreutilización: ligera, moderada y severa. Así que teniendo en cuenta las áreas de cultivos permanentes y transitorios, y las áreas de mosaicos de cultivos con espacios naturales al igual que cultivos con zonas de pastos, y además considerando el nivel de sobreutilización reportado, se clasificó este servicio ambiental en 3 categorías: Alta oferta, a aquellas áreas de producción actual pero con ninguna sobreutilización, es decir áreas donde la vocación del suelo se respeta; las zonas de media oferta, corresponde a aquellas de producción con niveles de sobreutilización ligera y moderada, y aquellas de baja oferta a las que están en producción pero en conflicto severo. La identificación de estas áreas permite pensar en la formulación y aplicación de estrategias de gestión del territorio, enfocadas a la reconversión a sistemas productivos sostenibles que no alteren dinámicas locales en suelos, fuentes de agua y bosques.



Sources: Esri, USGS, NOAA

<p>LEYENDA</p> <p>Áreas propicias para producción de alimento</p> <ul style="list-style-type: none"> Baja Media Alta Área del embalse 	<p>MODELO DE INTEGRACIÓN TERRITORIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <div style="text-align: center;">  </div> <p>FUENTE: IGAC, EPM, VON HUMBOLDT</p>	<p>MAPAS CONTEXTO</p> <p>MAGNA_Colombia_Ceste Proyección: Transversal_Mercator Falso_Este: 1000000.0 Falso_Northing: 1000000.0 Meridiano Central: -77.07750791866665 Origen de Latitud: 4.595200416566655</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
---	--	---

MAPA 23 ÁREAS DE PROVISIÓN DE ALIMENTOS

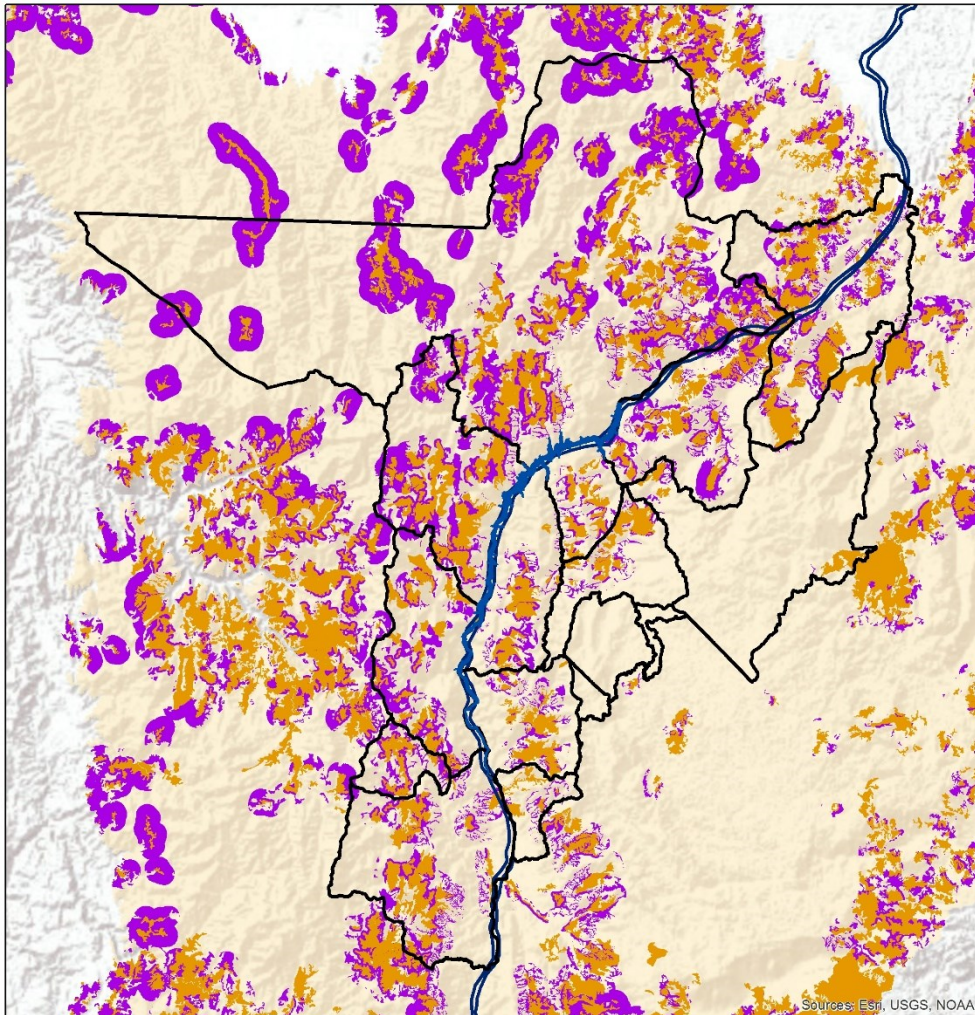


Sources: Esri, USGS, NOAA



MAPA 24 ÁREAS DE PROVISIÓN DE ALIMENTOS EN LOS MUNICIPIOS DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PHI

Cuando vemos en conjunto las áreas de prestación de los servicios Alimento y Polinización (áreas de hábitat potencial para polinizadores), vemos un mapa como el siguiente (mapa 25), donde se resaltan la integración de ambas áreas y su interdependencia. Es de importancia, considerar estas áreas naturales con potencialidad de albergar polinizadores, para beneficiar de manera directa los procesos agrícolas actuales de la zona, y los futuros.



MAPA 25 ÁREAS DE PROVISIÓN DE ALIMENTO Y DE HÁBITAT POTENCIAL PARA POLINIZADORES

SERVICIOS DE REGULACION

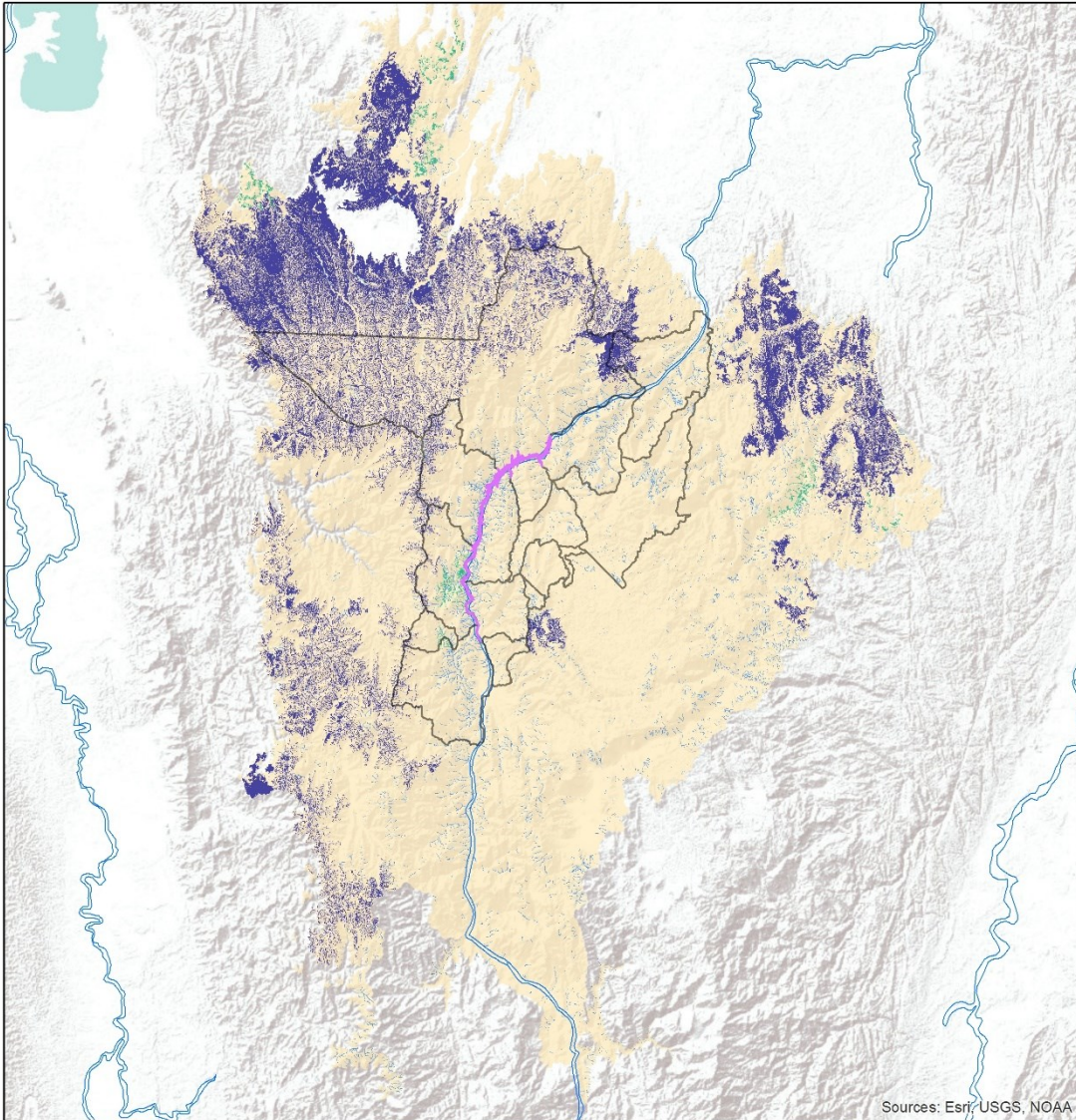
Regulación hídrica

Se define como “la cantidad potencial de agua que no está disponible inmediatamente” (TNC & SEEARTH, 2008); esto, porque ese volumen se puede almacenar en diversas zonas de respuesta hidrológica dependiendo de su capacidad natural para retener y evacuar agua durante un determinado periodo de tiempo (Patrimonio y MADS 2009). Esta función está asociada al almacenamiento, y a la capacidad de los cuerpos de agua de regular el volumen de un caudal de manera constante sin importar la entrada irregular de lluvia. La regulación hídrica depende también en gran lugar del almacenamiento de agua en suelos y de la cobertura vegetal (Ideam 2015).

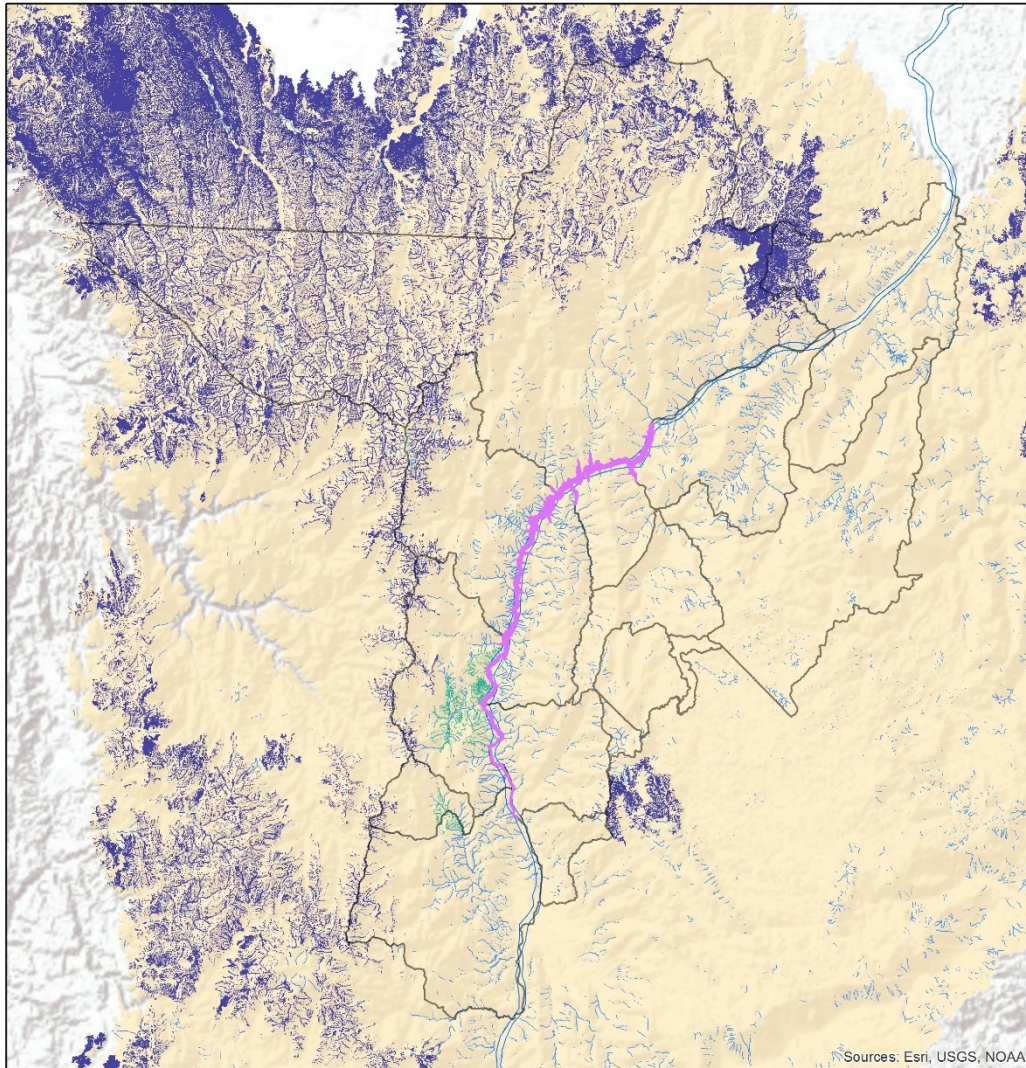
Para este análisis se tuvo en cuenta las áreas de bosques, bosques riparios, y otras coberturas naturales arbustivas; su relación con cuerpos de agua, pendiente, y la integridad ecológica de las mismas. Coberturas boscosas, con mejores integridades ecológicas, llevan a pensar que tienen mayor permanencia en el tiempo en las zonas, y así permiten una mayor estabilidad de suelos y de su capacidad de regular el agua que viene de lluvia o de los cuerpos de agua debido a un correcto funcionamiento de sus componentes.

Es claro ver como las zonas donde las coberturas naturales se encuentran en mejor estado, con mejores integridades y aquellas relacionadas con zonas de pendiente y de cuerpos de agua, se constituyen en aquellas con mayor potencial de regulación hídrica, comparada con otras áreas donde la integridad de estas coberturas naturales, en especial, la de algunos bosques riparios, no es la mejor y hace que la provisión del servicio sea menor. Los resultados presentados en el mapa 26, ponen en evidencia la necesidad de intervenir los bosques riparios asociados a la zona de embalse, es decir comenzar procesos de restauración de estas coberturas, lo que permitirá mejorar su integridad ecológica, aumentar en área, estabilizar suelos, y así contribuir a la regulación de lluvias, caudales y almacenamiento de agua. En cuanto al detalle que puede mostrar el mapa 27, se ve como claramente la zona del municipio de Buriticá, tiene un potencial importante en la prestación de este servicio, lo que puede estar en gran riesgo debido a las actividades de extracción minera de la zona. La conciliación entre la **conservación y el desarrollo**, se hace de vital importancia en regiones como esta, donde tanto el gobierno nacional como los gobiernos locales tienen los ojos puestos en el desarrollo de nueva infraestructura (nuevas vías y poblados, hidroeléctricas), nuevas licencias mineras, aumento de frontera agrícola, entre otros, dejando de lado la conservación y protección de elementos bióticos que condicionan las dinámicas productivas, sociales y económicas de la región.

Del correcto funcionamiento de los ecosistemas, dependerá la apropiada prestación de este servicio que aunque se sabe es vital para los pobladores locales, al mantener correctos niveles de agua para consumo, y para otros usos domésticos, y también evita inundaciones, también es de gran importancia para el funcionamiento del PHI y su correcta operación en el tiempo.



MAPA 26 ÁREAS CON POTENCIAL DE REGULACIÓN HÍDRICA



MAPA 27 ÁREAS CON POTENCIAL DE REGULACIÓN HÍDRICA EN LOS MUNICIPIOS DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PHI.

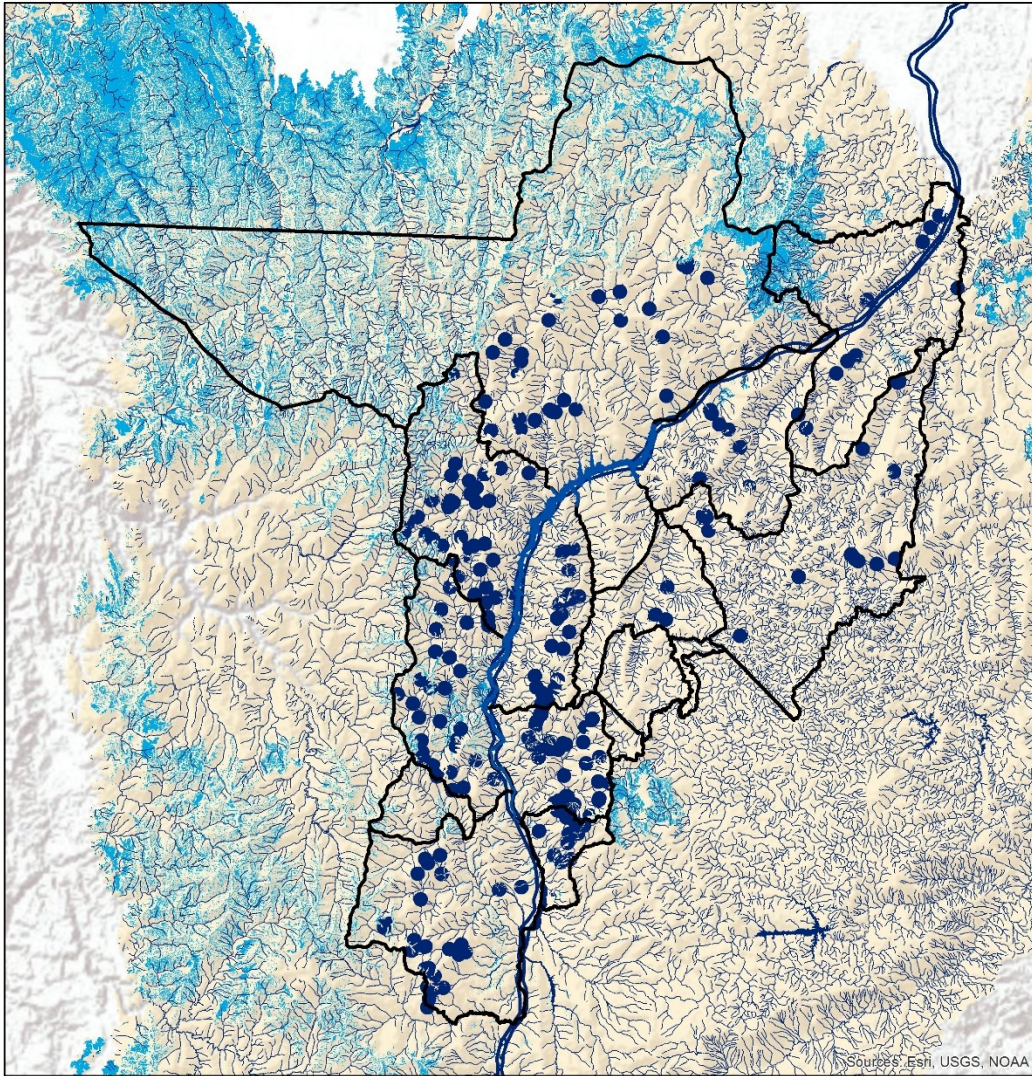
En cuanto a las áreas en conjunto de regulación y oferta hídrica, el mapa 28, muestra que en gran parte del territorio, las áreas de regulación hídrica son limitadas y no se distribuyen

de manera amplia en este territorio. Se esperaría que las áreas de oferta contaran con sus respectivas áreas de regulación, sin embargo, por el alto grado de transformación del territorio, la baja integridad ecológica de gran parte de las coberturas naturales, entre otros aspectos, hacen que sean pocas las áreas que pueden potencialmente prestar el servicio

de

regulación

hídrica.



Source: Esri, USGS, NOAA



MAPA 28 ÁREAS DE OFERTA Y REGULACIÓN HÍDRICA

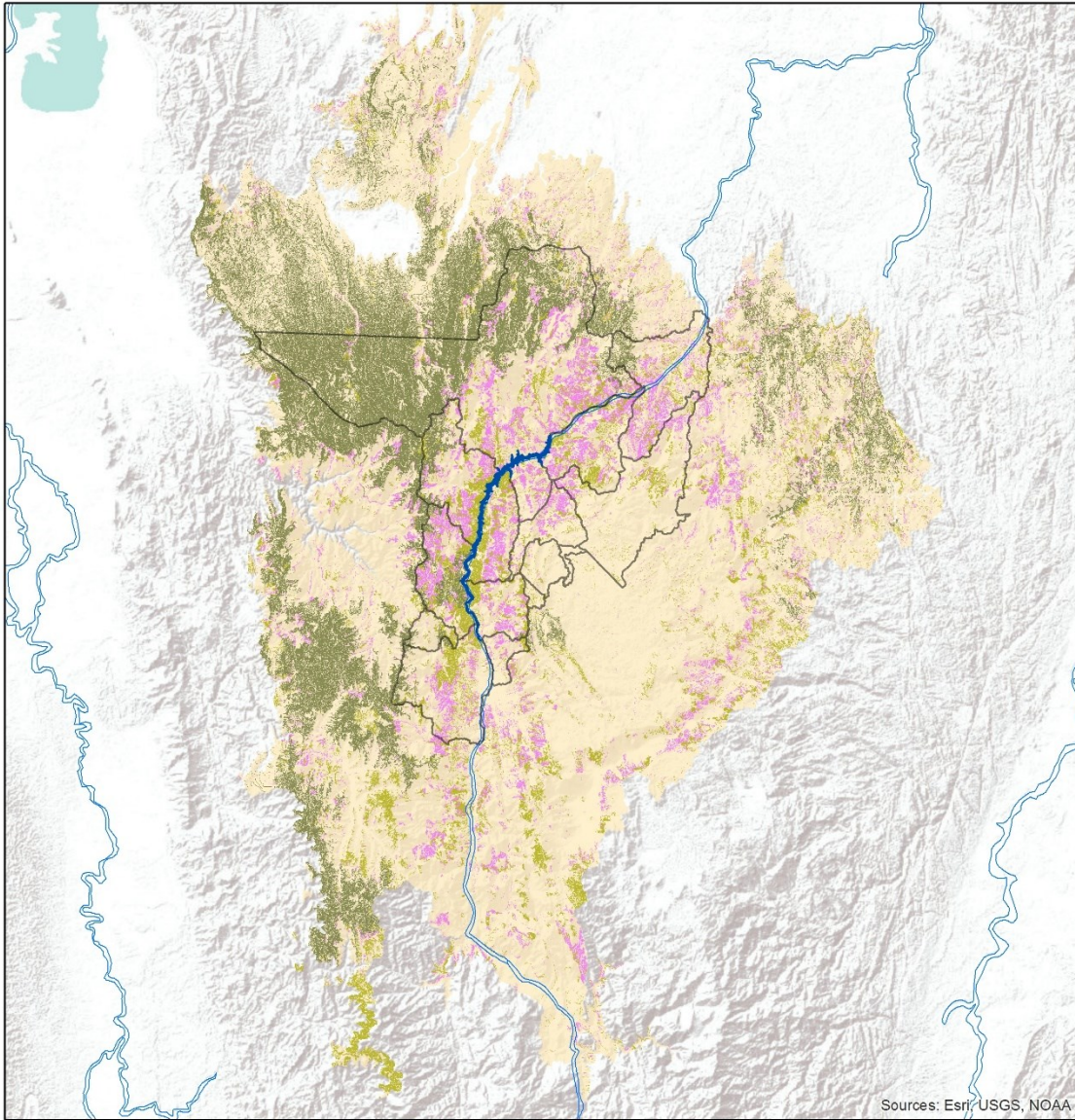
Retención de sedimentos (áreas de producción potencial de sedimentos)

El término retención de sedimentos puede ser comprendido como “la reducción del movimiento de partículas edáficas por eventos de escorrentía superficial a través de acciones naturales o antrópicas” (Patrimonio Natural y MADS 2009).

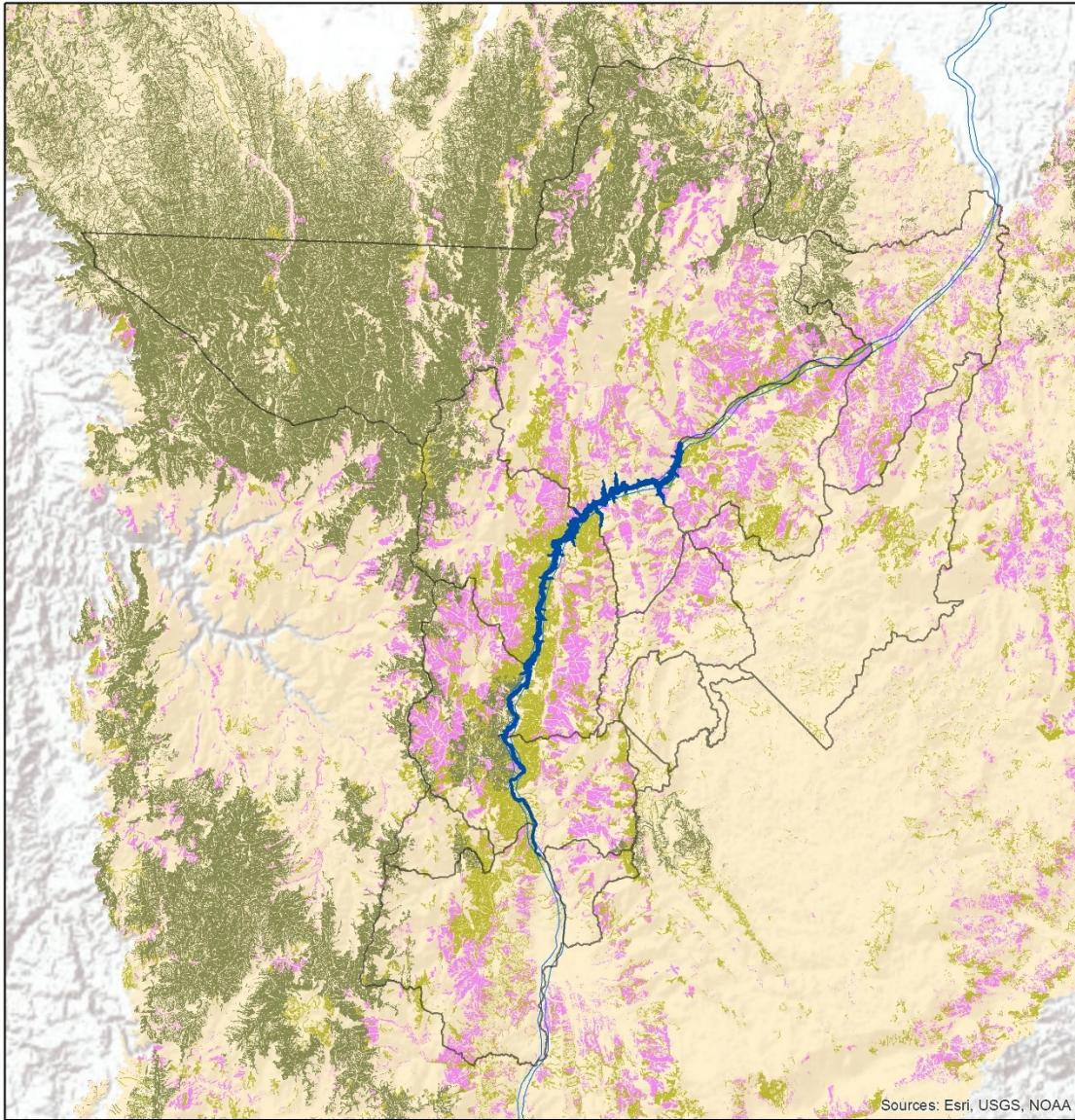
Según el Ideam (2015), la concentración de partículas o sedimentos en los causes, es el resultado tanto de una dinámica natural de causes que contribuyen a la hidráulica de los ríos, o a procesos de degradación de laderas y el vertimiento de materiales por parte de actividades humanas. Hoy en día, cálculos muestran que las tasa de erosión debido a actividades humanas, pueden exceder hasta 100 veces las tasas por procesos naturales (Ideam 2015). Actividades como la minería, la agricultura y obras de infraestructura son consideradas de las más aportantes a esta dinámica de sedimentos en las redes hídricas del país. Algunos autores, ligan de manera directa la producción de sedimentos con la presencia o no de coberturas vegetales naturales (Beguería, 2005; López, 2006; García et al., 2001).

Las coberturas naturales en zonas de pendientes se hacen indispensables para la prestación de este servicio. Las coberturas de bosques, arbustales e inclusive herbazales, dan estabilidad al suelo, a diferencia de zonas de pendientes o inclusive planas que han quedado desnudas o expuestas a procesos erosivos, debido a que perdieron sus suelos y la vegetación que las protegía. El tipo de cobertura, su ubicación en zonas o no de pendiente, su cercanía a cuerpos de agua (zonas riparias), al igual que la integridad de las coberturas, permite aproximarse aquellas áreas con mayor potencialidad de suministro de este servicio, al igual que permite ver cuales tienen una potencialidad baja de oferta para establecer acciones de restauración de estos ecosistemas y así recuperar el servicio.

Los resultados presentados en los mapas 29 y 30, muestran como aquellas áreas que limitan con la zona del embalse, son indispensables para la prestación del servicio de retención de sedimentos, sobre todo si se ven a la luz de la represa y de su operación en el tiempo. Los sedimentos que llegan a todos los proyectos de hidroeléctricas, son unos de los elementos limitantes y más costosos para la operación de dichos proyectos (Ideam 2015). El correcto estado de los ecosistemas circundantes y aguas arriba se hace indispensable para asegurar la correcta retención de sedimentos que son arrastrados por agua (vía ríos y quebradas) o por procesos de erosión debidos a vientos y lluvias.



MAPA 29 ÁREAS DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS



Sources: Esri, USGS, NOAA



MAPA 30 ÁREAS DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS EN LOS MUNICIPIOS DE INFLUENCIA DEL PHI

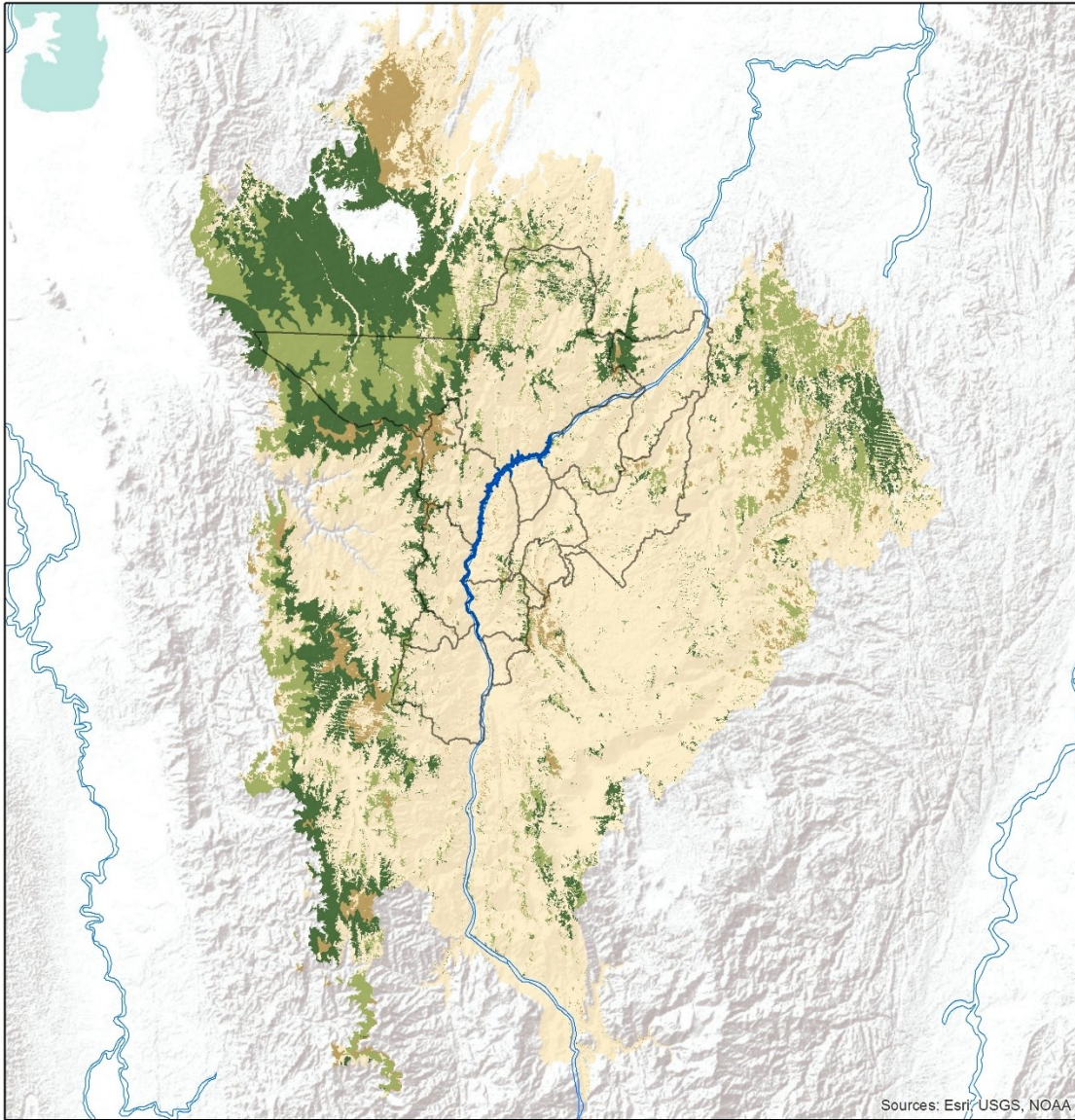
Áreas de almacenamiento de carbono en biomasa

Cantidad de carbono almacenada por la biomasa aérea

En Romero (2016) se define como “la cantidad de carbono contenida en la vegetación y su medición se realiza a través de la biomasa. La biomasa representa una medida indirecta de la cantidad de carbono que es almacenada por la vegetación leñosa; igualmente permite establecer la cantidad de dióxido de carbono que puede ser removida de la atmósfera por la reforestación”.

Como Romero (2016) lo dice, el carbono almacenado en la biomasa aérea de la cobertura vegetal juega un papel vital en el ciclo del carbono, y la regulación de gases de efecto de invernadero. Este indicador permite determinar los principales depósitos de carbono en los diferentes ecosistemas tropicales de una región.

La edad de los bosques, al igual que su integridad ecológica son indicadores de la capacidad de los mismos para almacenar carbono. Esta información fue utilizada para identificar aquellas coberturas naturales, en especial de bosque, que poseyeran buena integridad ecológica, por su permanencia en el tiempo, se pudiera inferir que eran bosques maduros (capa Edad de Bosque), además de presentar altos niveles de almacenamiento según información del Ideam (2009). Las áreas de oferta del servicio se clasifican en Alta oferta, media y baja según la combinación de estos componentes (Mapas 31 y 32).



Sources: Esri, USGS, NOAA



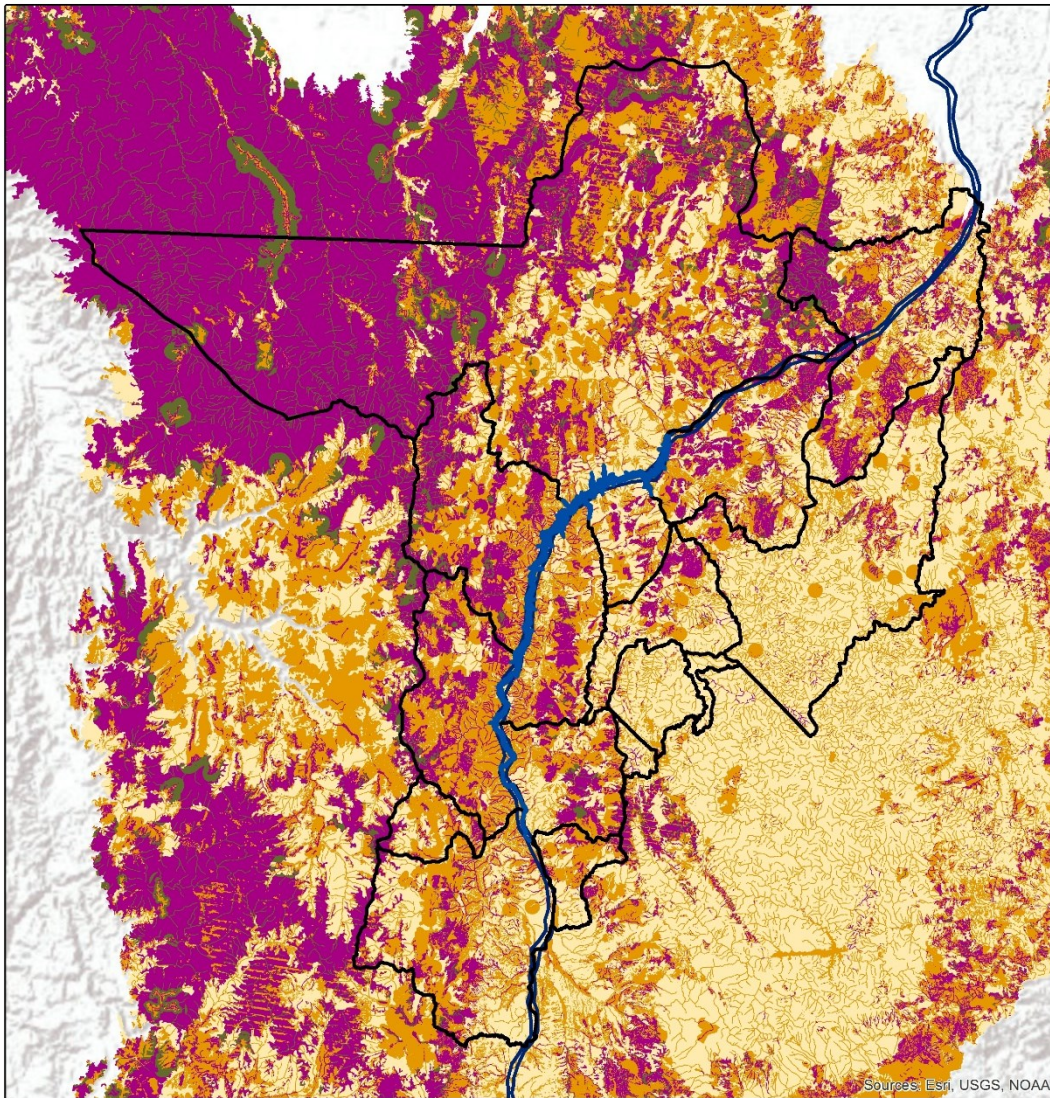
MAPA 31 ÁREAS CON APTITUD DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN BIOMASA



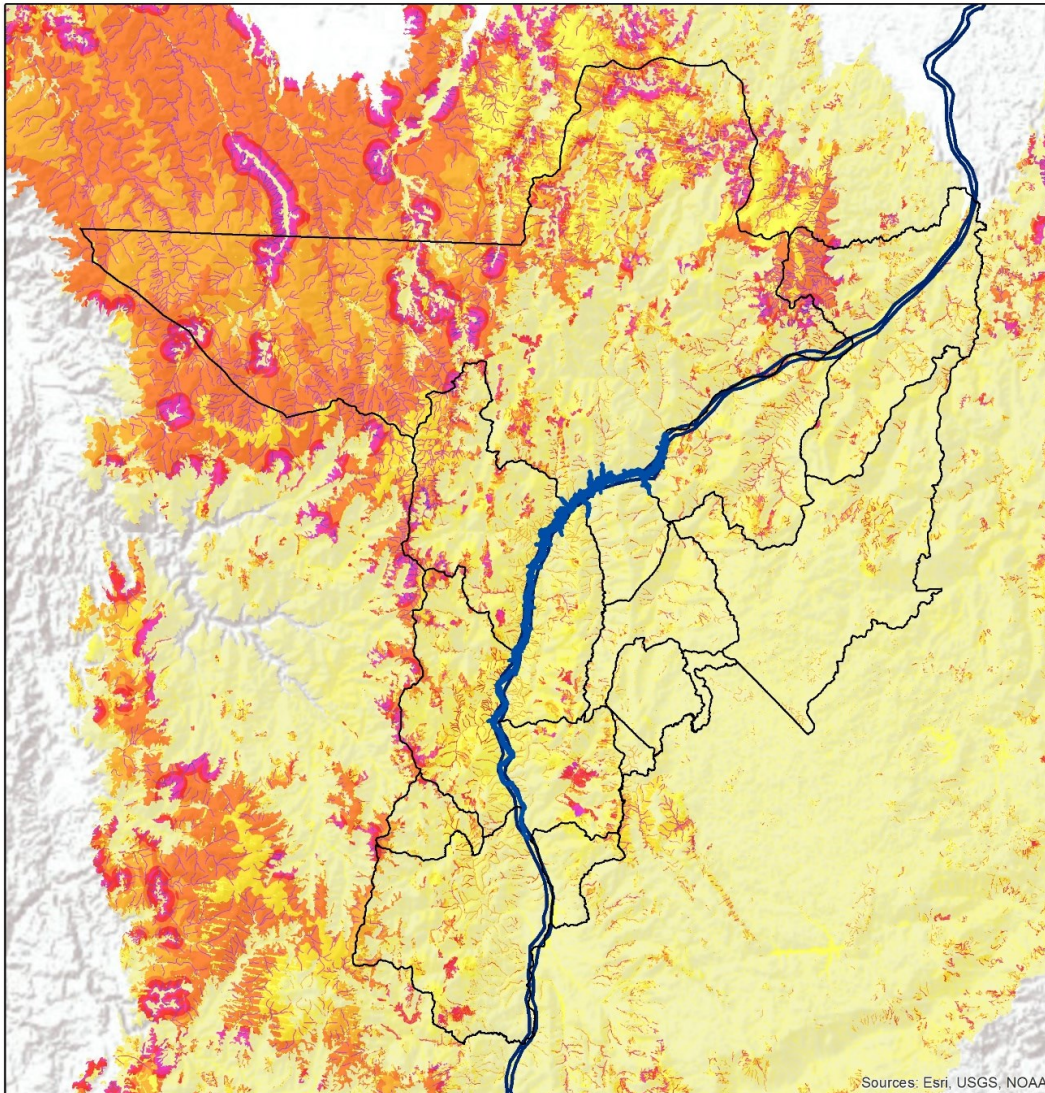
MAPA 32 ÁREAS CON APTITUD DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN BIOMASA EN LOS MUNICIPIOS DE INFLUENCIA DEL PHI

El mapa final de las principales zonas de agregación de servicios ambientales se presenta a continuación (Mapa 33), junto con un mapa del zoom de los municipios de influencia

directa del PHI (Mapa 34).



MAPA 33 ÁREAS DE CONGREGACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES EN LOS 12 MUNICIPIOS DE INTERÉS



Sources: Esri, USGS, NOAA



MAPA 34 ÁREAS DE CONGREGACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES EN LOS 12 MUNICIPIOS (RESULTADOS SIN CATEGORIZAR, DONDE 14 CORRESPONDE A LAS ÁREAS DE MAYOR IMPORTANCIA PARA LA OFERTA DE SE)

Raudsepp-Hearne *et al.*, (2010) resaltan la importancia de territorio heterogéneo para la prestación de múltiples servicios ecosistémicos. Según estos autores, la diversidad de servicios ambientales en un territorio, está directamente relacionado con la oferta de servicios de regulación (regulación hídrica, retención de sedimentos, almacenamiento de carbono), afirmación importante a considerar en el territorio del PHI, donde son estos los servicios que más predominan y de alguna manera sustentan la vida de los pobladores locales y otros usuarios del capital natural de esta región. Por otro lado, esta heterogeneidad del territorio, es el resultado de los múltiples usos a los que está expuesto, y es la mezcla de estos usos del territorio y las condiciones biofísicas del mismo, las responsables del funcionamiento de los ecosistemas y por ende de la oferta de SE (Rodríguez *et al.*, 2015; Lamy *et al.*, 2016). Es por eso indispensable encontrar un balance entre las acciones que tienen los pobladores sobre el territorio, para evitar un desbalance en el funcionamiento del mismo.

Los resultados de este mapa, muestran claramente como los bosques riparios se convierten en ecosistemas de alta importancia para la provisión de servicios ambientales. Los bosques riparios en cercanías del área del embalse, en sus zona media, fueron clasificados en áreas de congregación media de servicios. Esto es importante y debe ser considerado en los momentos de realizar acciones de conservación, ya sea vía Compensaciones ambientales por pérdida de biodiversidad, u otro medio, ya que la restauración de estos bosques se hace vital para el fortalecimiento en la prestación de dichos servicios, principalmente aquellos relacionados con la regulación hídrica y la retención de sedimentos.

Los datos muestran que del territorio un 74% se considera área de congregación de servicios ambientales, un 44% está clasificada como de Baja congregación de SE, 24% Media y solo un 7% del territorio constituye áreas de Alta importancia en la congregación de servicios ecosistémicos.

Algo que inquieta es ver como las zonas con mayor congregación de servicios se ubican fuera del área de influencia de los 12 municipios. El PNN Paramillo constituye un área clave en la región, al igual que las zonas más occidentales del área del MET, debido a la naturalidad y buen estado de conservación de sus ecosistemas, al igual que las zonas del bajo Cauca-Nechí. En el área de los 12 municipios, las zonas de prestación de servicios está muy asociada a la oferta hídrica debido a la extensa red hídrica que posee, y algunos parches pequeños de coberturas naturales, en su mayoría no de tipo boscoso que por estar en zonas de pendientes contribuyen a la retención de sedimentos y en el caso de los bosques riparios aún existentes, a la regulación hídrica.

Las zonas de páramo muestran su importancia en el suministro de servicios ambientales, y se convierten de nuevo en enclaves de protección indispensables para el equilibrio ambiental de la región.

En muchos lugares se ha visto que es posible que cuando hay pérdida de lugares con alto flujo de servicios ecosistémicos, algunos lugares con menor flujo de servicios pueden tomar este papel y suplir la demanda existente (Latterra et al., 2015), sin embargo, viendo el mapa 33, y considerando los análisis anteriores (Índice de estado de conservación del paisaje e Índice de probabilidad de colapso de la biodiversidad) poner en riesgo a aquellos lugares de oferta de servicios, tanto alta, como media y baja, es poner en riesgo a una región muy transformada, de baja remanencia ecosistémica, altas probabilidades de colapso, etc.

Sin embargo, es importante resaltar, que aunque se entienden de manera general los patrones y las interacciones entre las variables y sus atributos, es de importancia un entendimiento más profundo sobre como los atributos de la vegetación y las coberturas de la tierra son usadas para la cuantificación de múltiples servicios ecosistémicos (Alamgir et al., 2016).

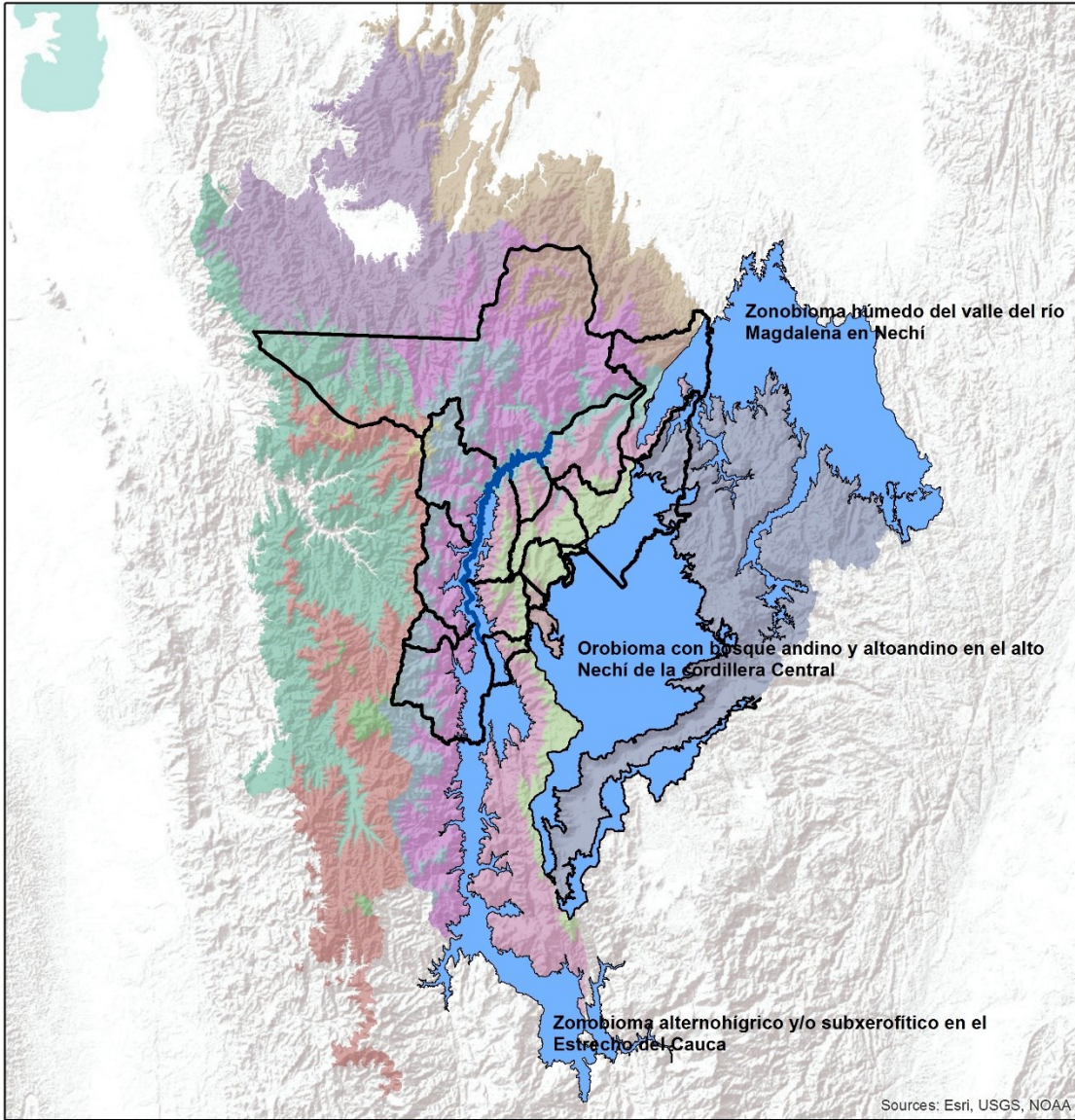
Servicios ecosistémicos por Unidad de Análisis Territorial

Servicios de aprovisionamiento

Oferta Hídrica Superficial

A diferencia de los demás servicios ecosistémicos, la oferta hídrica superficial no depende de manera directa de las coberturas de la tierra ni de su remanencia. La oferta hídrica depende de la red hídrica que soporta el territorio, y que se da como resultado de las características físicas del lugar. En la Figura 12 se ve la relación porcentual entre las áreas de provisión de este servicio, el área total de la UA que lo provee y el porcentaje de remanencia de las coberturas naturales en cada UA. Aquí sobresale la UA Zonobioma altermohigróico y/o subxerofítico en el Estrecho del Cauca, que hace referencia al ecosistema de Bosque Seco Tropical, y aunque solo representa el 6% del territorio estudiado, está ofertando más de un 32% del total de la alta oferta del servicio. Esto claramente dado por la presencia del Río Cauca.

Otra unidad de análisis que sobresale es el Orobioma con bosque andino y altoandino en el alto Nechí de la cordillera Central, esta UA oferta en categoría alta el 13% del total en esta categoría para todo el territorio, y representa solo el 10% del área total estudiada. Esta UA al ser evaluada bajo otros indicadores e índices es un área altamente transformada, con apenas un 24% de remanencia ecosistémica. Su papel en la oferta hídrica es fundamental, y por esto es necesario el cuidado del recurso, su calidad, cantidad y regulación, para asegurar a futuro su papel como aprovisionador. Lo mismo sucede con el Zonobioma húmedo del valle del río Magdalena en Nechí, que provee el 12% del agua superficial en categoría Alta, con solo un 9% del área total estudiada (Mapa 35).



MAPA 35 UNIDADES DE ANÁLISIS QUE PUNTEAN EN LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL

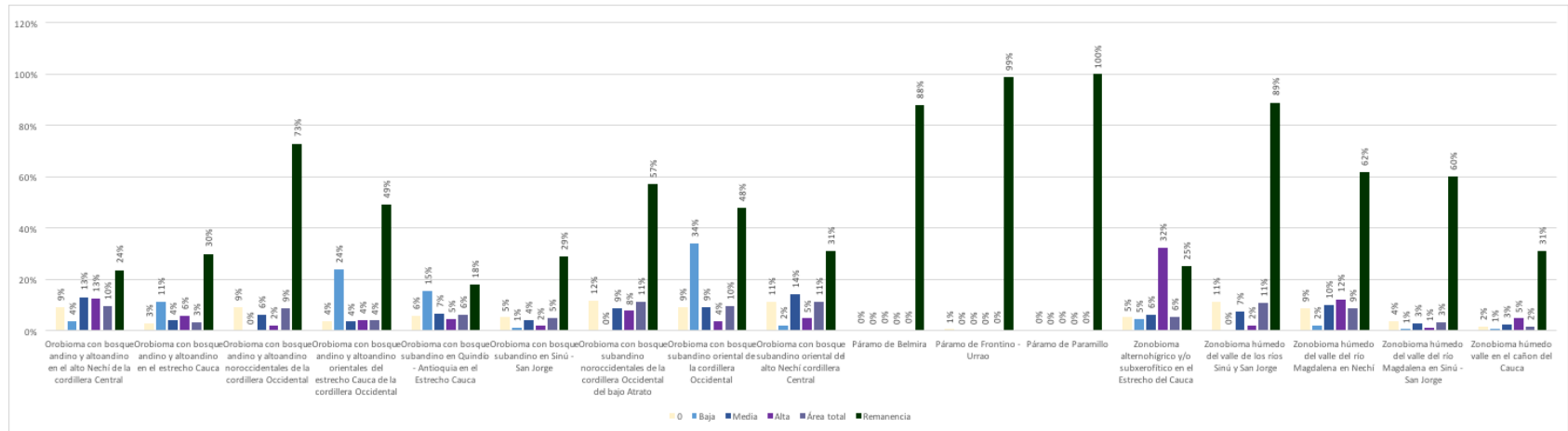


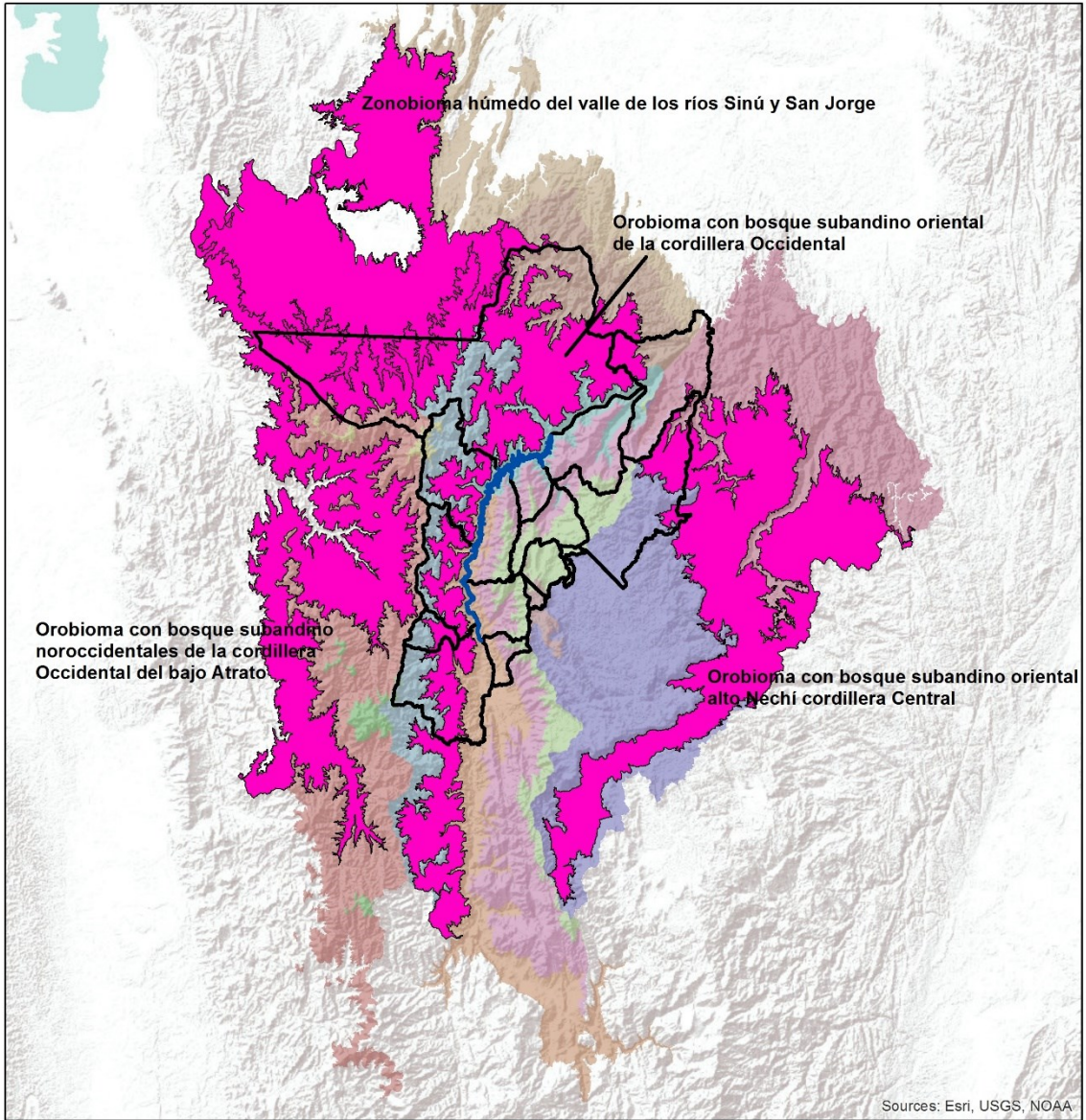
FIGURA 12 PORCENTAJES DE OFERTA HÍDRICA EN CADA UNA DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL Y SU RESPECTIVO VALOR DE REMANENCIA DE COBERTURAS NATURALES

Hábitat potencial para polinizadores

Las áreas de provisión de hábitat para polinizadores, representadas en los mejores bosques y arbustales en cercanías a las zonas de cultivo, están en algunos casos relacionadas con el porcentaje de remanencia de coberturas naturales para cada Unidad de Análisis. La figura 13, deja ver como esto ocurre en el Zonobioma húmedo del valle de los ríos Sinú y San Jorge, que tiene un 89% de su territorio aún con coberturas naturales, y provee del total del área estudiada el 20% de la oferta Alta y el 22% de la oferta media de este servicio. Por otro lado, el Orobioma con bosque subandino noroccidentales de la cordillera Occidental del bajo Atrato y el Orobioma con bosque subandino oriental de la cordillera Occidental, presentan valores importantes en la provisión del servicio, a pesar de tener valores de remanencia ecosistémica intermedios, 57% y 48% respectivamente (Mapa 36). En el caso de los páramos, los valores de remanencia ecosistémica son los más altos, sin embargo no son prestadores de este servicio, que se asocia más a coberturas boscosas, y a zonas colindantes a zonas productivas.

Oferta de alimento

La figura 14, muestra como las Unidades de Análisis: Orobioma con bosque subandino en Quindío - Antioquia en el Estrecho Cauca, Orobioma con bosque subandino en Sinú - San Jorge, Orobioma con bosque subandino noroccidentales de la cordillera Occidental del bajo Atrato, Orobioma con bosque subandino oriental de la cordillera Occidental y el Orobioma con bosque subandino oriental del alto Nechí cordillera Central, son las que más aportan a la provisión del servicio, para toda el área estudiada (Mapa 37). Estas UA presentan valores bajos y medios de remanencia (18%, 29%, 57%, 48%, 31% respectivamente), esto tiene sentido, ya que la actividad productiva ha venido presentándose a detrimento de las coberturas naturales. Algunas de estas UA coinciden con aquellas que sobresalen en la oferta de hábitat para polinizadores, esto debido a la complementariedad de los servicios.



MAPA 36 UNIDADES DE ANÁLISIS QUE PUNTEAN EN LA OFERTA DE HÁBITAT PARA POLINIZADORES

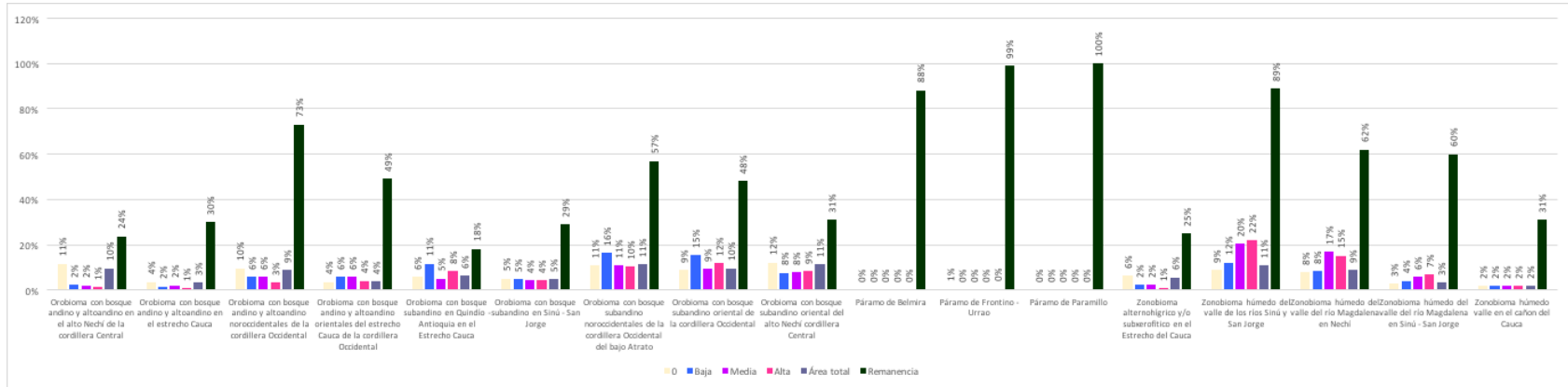


FIGURA 13 PORCENTAJES DE ÁREAS DE HÁBITAT POTENCIAL PARA POLINIZADORES EN CADA UNA DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL Y SU RESPECTIVO VALOR DE REMANENCIA DE COBERTURAS NATURALES

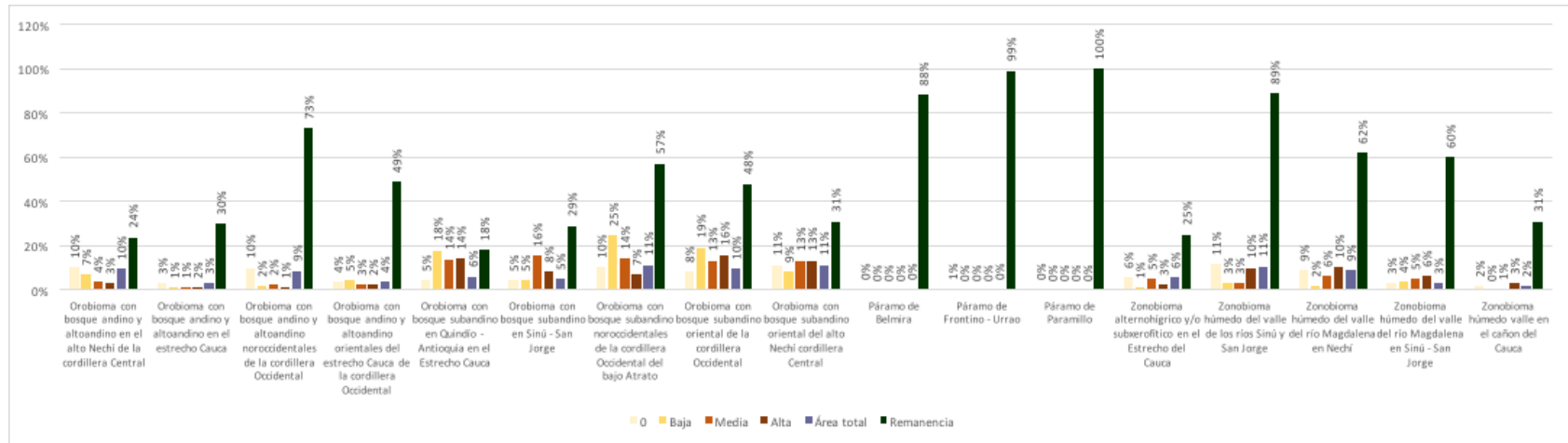
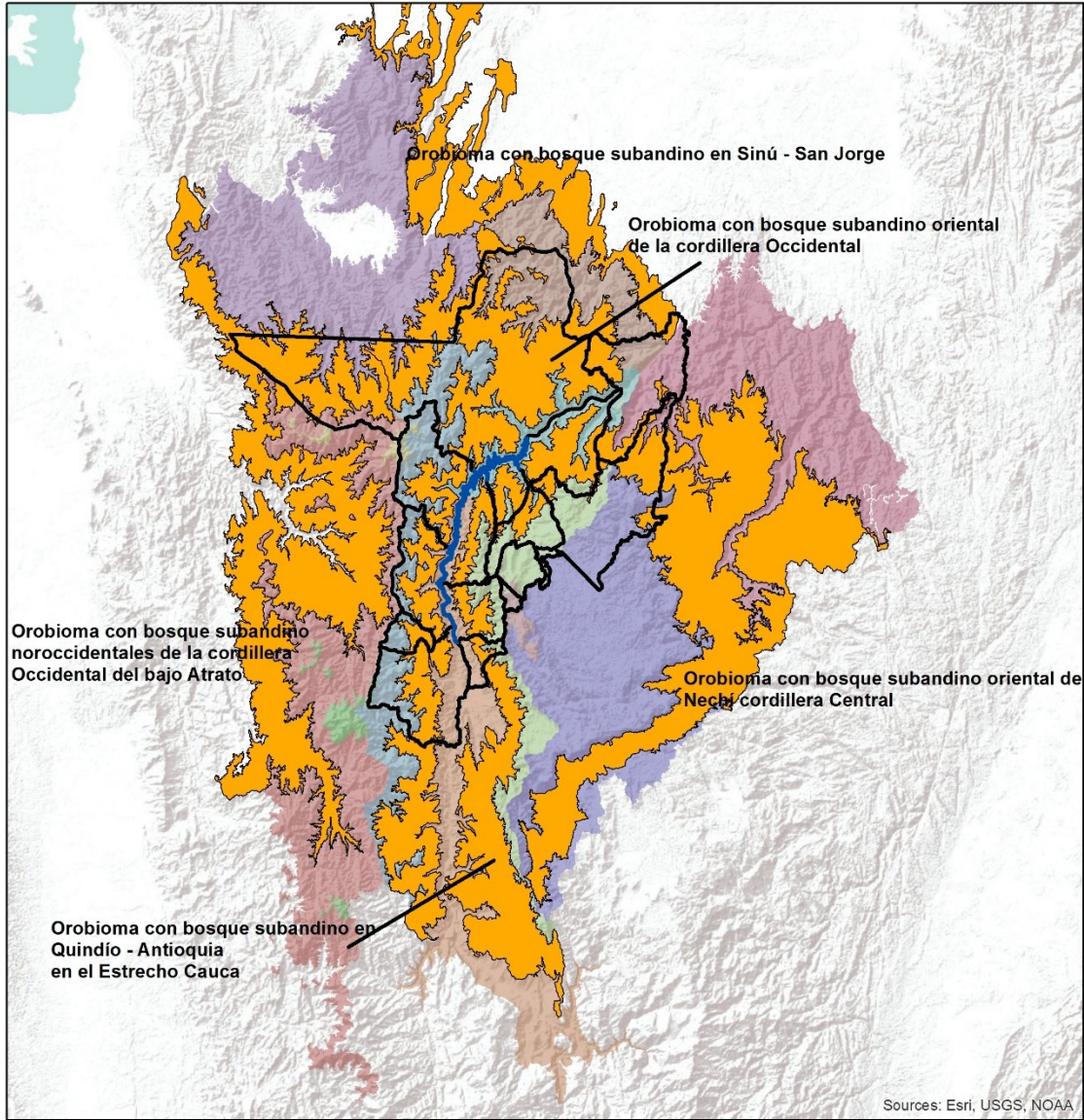


FIGURA 14 PORCENTAJES DE ÁREAS DE OFERTA DE ALIMENTO EN CADA UNA DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL Y SU RESPECTIVO VALOR DE REMANENCIA DE COBERTURAS NATURALES



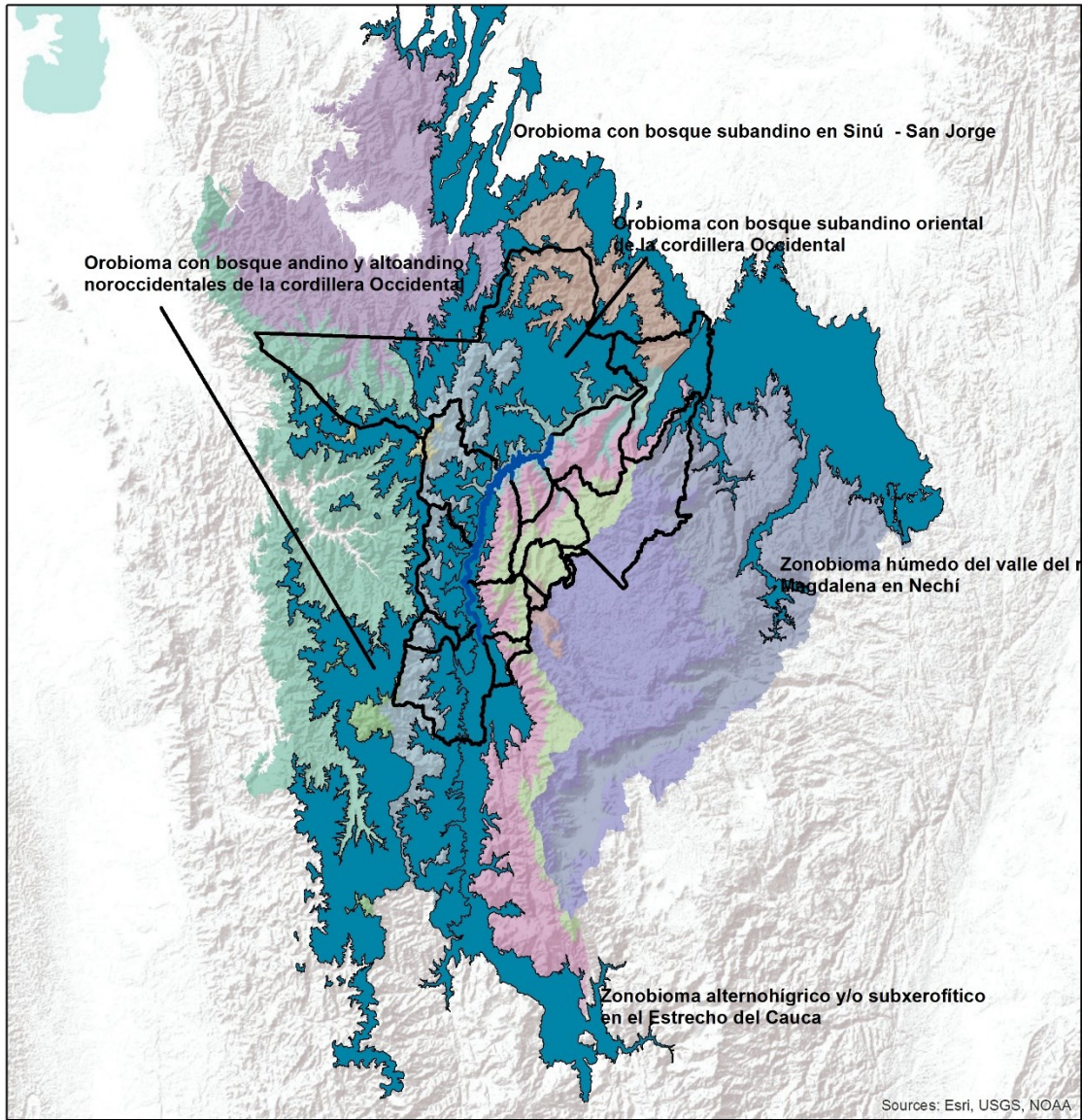
<p>LEYENDA</p> <p>Unidades de Análisis que puntúan en la provisión de alimento</p>  <p>Área del embalse</p> 	<p>MODELO DE INTEGRACIÓN TERRITORIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO</p>   <p>FUENTE: IGAC, EPM, VON HUMBOLDT</p>	<p>MAPAS CONTEXTO</p> <p>MAGNA_Colombia_Oeste Proyección: Transversal_Mercator Falso_Este: 1000000,0 Falso_Northing: 1000000,0 Meridiano_Central: -77,07760751666666 Origen de Latitud: 4,596200416666666</p>  
---	---	---

MAPA 37 UNIDADES DE ANÁLISIS QUE PUNTEAN EN LA OFERTA DE ALIMENTO

Servicios de Regulación

Regulación hídrica

Se ve con claridad como la UA Zonobioma húmedo del valle de los ríos Sinú y San Jorge que tiene una remanencia ecosistémica del 89%, es aquella unidad donde se presentan los porcentajes más altos para la prestación de este servicio ambiental (Figura 15). Por su parte el Orobioma con bosque andino y altoandino noroccidentales de la cordillera Occidental con una remanencia del 71%, tiene un valor importante de prestación del este servicio en categoría alta. Valores intermedios de regulación hídrica sobresalen en las UA: Orobioma con bosque subandino en Sinú - San Jorge, Orobioma con bosque subandino oriental de la cordillera Occidental, y el Zonobioma húmedo del valle del río Magdalena en Nechí (Mapa 38). El Zonobioma alternohigróico y/o subxerofítico en el Estrecho del Cauca presenta porcentajes importantes en cuanto a la prestación del servicio en categorías baja y media, dando a entender que el Bosque Seco tropical, y sus remanentes, se convierten en importantes para la regulación hídrica.



MAPA 38 UNIDADES DE ANÁLISIS QUE PUNTEAN EN LA REGULACIÓN HÍDRICA

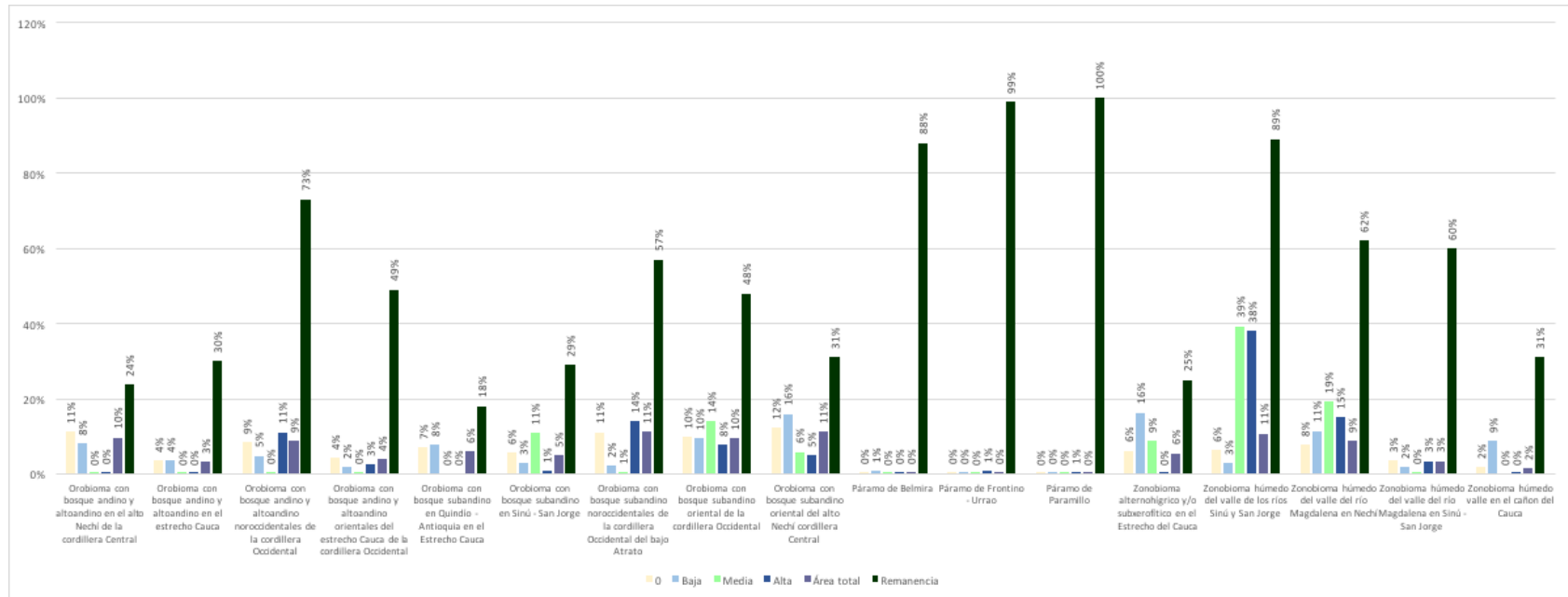


FIGURA 15 PORCENTAJES DE ÁREAS DE REGULACIÓN HÍDRICA EN CADA UNA DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL Y SU RESPECTIVO VALOR DE REMANENCIA DE COBERTURAS NATURALES

Retención de sedimentos

En cuanto a la retención de sedimentos, la figura 16, muestra como el Orobioma con bosque andino y alto andino noroccidentales en la cordillera occidental, y Orobioma con bosques noroccidentales de la cordillera occidental del bajo Atrato, con remanencias de coberturas naturales del 73% y 57% respectivamente, constituyen las unidades de análisis con una prestación considerable del servicio en categoría alta. Claramente este servicio se relaciona de manera directa tanto con la cantidad de coberturas naturales existentes, como del estado y salud de las mismas. Los sistemas boscosos y de arbustales en zonas de pendientes en estas UA, se hacen indispensables y objeto de conservación mediante su uso sostenible y preservación. Los orobiomas como es de esperarse, son mejores proveedores de este servicio, por encima de los zonobiomas y de los páramos (Mapa 39). Sin embargo, sobresale el Zonobioma húmedo del valle de los ríos Sinú – San Jorge. Respecto a las UA que estarán en contacto directo con la embalse del PHI, se ve como el Zonobioma alternohigróico y/o subxerofítico del valle del Cauca, presta en un nivel medio este servicio, con un valor considerable. En cuanto a los orobiomas que se encuentran colindantes a este BsT, se ve como el orobioma con bosque subandino oriental de la cordillera occidental, ubicado hacia el margen izquierdo del río, se constituye en un mejor proveedor del servicio, al ser comparado con el Orobioma con bosque subandino en Quindío –Antioquia en el estrecho Cauca.

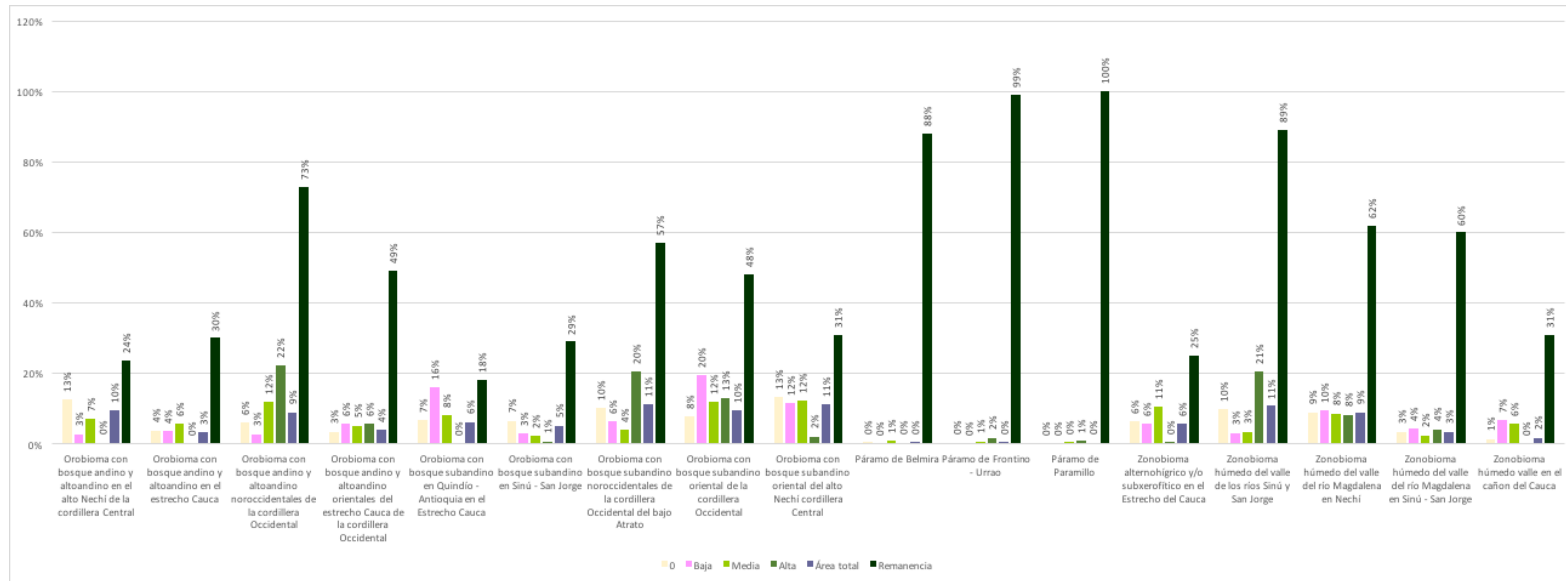
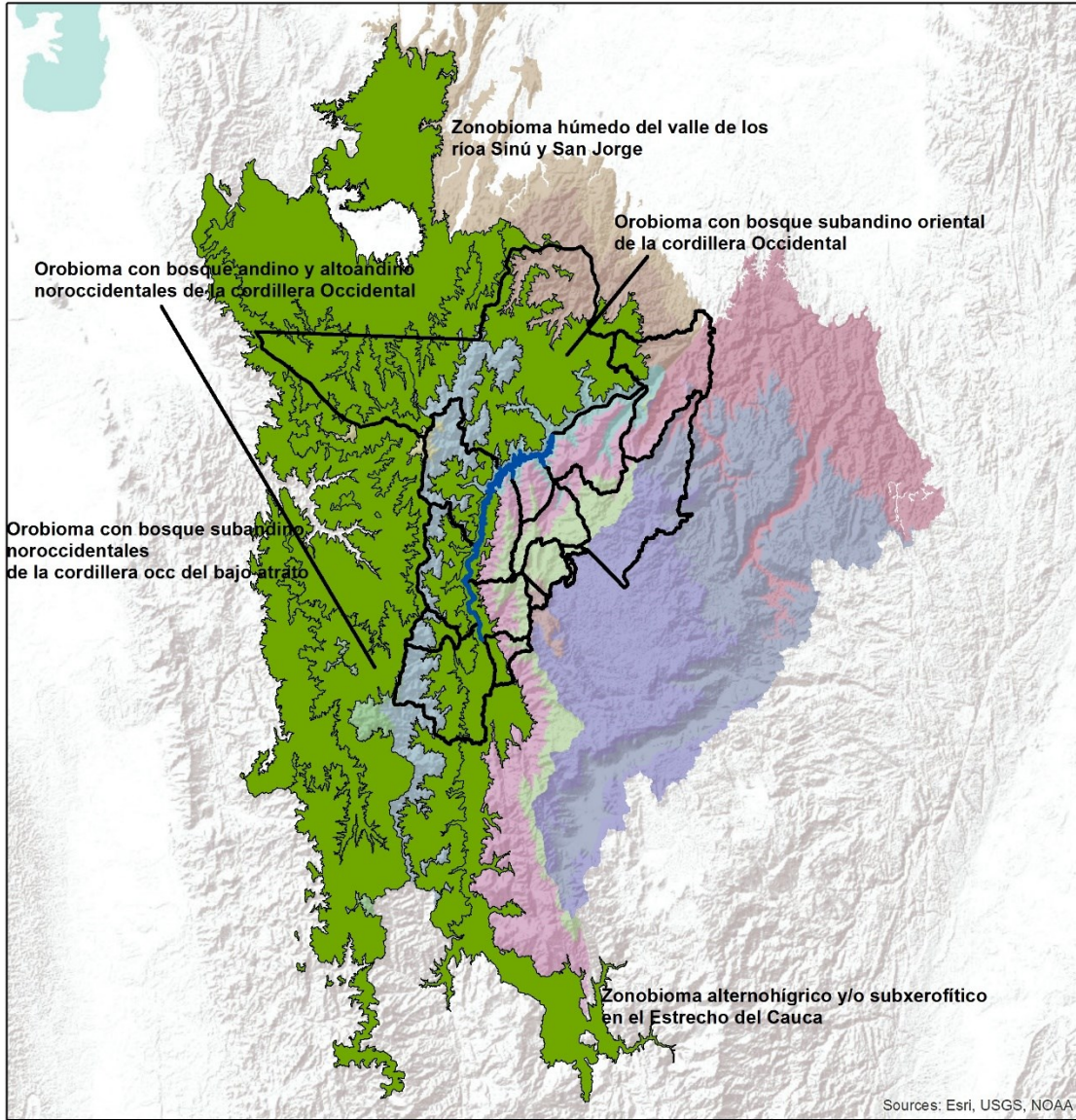


FIGURA 16 PORCENTAJES DE ÁREAS DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS EN CADA UNA DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL Y SU RESPECTIVO VALOR DE REMANENCIA DE COBERTURAS NATURALES

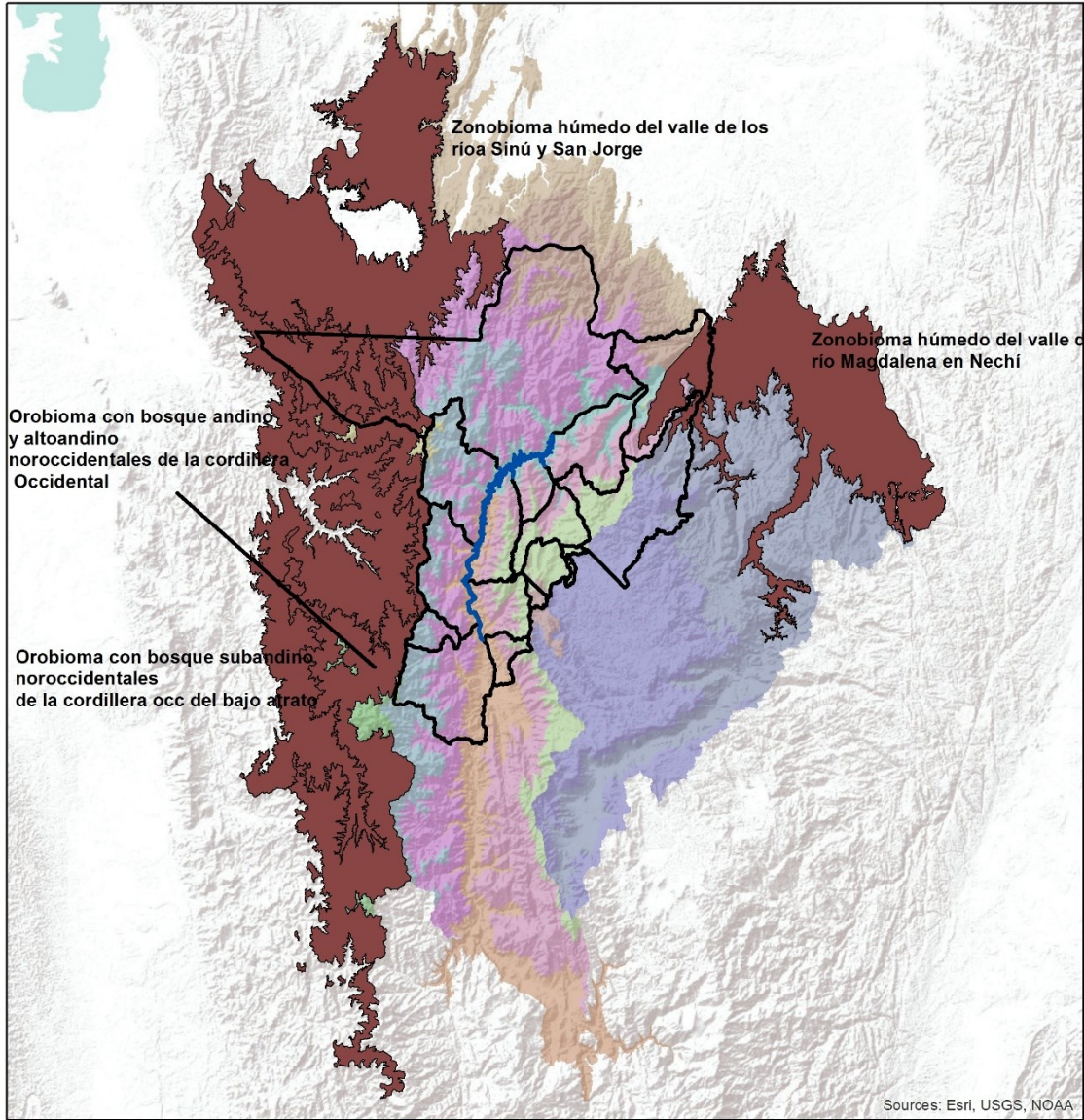


<p>LEYENDA</p> <p>Unidades de Análisis que puntean en la retención de sedimentos</p>  <p>Área del embalse</p> 	<p>MODELO DE INTEGRACIÓN TERRITORIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO</p>   <p>FUENTE: IGAC, EPM, VON HUMBOLDT</p>	<p>MAPAS CONTEXTO</p> <p>MAGNA_Colombia_Oeste Proyección: Transversal_Mercator Falso_Este: 1000000,0 Falso_Northing: 1000000,0 Meridiano Central: -77,07760751666666 Origen de Latitud: 4,596200416666666</p> 
---	---	---

MAPA 39 UNIDADES DE ANÁLISIS QUE PUNTEAN EN LA RETENCIÓN DE SEDIMENTOS

Almacenamiento de Carbono

La figura 17, muestra como son 4 las Unidades de Análisis que resaltan en la prestación de este servicio ambiental. Los Orobiomas con bosque andino y altoandino noroccidentales de la cordillera occidental y con bosque subandino noroccidentales de la cordillera occidental del bajo Atrato, junto con el Zonobioma húmedo del valle de los ríos Sinú y San Jorge, y el Zonobioma húmedo del valle del río Magdalena en Nechí (Mapa 40), poseen niveles de remanencia ecosistémica alta y media, pero al parecer suficiente para mantener este servicio de almacenamiento de carbono. En cuanto a los Páramos se vislumbra su papel en la captación y almacenamiento de carbono.



Sources: Esri, USGS, NOAA

<p>LEYENDA</p> <p>Unidades de Análisis que puntúan en el almacenamiento de carbono</p>  <p>Área del embalse</p> 	<p>MODELO DE INTEGRACIÓN TERRITORIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO</p>   <p>FUENTE: IGAC, EPM, VON HUMBOLDT</p>	<p>MAPAS CONTEXTO</p> <p>MAGNA_Colombia_Oeste Proyección: Transversal_Mercator Falso_Este: 1000000,0 Falso_Northing: 1000000,0 Meridiano Central: -77,07760751666666 Origen de Latitud: 4,596200416666666</p> 
---	---	---

MAPA 40 UNIDADES DE ANÁLISIS QUE PUNTEAN EN EL ALMACENAMIENTO DE CARBONO

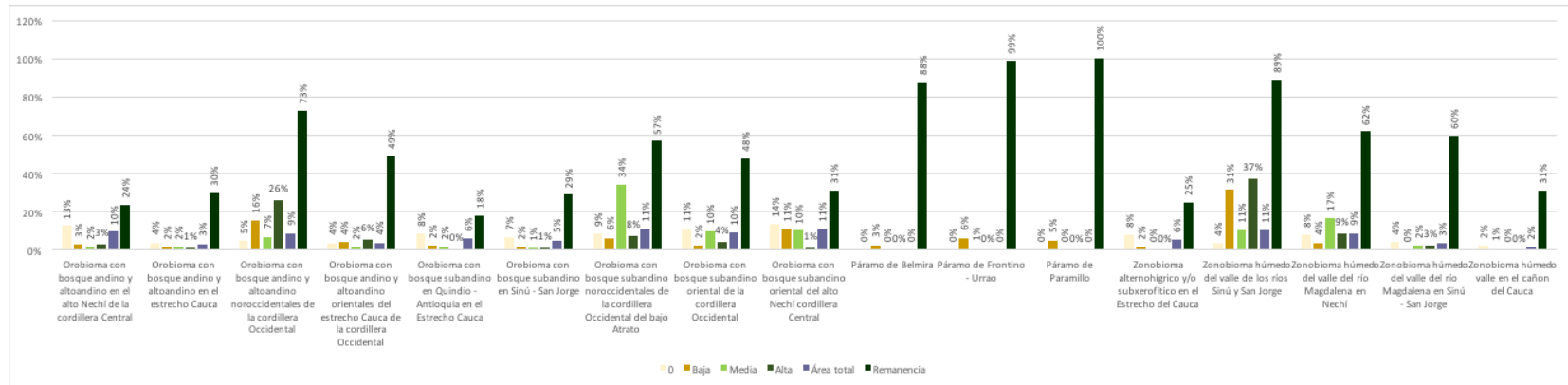


FIGURA 17 PORCENTAJES DE ÁREAS DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN CADA UNA DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL Y SU RESPECTIVO VALOR DE REMANENCIA DE COBERTURAS NATURALES

Servicios Ambientales vs. Probabilidad de colapso de la biodiversidad vs. SINAP

Al cruzar las áreas de provisión de servicios ambientales con el análisis de probabilidad de colapso y la capa del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) (Para más información ver sección Componente Estado Legal del territorio a continuación de esta sección), se obtienen los siguientes resultados:

OFERTA HÍDRICA

Del total de las áreas con capacidad de oferta hídrica (13%) en el total del área de estudio, un 15% está en áreas con una probabilidad de colapso Muy Alta, 16% Alta, 15% Media, 14% Baja y 10% Muy Baja. Gran parte de estos porcentajes están en áreas de oferta hídrica media (Figura 18), siendo una alarma para que los usuarios del territorio, tanto directos como no, al igual que para que los tomadores de decisión, enfoquen esfuerzos en mejorar las condiciones del territorio y frenar y/o reducir los motores de transformación del mismo, que a su vez permitirá disminuir esta probabilidad de colapso de la biodiversidad y se verá reflejado en una mejor prestación del servicio ecosistémico.

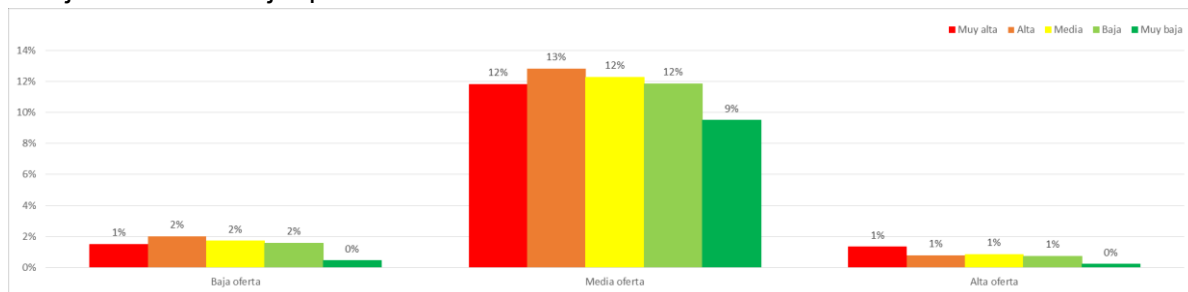


FIGURA 18 PORCENTAJE DEL TERRITORIO CON POTENCIALIDAD DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE OFERTA HÍDRICA (BAJA, MEDIA, ALTA), BAJO CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS DE PROBABILIDAD DE COLAPSO (MUY ALTA, ALTA, MEDIA, BAJA, MUY BAJA).

Dentro de las áreas del SINAP, solo un 9% del territorio está en condiciones de prestar este servicio (54.473 ha), comparado con un 15% del territorio fuera del SINAP (317.767 ha). De estas áreas en el SINAP, casi un 88% está bajo categorías de probabilidad de colapso Baja y Muy Baja. Al comparar los resultados con las áreas fuera del SINAP, se ve con claridad como el servicio puede ponerse en riesgo, ya que el territorio en el que ocurre tiene probabilidades de colapso significativas (Figura 19). De alguna manera esta figura muestra que las áreas protegidas juegan un papel en la protección de este servicio ambiental.

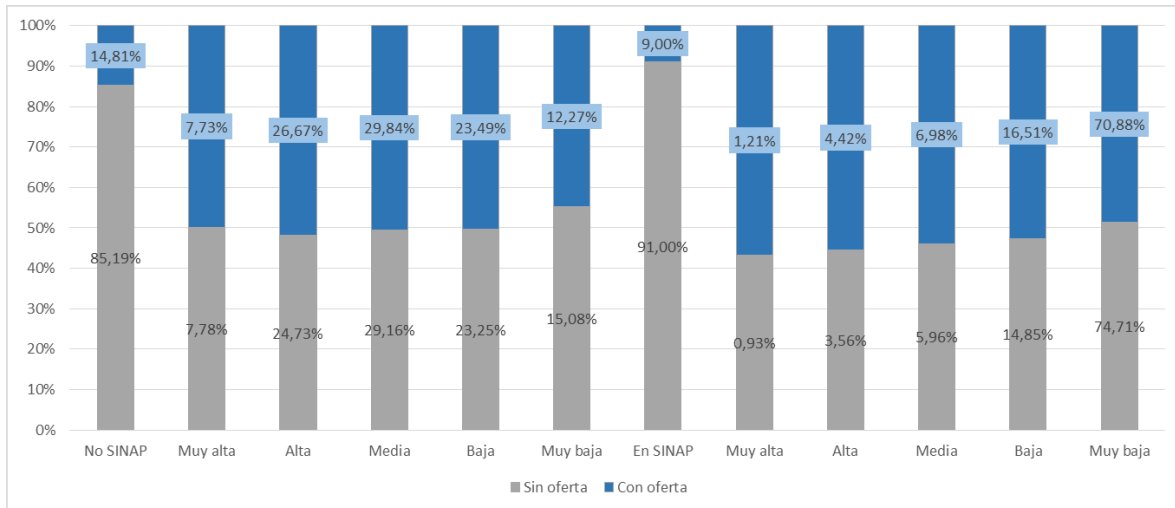


FIGURA 19 PORCENTAJE DEL TERRITORIO CON OFERTA HÍDRICA DENTRO Y FUERA DEL SINAP BAJO ALGUNA CATEGORÍA DE PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD

HÁBITAT POTENCIAL PARA POLINIZADORES (POLINIZACIÓN)

En cuanto a las áreas con potencialidad de ser hábitat para polinizadores, se ve como están en área donde la probabilidad de colapso es variable, pero sobre salen las áreas con media, baja y muy baja probabilidad de colapso, sin embargo, las áreas de prestación del servicio bajo probabilidad de colapso Alto son significativas y deben ser tenidas en cuenta para revertir este resultado (Figura 20).

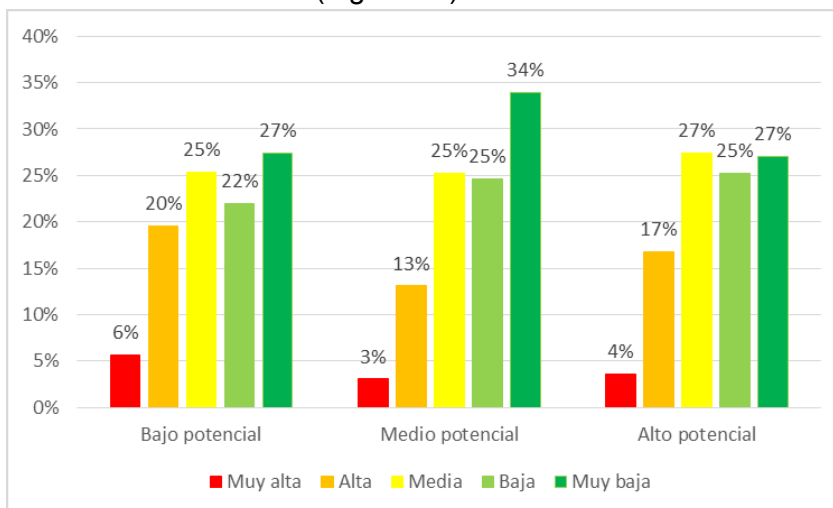


FIGURA 20 PORCENTAJE DEL TERRITORIO CON POTENCIAL DE SER HÁBITAT PARA POLINIZADORES (BAJO, MEDIO, ALTO), BAJO CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS DE PROBABILIDAD DE COLAPSO (MUY ALTA, ALTA, MEDIA, BAJA, MUY BAJA).

En cuanto a la proporción del territorio dentro y fuera del SINAP con potencial para ser hábitat de polinizadores y su relación con la probabilidad de colapso de la biodiversidad, se

ve como dentro de las áreas del Sistema de áreas protegidas se encuentra más proporción de territorio con la potencialidad de prestar el servicio, sin embargo en cuanto a área, fuera del SINAP hay 382.264 ha que prestan el servicio a comparación de las 143.972 ha dentro del Sistema. Al ver aquellas áreas fuera del SINAP, que corresponden a una extensión considerable, su distribución parece estar en áreas con probabilidad de colapso altas y medias (Figura 21), lo que se hace preocupante para el mantenimiento en el tiempo del servicio.

Al igual que con el servicio anterior, se ve como las áreas protegidas juegan un papel importante en la conservación de la biodiversidad y en la prestación de servicios ambientales.

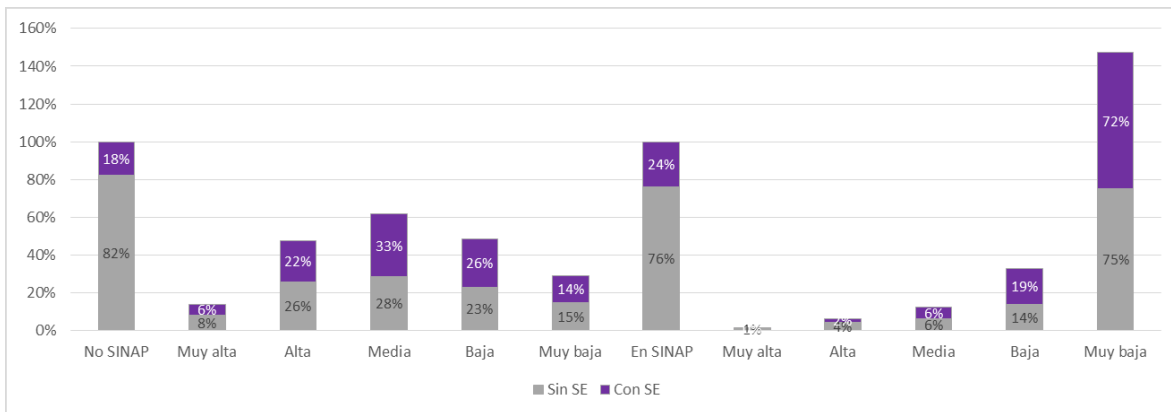


FIGURA 21 PORCENTAJE DEL TERRITORIO CON POTENCIALIDAD DE SER HÁBITAT DE POLINIZADORES DENTRO Y FUERA DEL SINAP BAJO ALGUNA CATEGORÍA DE PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD.

ALIMENTO

En cuanto a la prestación de este servicio y su relación con la probabilidad de colapso, se ve en la figura 22, como las áreas de oferta baja y media son aquellas en zonas con las cinco clases de probabilidades de colapso. Sobresaliendo las áreas de prestación media del servicio que se ubican en áreas de probabilidad de colapso alta y media.

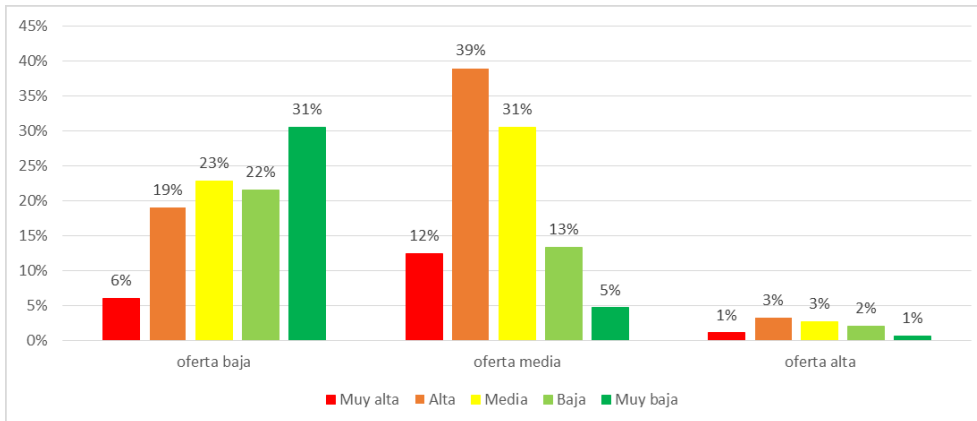


FIGURA 22 PORCENTAJE DEL TERRITORIO PARA PROVISIÓN DE ALIMENTO (BAJA, MEDIA, ALTA), BAJO CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS DE PROBABILIDAD DE COLAPSO (MUY ALTA, ALTA, MEDIA, BAJA, MUY BAJA).

En cuanto a cómo está la prestación de este servicio dentro y fuera del SINAP, se ve claramente como las áreas protegidas restringen la prestación del mismo (38.878 ha vs. 354.000 ha que ofrecen el servicio fuera del SINAP), al tratarse de una actividad económica, extractiva y que causa cambio en el uso del suelo (figura 23). En cuanto al porcentaje del territorio destinado para este fin fuera del SINAP, hay un 17%. La sostenibilidad de este servicio depende en gran medida de un correcto manejo de los recursos. La actividad debe realizarse en áreas aptas para la misma, donde no exista una sobreutilización del suelo que entre en conflicto con el territorio. Por otro lado es de suma importancia el mantenimiento de bosques y arbustales aledaños (Mapa 25) que juegan un papel clave como hábitat de polinizadores, los cuales son los responsables de la productividad de estos cultivos. Actividades y proyectos productivos sostenibles a ser implementados en la zona, deben considerar la vocación del suelo, y reforzar la restauración de coberturas naturales que permitan mantener un equilibrio en este socioecosistema.

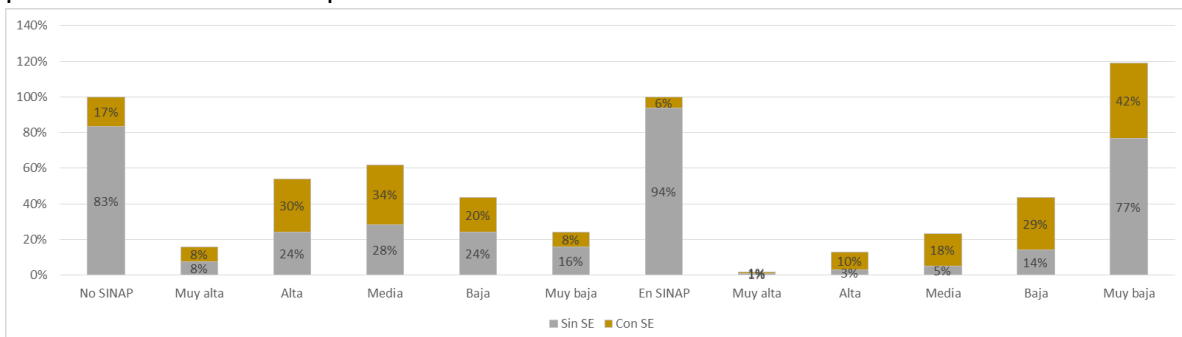


FIGURA 23 PORCENTAJE DEL TERRITORIO PARA LA PROVISIÓN DE ALIMENTO DENTRO Y FUERA DEL SINAP BAJO ALGUNA CATEGORÍA DE PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD.

REGULACIÓN HÍDRICA

La prestación del servicio en sus zonas de alta potencialidad parecería estar en bajo riesgo (Figura 24). Los porcentajes muestran que en las zonas de alta regulación, la probabilidad de colapso de la biodiversidad es muy baja y baja, contrario a lo que ocurre en zonas de media y baja regulación, que parecen estar ubicadas en zonas con probabilidades de colapso altas, medias y bajas.

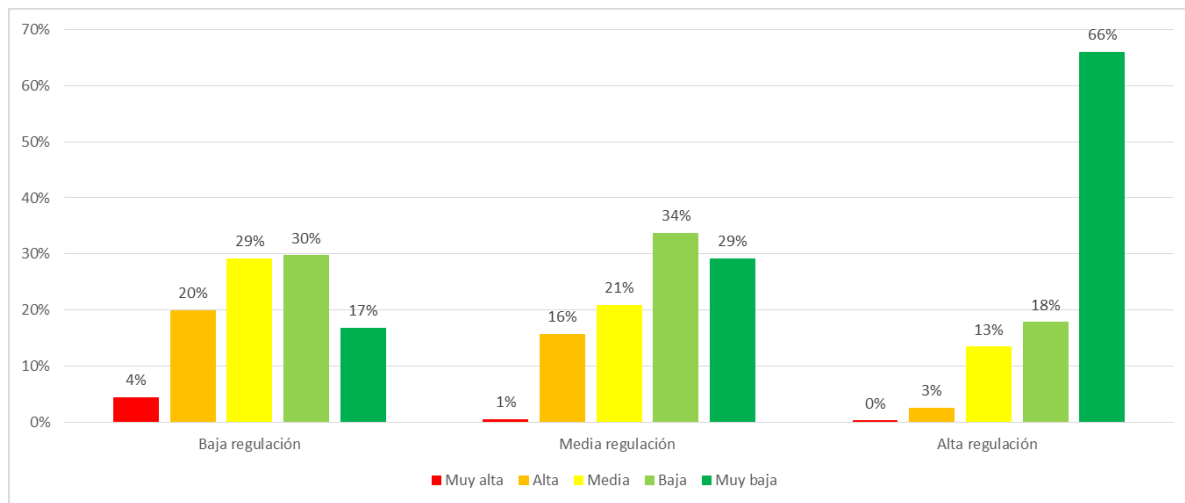


FIGURA 24 PORCENTAJE DEL TERRITORIO PARA LA REGULACIÓN HÍDRICA (BAJA, MEDIA, ALTA), BAJO CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS DE PROBABILIDAD DE COLAPSO (MUY ALTA, ALTA, MEDIA, BAJA, MUY BAJA).

La prestación de este servicio dentro y fuera de las áreas del SINAP, ocurre de manera similar en cuanto al área de oferta (dentro del SINAP – 214.053 ha y fuera del SINAP 216.418 ha). Sin embargo, en el territorio SINAP, la gran mayoría del territorio prestador del servicio está en zona con probabilidad de colapso muy baja, a diferencia de las áreas que prestan el servicio fuera de las áreas protegidas, donde hay porcentajes significativos en áreas con probabilidad de colapso media (Figura 25). Una vez más se ve la importancia de las áreas protegidas no solo para la prestación de servicios ecosistémicos, sino para su protección y aseguramiento.

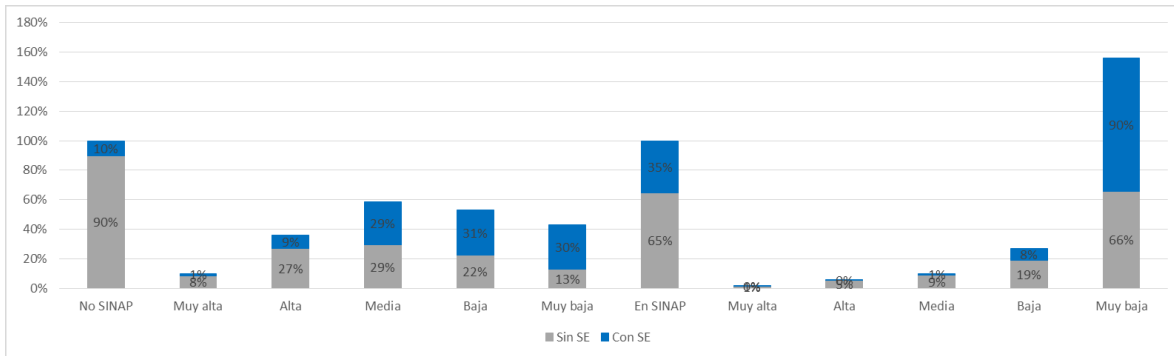


FIGURA 25 PORCENTAJE DEL TERRITORIO PARA LA REGULACIÓN HÍDRICA DENTRO Y FUERA DEL SINAP BAJO ALGUNA CATEGORÍA DE PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD.

RETENCIÓN DE SEDIMENTOS

Al parecer las zonas de alta retención de sedimentos están en zonas de baja y muy baja probabilidad de colapso, las áreas de baja y media tensión en lo contrario están distribuidas en zonas de alta, media y baja probabilidad de colapso (Figura 26).

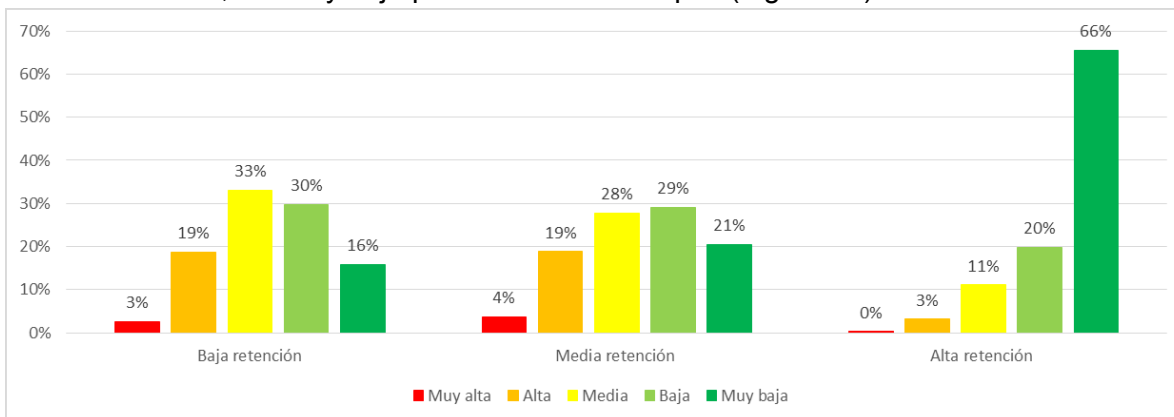


FIGURA 26 PORCENTAJE DEL TERRITORIO PARA LA RETENCIÓN DE SEDIMENTOS (BAJA, MEDIA, ALTA), BAJO CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS DE PROBABILIDAD DE COLAPSO (MUY ALTA, ALTA, MEDIA, BAJA, MUY BAJA).

En cuanto a las áreas dentro del SINAP que ofrecer este servicio, hay 283.071 ha, que corresponde al 47% del área total cubierta por este Sistema. Estas áreas de prestación del servicio están en zonas de muy baja probabilidad de colapso, lo que es un parte de tranquilidad. En cuanto a las áreas fuera del SINAP que prestan el servicio, son 531.798 ha que corresponden al 25% del área total fuera del sistema. Al igual que en los casos anteriores, la prestación del servicio se hace en áreas con probabilidades de colapso diversas, predominando las áreas de probabilidad media y baja (Figura 27). Aunque todos los servicios ambientales acá presentados son de gran importancia para los pobladores locales y regionales, este que se presenta acá es de vital importancia para el

funcionamiento y vida útil del PHI. La capacidad del territorio de retener sedimentos e impedir que estos entren al nuevo embalse, constituye un servicio de prioridad. Al ver el mapa 30, se ve como las áreas que prestan este servicio y están fuera del SINAP están asociadas a esos bosques que rodean a lo que será el nuevo embalse. El fortalecimiento de estos bosques y arbustales que blindan de alguna manera al cuerpo de agua, debe ser una de los lineamientos de gestión de la empresa, más aún cuando estas áreas están propensas al colapso de su biodiversidad.

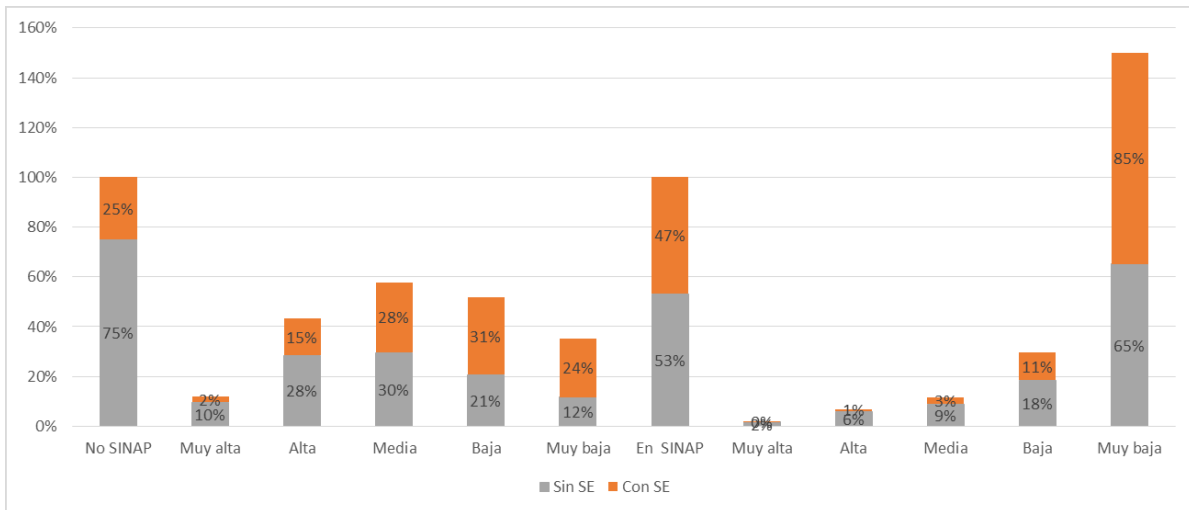


FIGURA 27 PORCENTAJE DEL TERRITORIO PARA RETENCIÓN DE SEDIMENTOS DENTRO Y FUERA DEL SINAP BAJO ALGUNA CATEGORÍA DE PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD.

ALMACENAMIENTO DE CARBONO

Aparentemente la prestación del servicio de almacenamiento de carbono aéreo, está asociado a zonas con probabilidades de colapso bajas y muy bajas (Figura 28), lo que de alguna manera tranquiliza y no prende alertas, sin embargo es necesario monitorear en el tiempo este aspecto para asegurarse que no cambien los resultados.

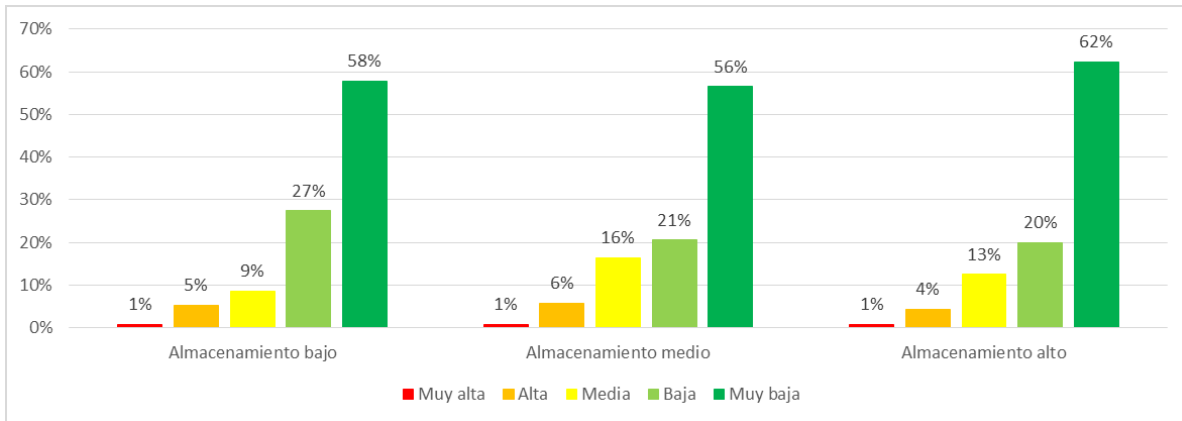


FIGURA 28 PORCENTAJE DEL TERRITORIO PARA EL ALMACENAMIENTO DE CARBONO (BAJO, MEDIO, ALTO), BAJO CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS DE PROBABILIDAD DE COLAPSO (MUY ALTA, ALTA, MEDIA, BAJA, MUY BAJA).

La figura 29, muestra como hay una gran proporción del territorio dentro del SINAP que presta este servicio (72% - 433.400 ha), y que está en una zona de probabilidad de colapso muy baja, reafirmando una vez más que las áreas protegidas están cumpliendo un papel de protección y prestación de servicios ambientales. En cuanto a las áreas fuera del SINAP que prestan el servicio de almacenamiento de carbono aéreo, hay 416.138 ha que corresponden a un 19% de este territorio. Al igual que con los otros servicios esta proporción es reducida y las áreas están en zonas de probabilidad de colapso medias y bajas.

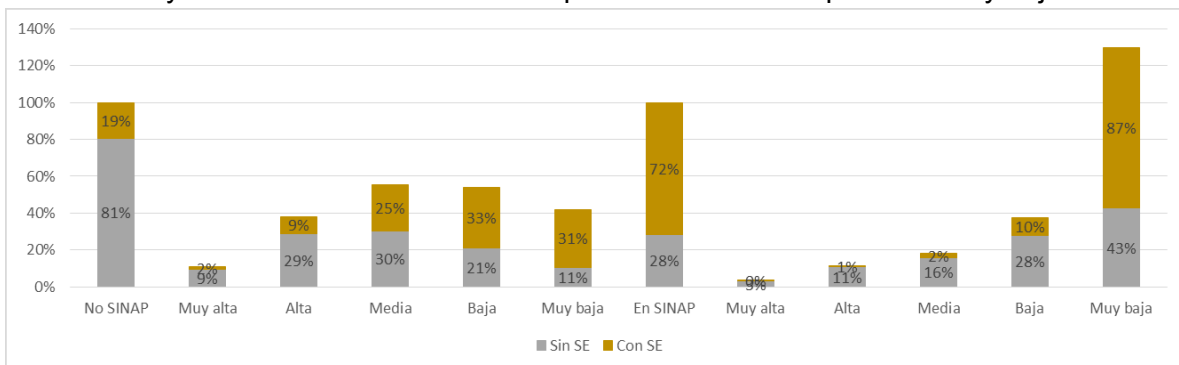


FIGURA 29 PORCENTAJE DEL TERRITORIO PARA EL ALMACENAMIENTO DE CARBONO AÉREO DENTRO Y FUERA DEL SINAP BAJO ALGUNA CATEGORÍA DE PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD.

Cuando se ponen de manera agregada los servicios anteriormente analizados a la luz de su presencia en áreas protegidas del SINAP, la figura 30, muestra el porcentaje del territorio que presta un determinado servicio dentro (En SINAP) y fuera (No SINAP) del Sistema de áreas protegidas. Se presenta también el compilado de las Áreas *hotspot* o de concentración de servicios ambientales. Claramente las áreas dentro del Sistema están

ofertando servicios ambientales en gran parte de su territorio, comparado con las áreas fuera. Solamente los servicios ambientales de Oferta hídrica y Alimento (justificado anteriormente) poseen bajos valores.

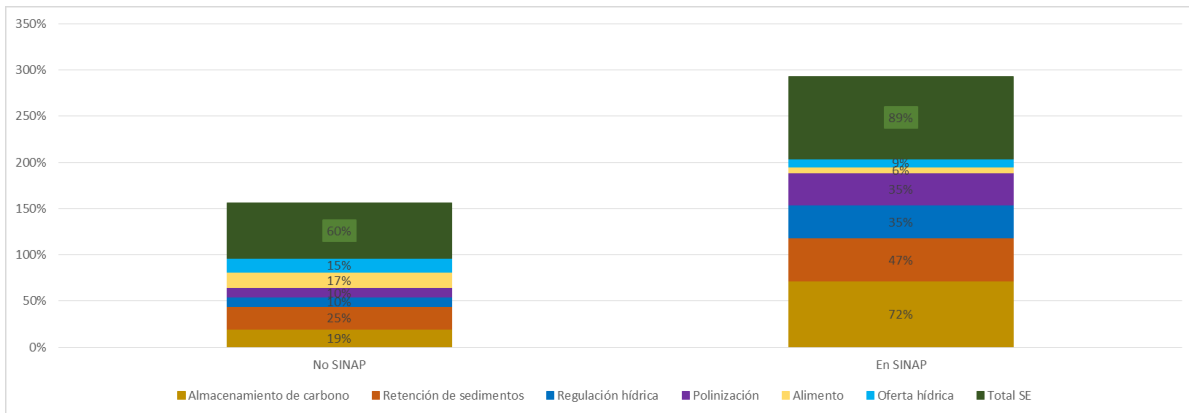


FIGURA 30 PORCENTAJE DEL TERRITORIO QUE PRESTA UN DETERMINADO SERVICIO AMBIENTAL, TANTO FUERA COMO DENTRO DEL SINAP.

ÁREAS DE CONCENTRACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES

En cuanto a los análisis en conjunto, los datos muestran como las áreas protegidas se convierten en indispensables para la oferta de servicios ambientales. En el área de estudio, en el 89% del territorio (539.319 ha) bajo alguna categoría del SINAP hay prestación de estos servicios ecosistémicos (Figura 31). Estos resultados reafirman la importancia de las áreas protegidas en su rol de conservación de la biodiversidad y prestación de servicios y beneficios para las comunidades tanto locales, como regionales y nacionales. Fuera de las áreas del SINAP, las áreas con potencialidad de prestación de servicios corresponden a un 60% del territorio (1.295.092 ha), porcentaje considerable a tener en cuenta y sobre las cuales deben implementarse acciones de conservación (preservación restauración y uso sostenible), para asegurar una provisión a través del tiempo.

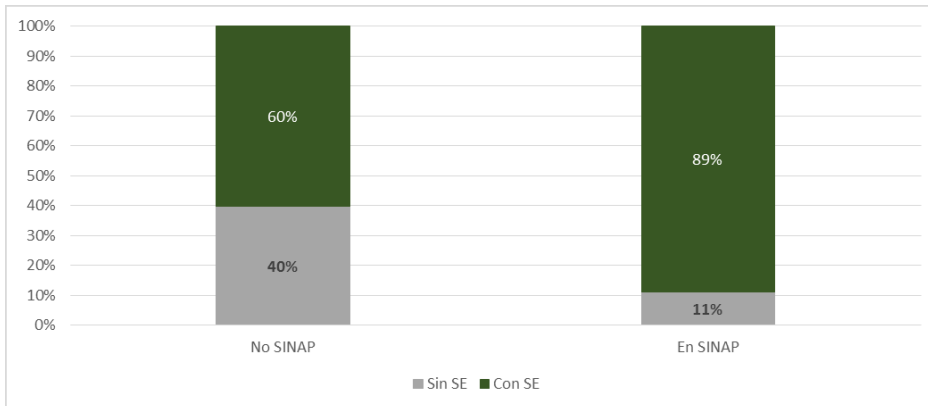


FIGURA 31 PORCENTAJE DEL TERRITORIO DENTRO Y FUERA DEL SINAP CON PRESTACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES.

Al ver con mayor detalle donde están estas áreas de congregación de servicios ambientales dentro del SINAP, queda claro que son las áreas de Parques Nacionales Naturales, las que lideran, seguidas por las Reservas forestales protectoras y los Distritos de Manejo Integrado (Figura 32).

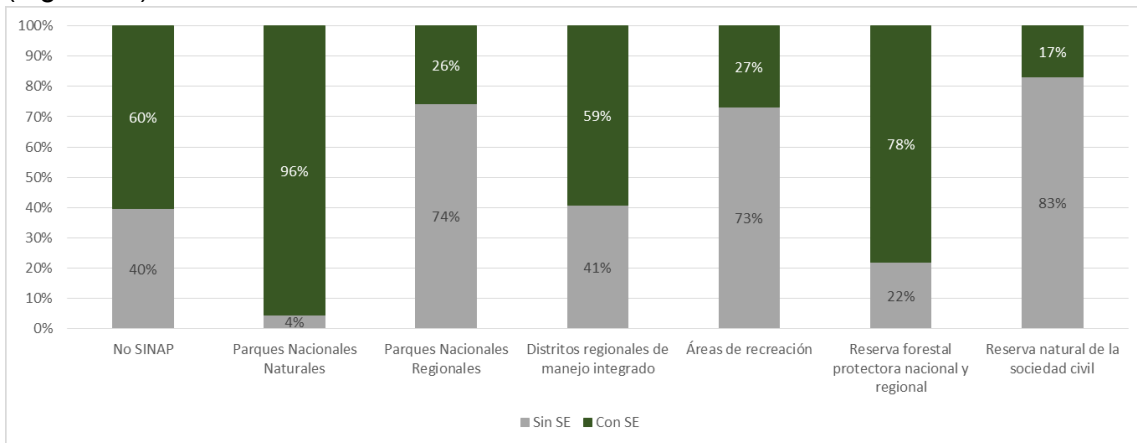


FIGURA 32 PORCENTAJE DEL TERRITORIO DENTRO Y FUERA DE CADA UNA DE LAS CATEGORÍAS DEL SINAP CON PRESTACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES.

Por otro lado se ve que de las áreas que prestan servicios ambientales dentro del SINAP, solo un 2,5% está bajo categorías de Muy Alta y Alta probabilidad de colapso, comparada con las áreas fuera del SINAP, donde un 27% de las áreas que prestan servicios están dentro de estas categorías (Figura 33).

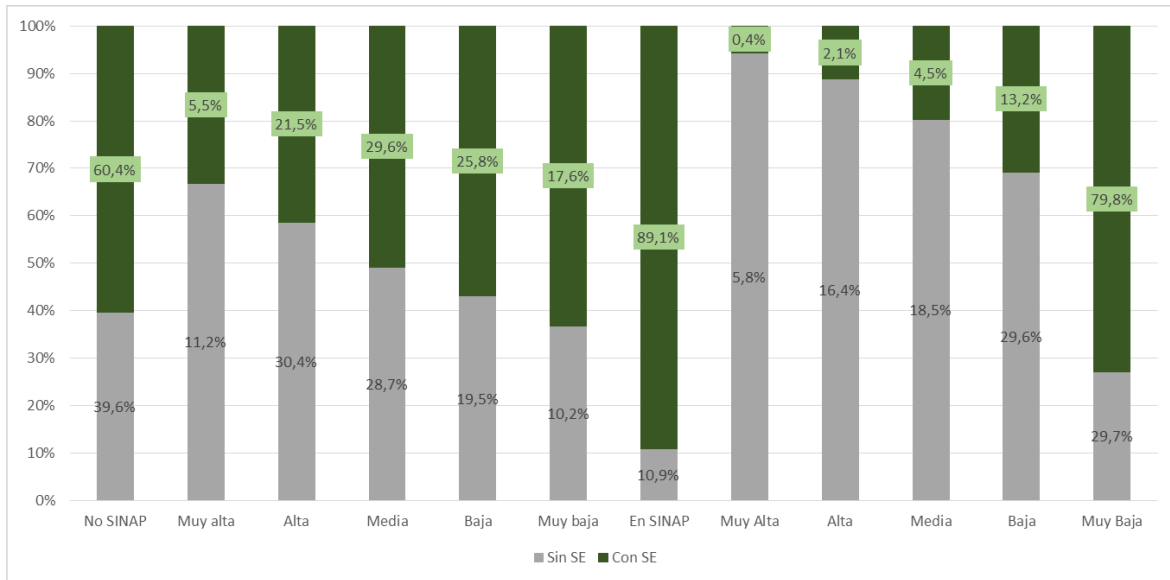


FIGURA 33 PORCENTAJE DEL TERRITORIO CON PRESTACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES DENTRO Y FUERA DEL SINAP BAJO ALGUNA CATEGORÍA DE PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD.

COMPONENTE ESTADO LEGAL DEL TERRITORIO

La conservación de la biodiversidad y de la provisión de servicios ecosistémicos depende en gran medida de la existencia de figuras legales que limiten o modelen el uso que se le da a los recursos naturales. El ordenamiento territorial (Romero 2016), “es el resultado de la incidencia espacial de (y entre) las políticas ambientales, ... de desarrollo (económico, social y cultural) y de manejo político y administrativo...”, y éste “ha sido enriquecido conceptualmente y definido en sus alcances, por diversas normas constitucionales y legales que establecen e instrumentalizan actuaciones del Estado sobre el orden territorial existente”.

La ley 388 del 18 de julio de 1997, define a los “determinantes de los planes de ordenamiento territorial” y como aquellas “normas de superior jerarquía, en sus propios ámbitos de competencia, de acuerdo con la Constitución y las leyes” y por lo tanto de “obligatorio cumplimiento”.

En la ley se mencionan cuatro determinantes:

1. “Las relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales”,
2. Las que atañen a la “conservación, preservación y uso de las áreas e inmuebles consideradas como patrimonio cultural de la Nación y de los departamentos, incluyendo el histórico, artístico y arquitectónico...”

3. Las que conciernen al “... señalamiento y localización de las infraestructuras básicas relativas a la red vial nacional y regional, puertos y aeropuertos, sistemas de abastecimiento de agua, saneamiento y suministro de energía, así como las directrices de ordenamiento para sus áreas de influencia”, y
4. Las que corresponden a “los componentes de ordenamiento territorial de los planes integrales de desarrollo metropolitano...”

Dentro del área de estudio se encuentran los siguientes determinantes ambientales, sin embargo no todos se encuentran dentro de los municipios de influencia directa del PHI.

1. Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP (Tomado de Hernández-Manrique et al. 2015)

Es el conjunto de áreas protegidas, actores sociales y estrategias e instrumentos de gestión que las articulan, para contribuir como un todo al cumplimiento de los objetivos de conservación del país. Incluye todas las áreas protegidas de gobernanza pública, privada o comunitaria, y del ámbito de gestión nacional, regional o local.

Se incluyeron todas las áreas protegidas que se encuentran inscritas en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas Integrantes del SINAP (RUNAP), herramienta creada por el decreto 2372 de 2010 para que las autoridades ambientales registren las áreas protegidas de su jurisdicción y los usuarios reconozcan, documenten y consulten la información actualizada acerca de datos espaciales y atributos básicos de las áreas protegidas de Colombia. Se tienen en cuenta los Parques Naturales Nacionales, Parques Regionales, otras categorías inscritas al RUNAP y las reservas naturales de la sociedad civil, de las cuales las dos primeras categorías son de preservación estricta, las otras de uso sostenible (Mapa 41).

Al mirar con detalle las diferentes categorías del SINAP y ver el nivel de probabilidad de colapso al que puedan estar expuestas (Figura 34), es claro que el territorio que está protegido, tiene un porcentaje muy bajo de probabilidad de colapso, comparado con el resto del territorio que no está protegido. Sin embargo, es importante resaltar que en un 52% de los Parques Nacionales Naturales del área de estudio, existe una probabilidad de colapso Muy Baja, y en un 9% Baja. En cuanto a las áreas de Distrito de Manejo Integrado, los porcentajes están repartidos en todas categorías de colapso. Es de suma importancia monitorear cambios en estas áreas protegidas, para reducir esta probabilidad. Lo mismo va para las Reservas forestales protectoras.

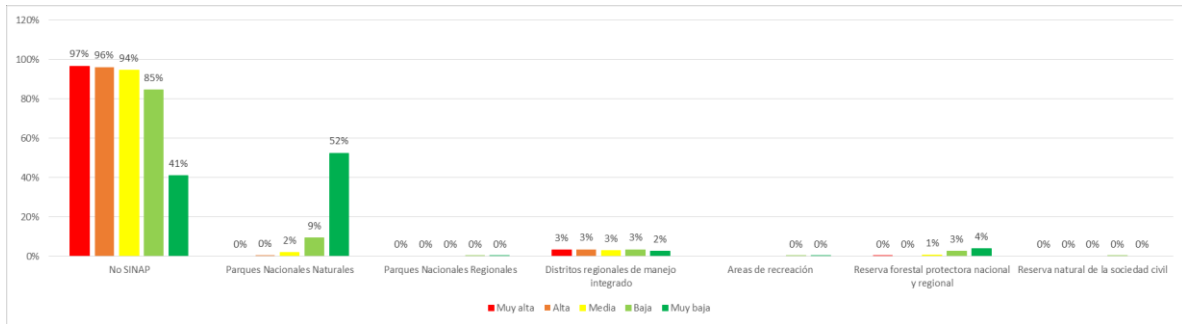
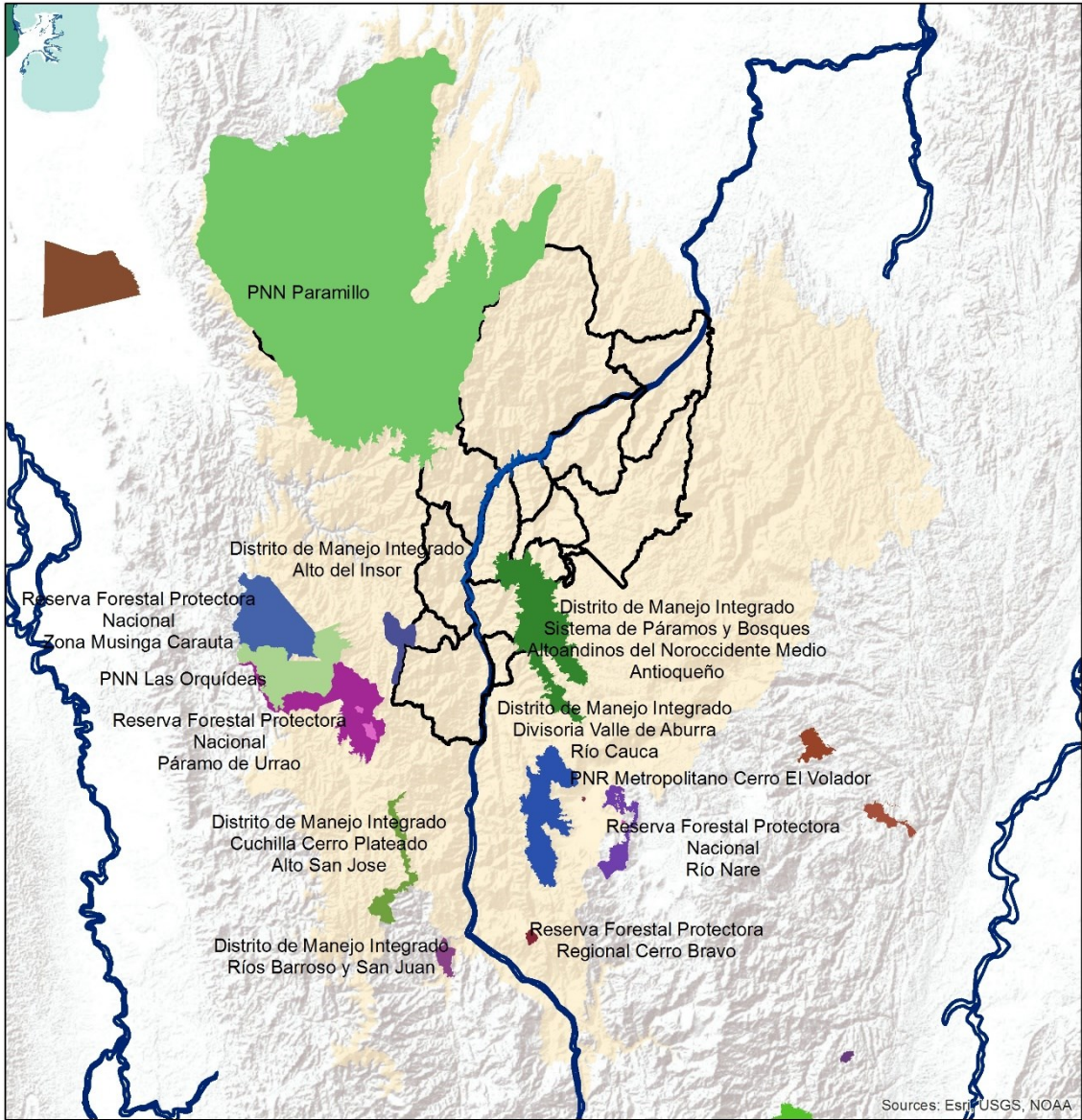


FIGURA 34 PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD (MUY ALTA, ALTA, MEDIA, BAJA, MUY BAJA) EN LAS ÁREAS DEL SINAP Y FUERA DE ÉL



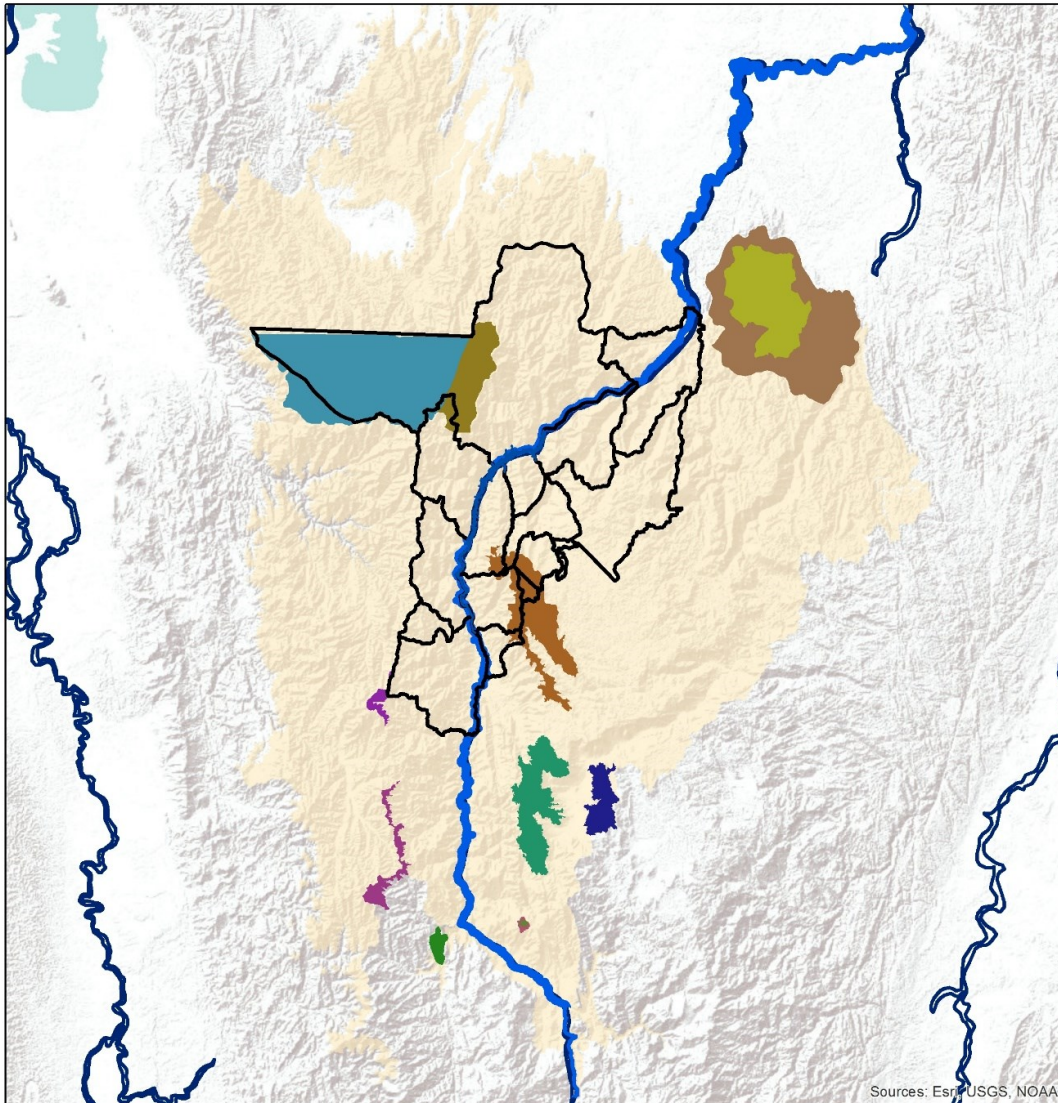
<p>LEYENDA</p> <p>Registro Único de Áreas protegidas RUNAP</p> <p>■ Área del embalse</p>	<p>MODELO DE INTEGRACIÓN TERRITORIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO</p> <p>epm INSTITUTO HUMBOLDT grupo HTM</p> <p>N W — E S</p> <p>FUENTE: IGAC, EPM, VON HUMBOLDT</p>	<p>MAPAS CONTEXTO</p> <p>MAGNA_Colombia_Oeste Proyección: Transversal_Mercator Falso_Este: 1000000.0 Falso_Northing: 1000000.0 Meridiano Central: -77.07750751666666 Origen de Latitud: 4.956200416666666</p>
--	--	--

MAPA 41 ÁREAS DEL SINAP EN LA ZONA DE ESTUDIO

2. Sistema de Áreas Protegidas CorAntioquia

A continuación se presentan las áreas protegidas del área de jurisdicción de CorAntioquia y su respectiva leyenda (Mapa 42, Figura 35). Se incluye el remanente de Bosque Seco Tropical para la zona, para mostrar la baja inclusión de este ecosistema en las figuras de áreas protegidas regionales y nacionales.

En la mapa 34 se encuentra la Reserva de Recursos Naturales de la Zona Ribereña del Río Cauca. Esta, cuenta con una disposición vigente establecida en el Acuerdo 017 de 1996, en la que se declara la Reserva ante la Corporación, y esta corresponde al área limitada por el río Arquía con el cruce de la vía Medellín–Cali hasta el retén Dos Bocas, en una franja de un kilómetro a partir de la margen izquierda del Río Cauca y de allí un kilómetro a lado y lado del mismo, hasta el municipio de Nechí en límites con el departamento de Córdoba. Según el Plan de Gestión Ambiental Regional -PGAR (2007-2019) de CorAntioquia, la Reserva posee suelos de alta fragilidad ecológica, y susceptibles a la erosión. Según la corporación, esta reserva se creó para impedir la expansión de las actividades extractivas, como la minería. Sin embargo, parte de esta Reserva se verá afectada por el PHI.



MAPA 42 ÁREAS PROTEGIDAS EN LA JURISDICCIÓN DE CORANTIOQUIA

Áreas CorAntioquia














-  Distrito de manejo integrado Cuchilla Cerro Plateado Alto San Jose
-  Distrito de manejo integrado Rios Barroso y San Juan
-  Distrito de manejo integrado Sistema de Paramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqu
-  Parque Nacional Natural Paramillo
-  Parque Regional Arvi
-  Reserva Natural Bajo Cauca-Nechi
-  Reserva de Recursos Naturales de la Zona Ribereña del Rio Cauca
-  Reserva del occidente del Valle de Aburra
-  Reserva forestal protectora Cerro Bravo
-  Zona de amortiguamiento Cerro Bravo
-  Zona de amortiguamiento Reserva Natural Bajo Cauca-Nechi
-  Zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural Paramillo
-  Zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural de Las Orquideas

FIGURA 35 LEYENDA DEL MAPA DE ÁREAS PROTEGIDAS DE CORANTIOQUIA

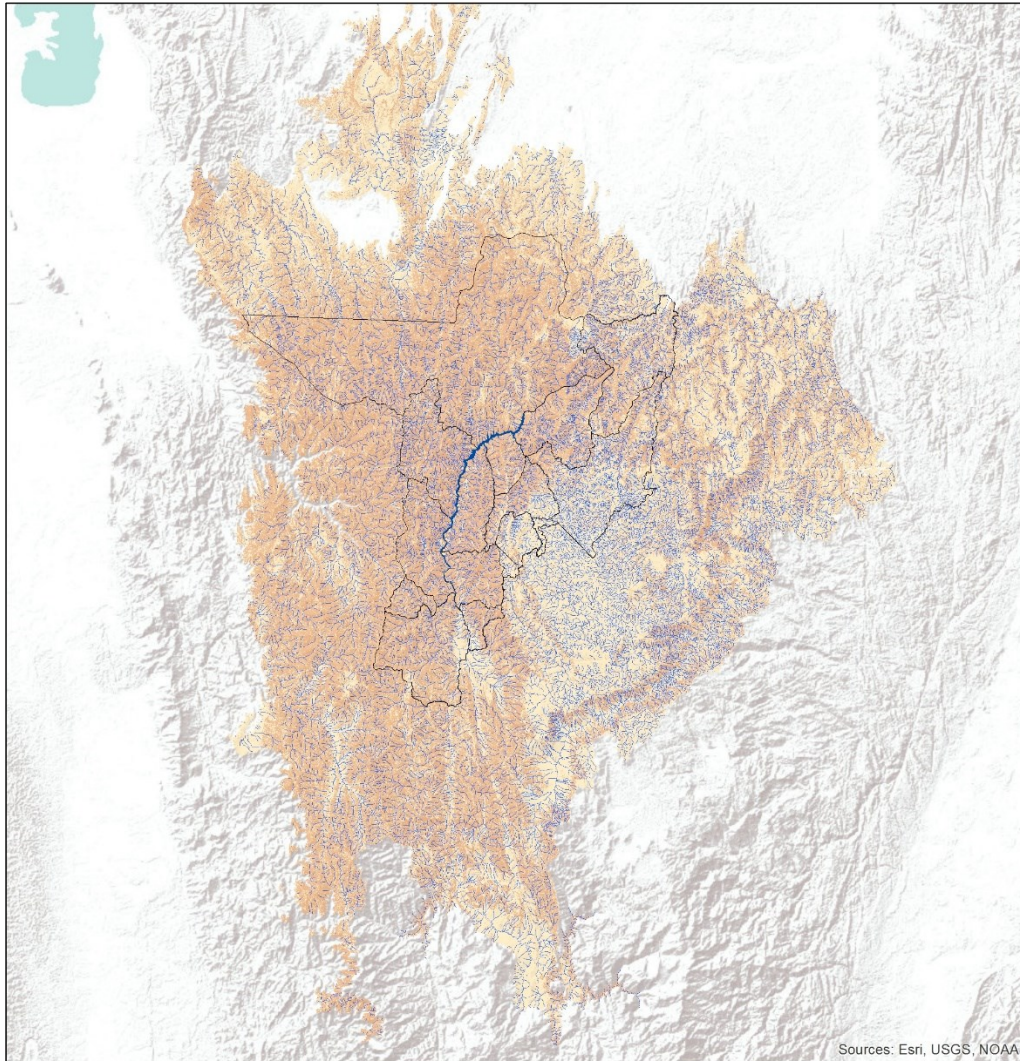
3. Reservas Forestales (Tomado de Hernández-Manrique et al. 2015)

Zonificación Tipo A de Ley 2da de 1959 (Resoluciones 1922 a 1926 de 27 de diciembre de 2013)

Se crearon las Reservas Forestales Protectoras para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, se establecen con carácter de "Zonas Forestales Protectoras" y "Bosques de Interés General", según la clasificación del Decreto legislativo número 2278 de 1953, las siguientes son zonas de reserva forestal: Pacífico, Central, Río Magdalena, Sierra Nevada de Santa Marta, Serranía de los Motilones, Cocuy, Amazonía.

Dentro de los 12 Municipios de influencia directa **NO** hay zonas de reserva de este tipo. *Zonas Forestales Protectoras (decreto legislativo 2278 de 1953) (Tomado de Hernández-Manrique et al. 2015).*

Son los terrenos situados en las cabeceras de las cuencas de los ríos, arroyos y quebradas, sean no o permanentes; las márgenes y laderas con pendientes superior al 40%; las zonas de 50 metros de ancho a cada lado de los manantiales, corrientes y cualesquiera de los depósitos naturales de agua, y todos aquellos en que, a juicio del Ministerio de Agricultura convenga mantener el bosque o crearlos si ha desaparecido, con el fin de defender cuencas de abastecimientos de aguas, embalses, acequias, evitar desprendimientos de tierras y rocas, sujetar terrenos, defender vías de comunicación, regularizar cursos de agua o contribuir a la salubridad (Mapa 43).



Sources: Esri, USGS, NOAA



MAPA 43 ZONAS FORESTALES PROTECTORAS - DECRETO 2278 DE 1953

4. Ecosistemas Estratégicos (Tomado de Hernández-Manrique et al. 2015) (Mapa 44)

Páramos

Los páramos son un ecosistema tropical de montaña que se desarrolla por encima del área del bosque y tiene su límite en las nieves perpetuas. Las alturas van desde 2.500 hasta 3.600 m.s.n.m. Alta humedad y viento seco. Son considerados fábricas de agua. La vegetación predominante son los frailejones, guardarocíos, macollas y musgos, entre otras. En la franja de alta montaña tropical, por encima de los 3.000 metros, comienzan los pajonales y frailejonales abiertos: el paisaje que le da su identidad al páramo. La mayoría de especies de frailejón están cubiertas de un suave vello que las protege de los drásticos cambios climáticos. Muchas plantas del páramo pueden absorber hasta 40 veces su peso en agua. El humus negro, especialmente el de las turberas, posee hasta un 98% de agua. La mayoría de las estrellas hidrográficas del país se generan en áreas de páramos. Solamente media docena de países en el planeta tienen el privilegio de contar con ecosistemas de páramo. Colombia no solamente posee la mayor superficie de páramos en el mundo, sino también la mayor cantidad de páramos independientes. En Colombia se encuentra el 98% de las especies vegetales de páramo que existen en el mundo⁵. Para este ejercicio incluimos los 36 complejos de páramos del país.

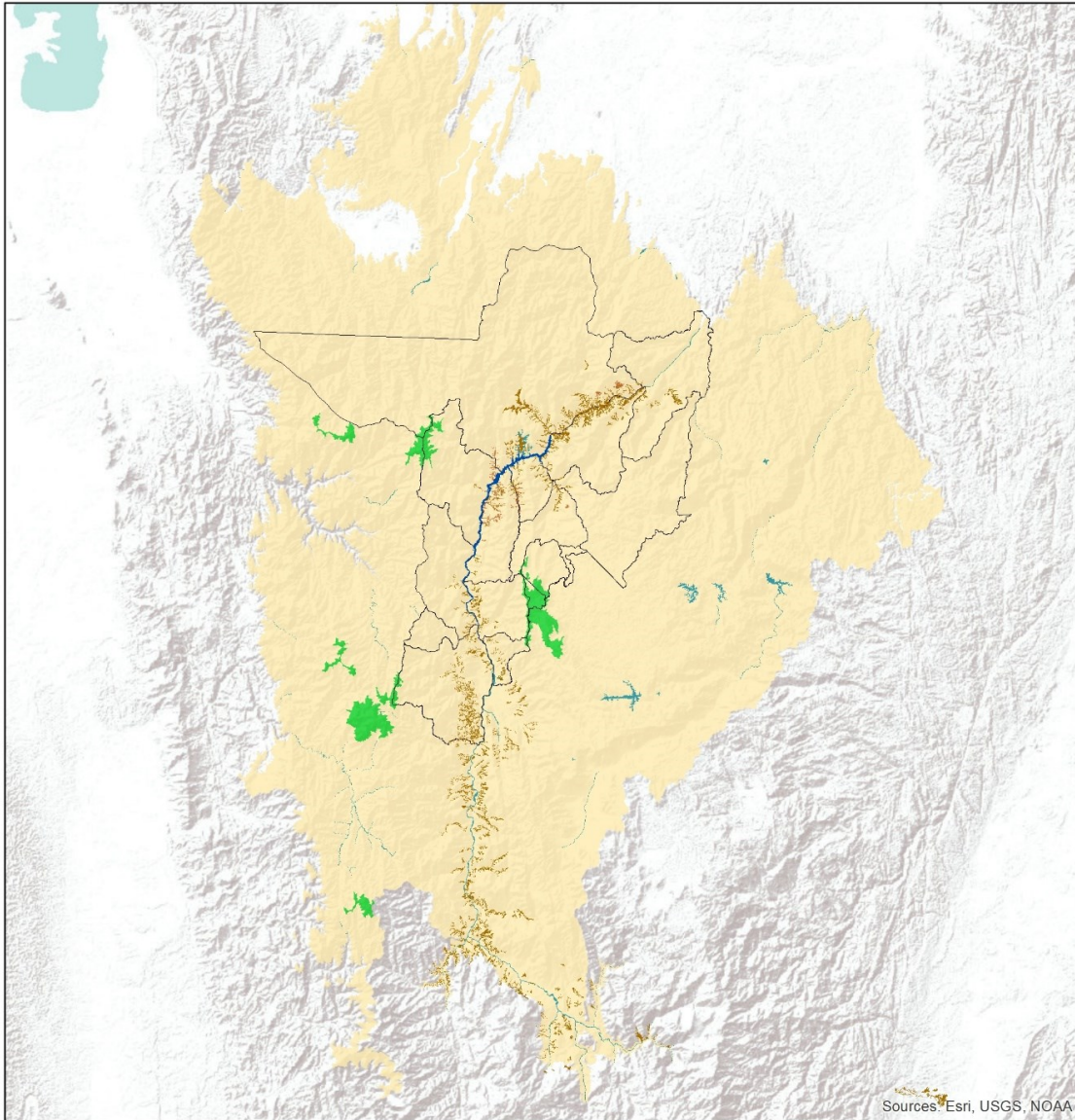
Bosque seco tropical

Aunque no están protegidos bajo ninguna figura legal, su importancia ecosistémica, baja remanencia y el interés que suscitan para su conservación a nivel Nacional, hacen de este un ecosistema estratégico. El Bosque seco Tropical (Bs-T) se define como aquella formación vegetal que presenta una cobertura boscosa continua y que se distribuye entre los 0-1000 m de altitud; presenta temperatura superiores a los 24°C (piso térmico cálido) y precipitaciones entre los 700 y 2000 mm anuales, con uno o dos periodos marcados de sequía al año (Espinal & Montenegro 1977; Murphy & Lugo 1986). De acuerdo con Hernández-Camacho (1990) esta formación corresponde a los llamados bosques higrotropofíticos, bosque tropical caducifolio de diversos autores, bosque seco tropical de Holdridge, y al bosque tropical de baja altitud deciduo por sequía de la clasificación propuesta por la UNESCO.

Ecosistemas de agua dulce

Son aquellos biomas de agua dulce correspondientes a las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales (sistemas fluvio lacustres - ciénagas y arroyos), estancadas (cuerpos de agua lóticos) o corrientes (cuerpos de agua leníticos), dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.

⁵ <http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.201214>



Sources: Esri, USGS, NOAA

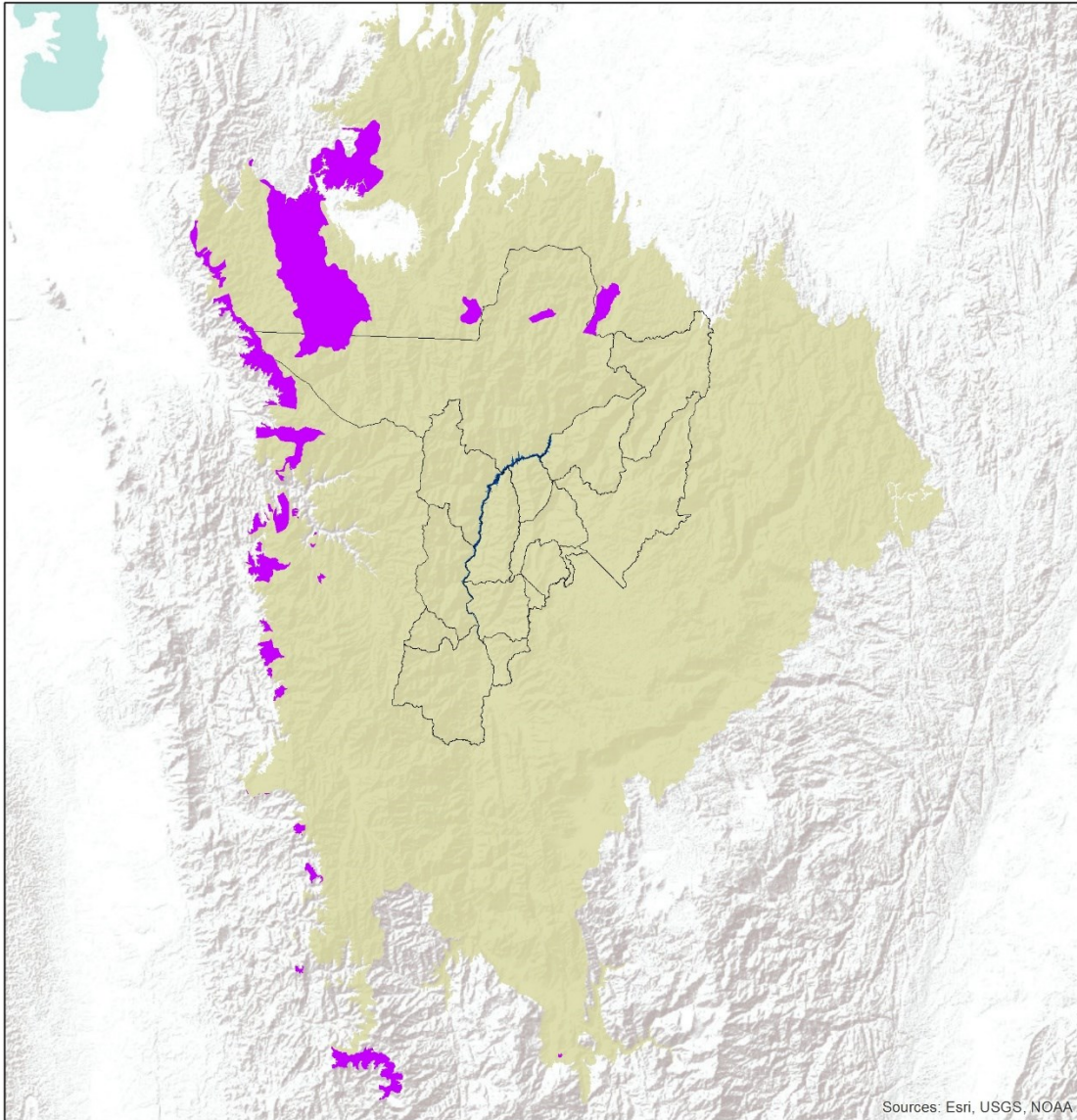


MAPA 44 ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS

5. Territorios Colectivos (Tomado de Hernández-Manrique et al. 2015)

Resguardos Indígenas

“Los Resguardos indígenas son entidades territoriales que gozan de autonomía para la gestión de sus intereses, dentro de los límites de la Constitución y la ley. Para tal efecto, son titulares de los siguientes derechos: (i) gobernarse por autoridades propias; (ii) ejercer las competencias que les correspondan; (iii) administrar los recursos y establecer los tributos necesarios para el cumplimiento de sus funciones; y (iv) participar en las rentas nacionales. Igualmente, el marco constitucional prevé que la conformación de las entidades territoriales indígenas se hará con sujeción a lo dispuesto en la ley orgánica de ordenamiento territorial, y su delimitación se hará por el Gobierno Nacional, con participación de los representantes de las comunidades indígenas, previo concepto de la comisión de ordenamiento territorial. Dichos territorios indígenas estarán gobernados por consejos conformados y reglamentados según los usos y costumbres de sus comunidades, correspondiéndoles: (i) velar por la aplicación de las normas legales sobre usos del suelo y doblamiento de sus territorios; (ii) diseñar las políticas y planes y programas de desarrollo económico y social dentro de su territorio, en armonía con el plan nacional de desarrollo; (iii) promover las inversiones públicas en sus territorios y velar por su debida ejecución; (iv) percibir y distribuir sus recursos; (v) velar por la preservación de los recursos naturales; (vi) coordinar los programas y proyectos promovidos por las diferentes comunidades en su territorio; (vii) colaborar con el mantenimiento del orden público dentro de su territorio de acuerdo con las instituciones y disposiciones del Gobierno Nacional; (viii) representar a los territorios ante el Gobierno Nacional y las demás entidades a las cuales se integren; y (ix) las demás que les señalen la Constitución y la ley (Sentencia T-601/11)” (Mapa 45).

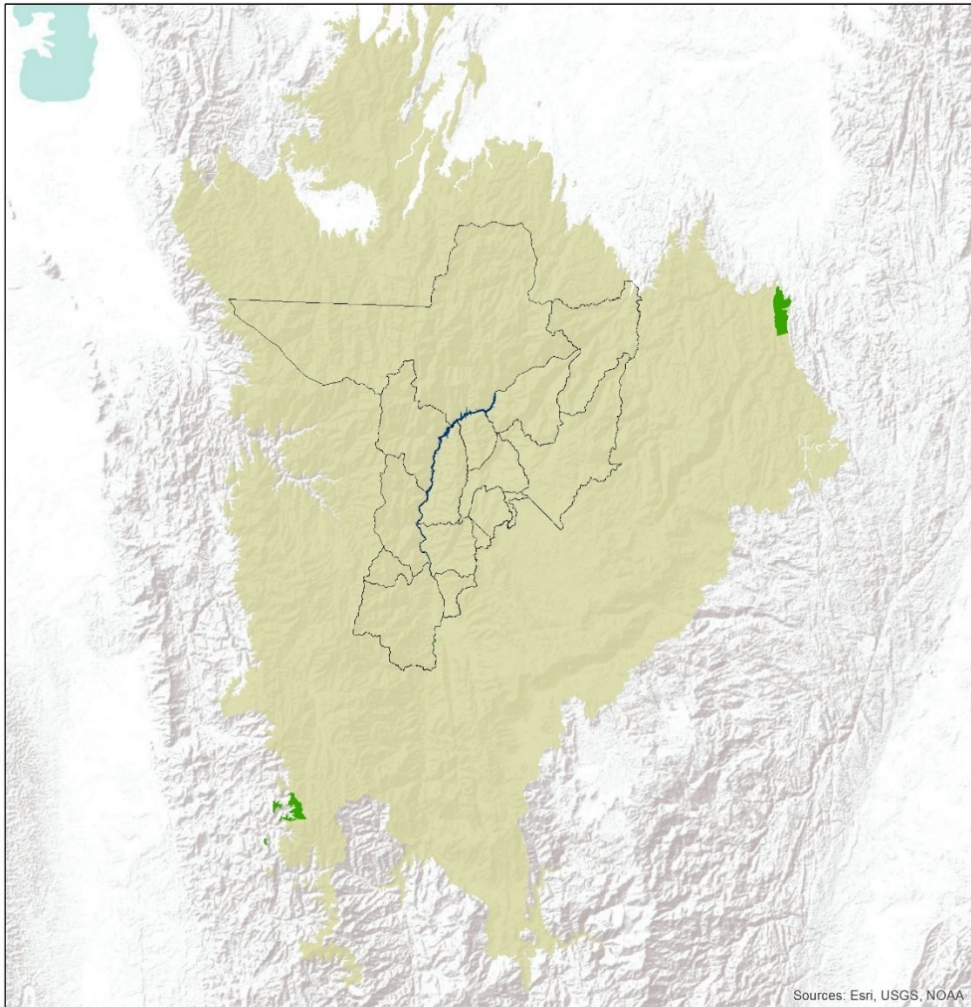


MAPA 45 RESGUARDOS INDÍGENAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Territorios colectivos negros

Con la expedición de la Ley 70 de 1993, se da reconocimiento de los derechos territoriales de las comunidades negras asentadas en las tierras baldías, rurales y ribereñas de la cuenca del Pacífico y otras zonas del país que cumplan condiciones análogas de ocupación.

Dentro del área de los municipios de influencia directa NO se registra territorios colectivos negros (Mapa 46).

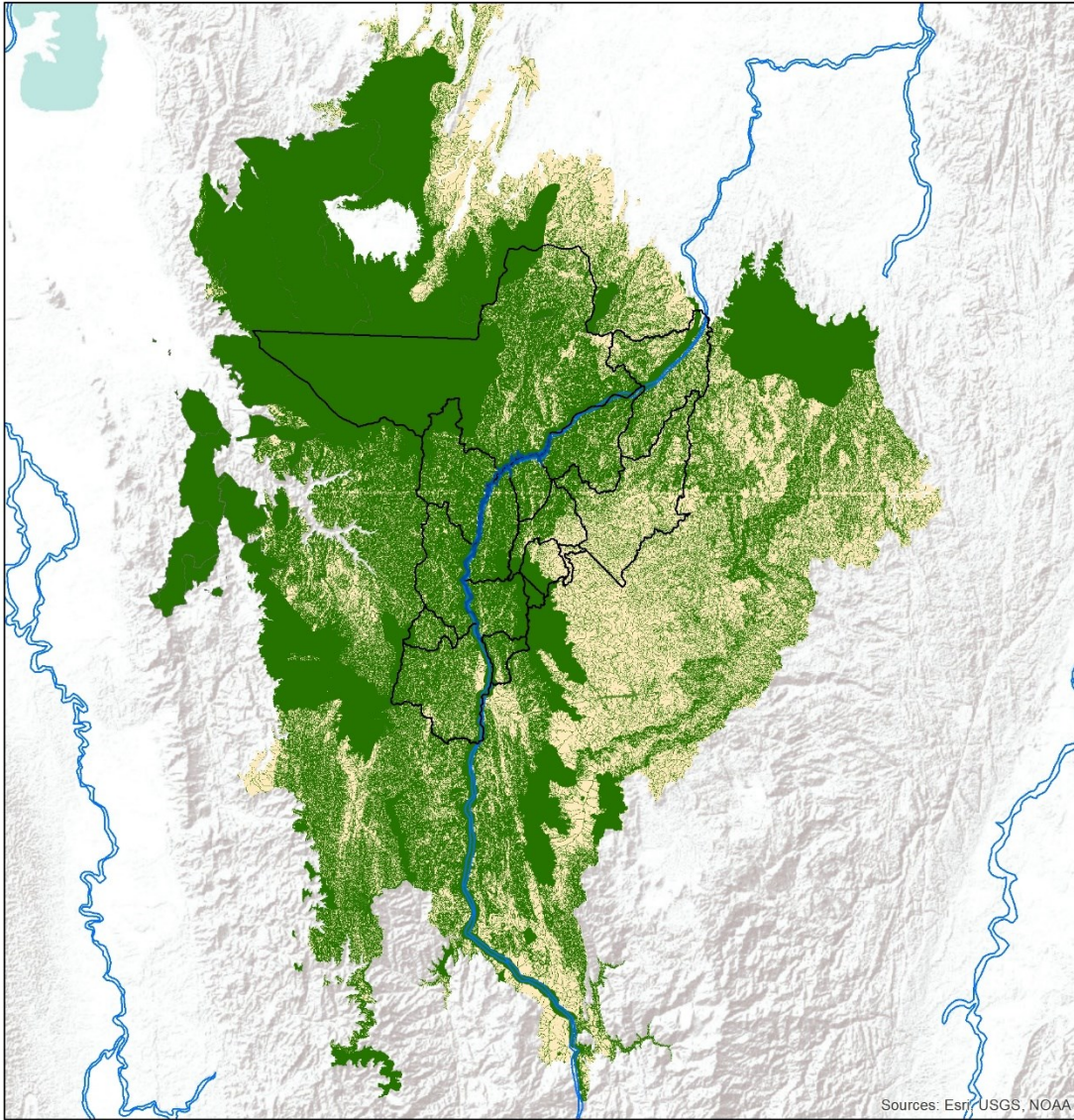


MAPA 46 TERRITORIOS COLECTIVOS NEGROS

Al mostrar de manera conjunta estos determinantes ambientales, se ve como casi el total del área de estudio está cubierta por alguna figura legal de protección (Mapa 47). Sin embargo, esto muestra que estas figuras legales no se han respetado a cabalidad, y se ha permitido la deforestación discriminada de coberturas naturales, el desarrollo de actividades

productivas como la minería y la agricultura, sin el respeto a los límites puestos por la naturales (pendientes y coberturas boscosas).

Viendo este mapa, claramente se ve que la zona no tiene necesidad de declarar más áreas protegidas, tanto nacionales, como regionales o locales, lo que se hace necesario es el respeto e implementación de estos determinantes ambientales. La cobertura de estas áreas protegidas por ley es muy alta, que si se compara con los resultados obtenidos en los diferentes análisis anteriores, queda claro que el desconocimiento e incumplimiento de la ley, han sido las mayores amenazas para la biodiversidad en este territorio.



MAPA 47 COMPILACIÓN DE LOS DETERMINANTES AMBIENTALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

MODELO DEL ESTADO DE LA BIODIVERSIDAD

A continuación se presenta el resultado obtenido luego de la integración de los 5 componentes del Modelo (Figura 36): A. Índice de Riqueza relativa, B. Índice del Estado de conservación del paisaje, C. Índice de la Probabilidad de Colapso de la Biodiversidad, D. Áreas de concentración de servicios ambientales, E. Determinantes Ambientales.

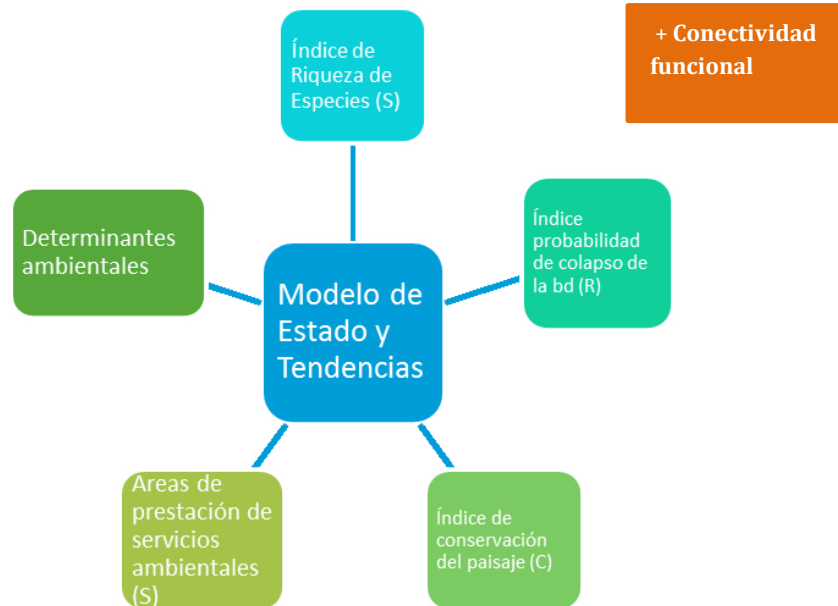
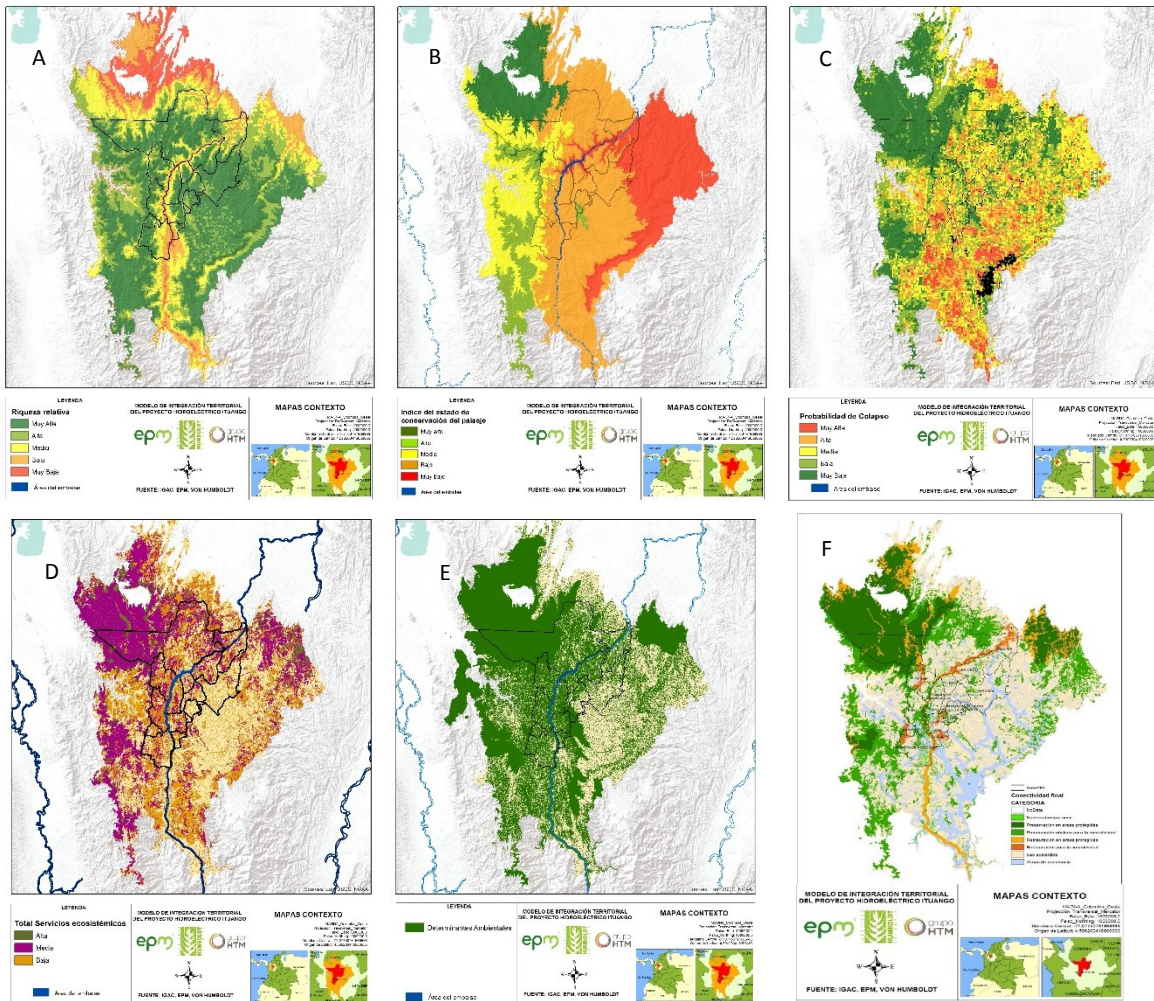


FIGURA 36 COMPONENTES DEL MODELO DE ESTADO Y TENDENCIA DE LA BIODIVERSIDAD

Cada uno de los índices fue presentado de manera independiente y la lectura del territorio se hace de manera separada, sin embargo, se realizó una integración de los componentes caracterizadores (Mapa 48 A, B, C, D, E) del territorio para poder agrupar el territorio y así dar lineamientos para la gestión integral del territorio de influencia del PHI.



MAPA 48 MAPAS FINALES DE LOS COMPONENTES DEL MET. A. RIQUEZA ALFA DE ESPECIES; B. ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAISAJE; C. PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD; D. ÁREAS DE CONGREGACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES; E. DETERMINANTES AMBIENTALES; F. CONECTIVIDAD FUNCIONAL

Del ejercicio de integración resultaron 5 categorías de uso del territorio (Figura 37, Tabla 17, Mapa 49), donde todas se consideran indispensables y complementarias para la sostenibilidad de la región.

Preservación, que corresponde al 35% del área de estudio (~981.926 ha), y hace referencia a áreas que por su importancia ecológica para la protección de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos se encuentran ya sea protegidas dentro de algún determinante ambiental (SINAP, AP de Corantioquia), o que jueguen un papel importante en la

conectividad ecosistémica de la región. Se incluyen también la protección de remanentes naturales de los en casos donde no están protegidos por ninguna figura de conservación.

Restauración, estas áreas corresponden al 10% del territorio (~268.227 ha), y se presentan como área con potencial de restauración. En su mayoría son áreas de gran importancia para la prestación de servicios ecosistémicos, al igual que para restablecer la conectividad funcional de los ecosistemas del área estudiada. La restauración se presenta como una alternativa para mejorar integridad ecológica y reducir la probabilidad de colapso en estas zonas puntuales. Las áreas con potencial de restauración se presentan dentro y fuera de determinantes ambientales.

Al considerar las estrategias de *Preservación* y *Restauración*, se cubre un 45% del territorio evaluado. La correcta protección de este territorio debería asegurar la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos, sin embargo esto dependerá a su vez de un uso y manejo sostenible del restante 55% del territorio.

Uso sostenible, corresponde a áreas que cubren el 37% del territorio (~1.022.879 ha) y se caracterizan por estar en áreas donde ya hay intervención del territorio, y en caso de los determinantes ambientales, esta intervención está permitida (Distritos de Manejo Integrado, Reservas de la sociedad civil, etc). Incluye naturales e intervenidas, con diferentes niveles de probabilidad de colapso. El correcto manejo de estas áreas permitirá frenar motores de transformación que aumentan la probabilidad de colapso de la biodiversidad, y que a futuro sin un uso sostenible, este territorio puede transformarse y poner en riesgo la prestación de servicios ecosistémicos. Se incluyen todos los cuerpos de agua fuera de PNN y PRN.

Producción, cubriendo un 17% del territorio (~472.797 ha), corresponde al área utilizada para producción agrícola representada por cultivos transitorios y permanentes, diferentes mosaicos compuestos por cultivos, pastos y espacios naturales. Estas áreas de producción agrícola se encuentran tanto en áreas de alta como de baja probabilidad de colapso, al igual que en áreas donde no deberían estar, como lo son las rondas hídricas y las pendientes superiores al 40% (Decreto 2278 de 1953), por lo cual se propone su reconversión a sistemas productivos sostenibles acorde a la legislación ambiental colombiana.

Infraestructura, corresponde al 1% del territorio (~32.071 ha), y hace referencia a las zonas urbanas, infraestructura vial, etc.

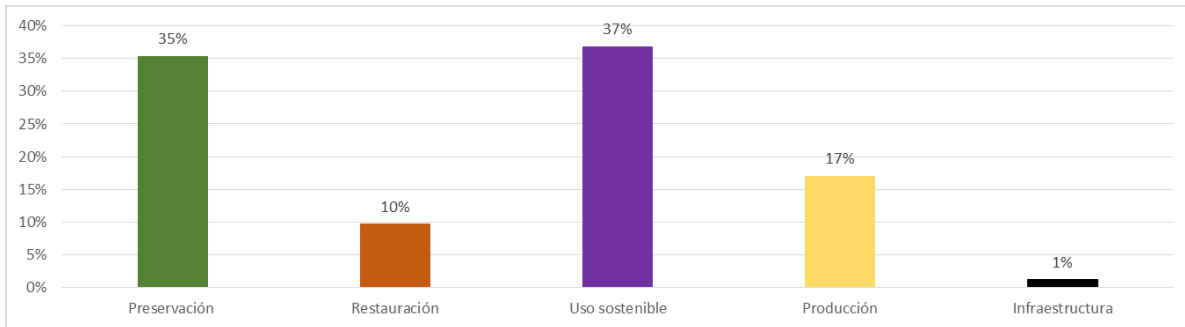
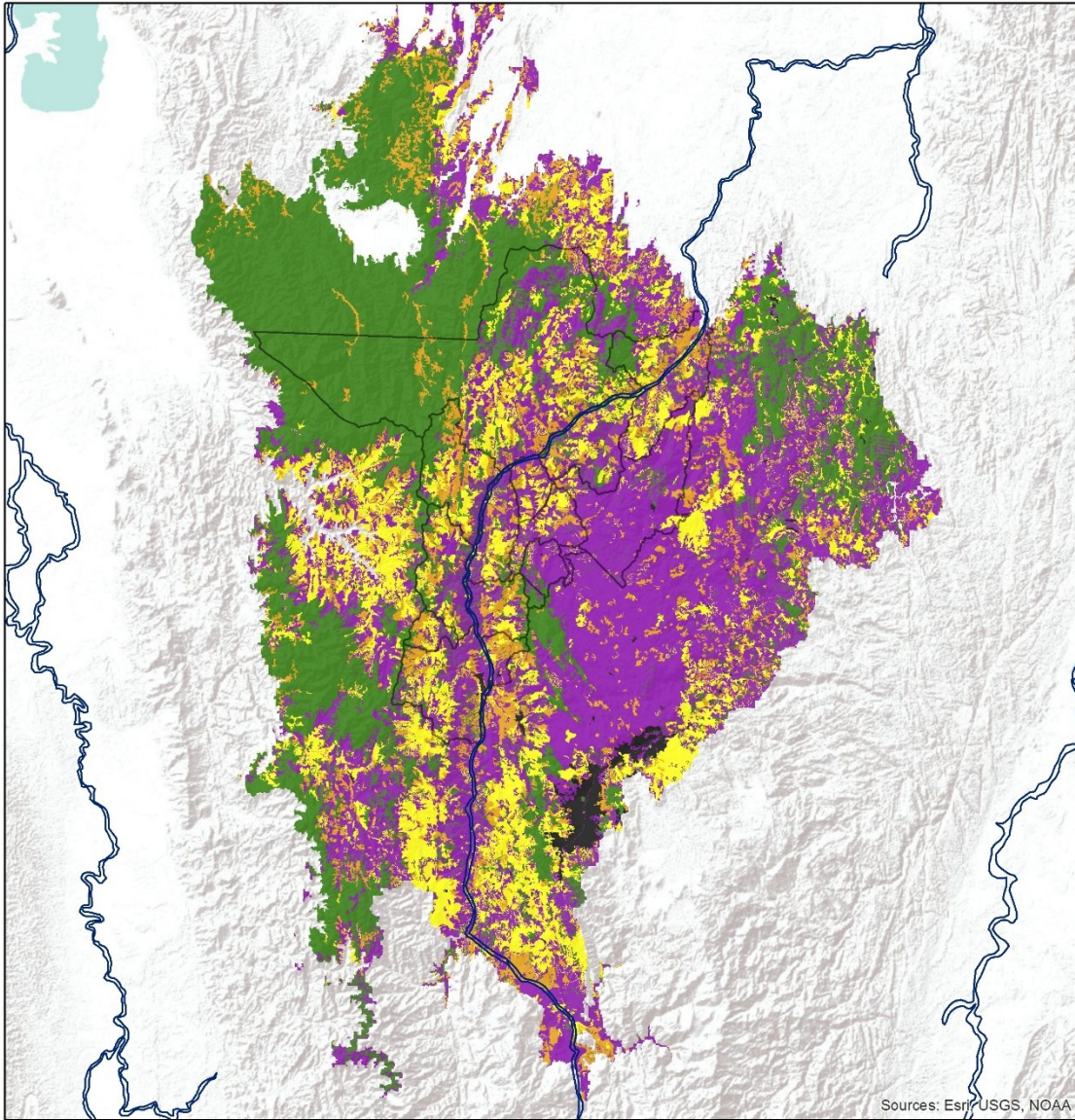


FIGURA 37 ESTRATEGIAS DE USO DEL TERRITORIO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PHI

TABLA 16 ESTRATEGIAS Y TIPOS DE USO DEL TERRITORIO

ESTRATEGIAS / TIPO DE USO	Área (ha)	Porcentaje
Preservación	981926,55	35%
Núcleos para la conectividad en el bosque seco	6636,51	1%
Preservación de áreas naturales de alta oferta de SE	454585,23	46%
Preservación de áreas naturales en otras áreas del SINAP	32592,6	3%
Preservación de núcleos de conectividad en otras áreas del SINAP	51520,14	5%
Preservación en áreas protegidas nacionales y regionales	436592,07	44%
Restauración	268227	10%
Áreas con potencialidad de restauración	197815,95	74%
Restauración en áreas protegidas nacionales y regionales	39097,62	15%
Restauración para la conectividad	31313,43	12%
Uso sostenible	1022879,79	37%
Áreas de aprovechamiento sostenible	23791,23	2%
Áreas de uso sostenible en ecosistemas acuáticos	15838,92	2%
Manejo sostenible de áreas de pastos en zonas de alta probabilidad de colapso	208145,43	20%
Manejo sostenible de áreas de pastos en zonas de baja y media probabilidad de colapso	416530,71	41%
Manejo sostenible de áreas naturales en zonas de baja y media probabilidad de colapso	308647,35	30%
Manejo sostenible de áreas naturales en zonas de alta probabilidad de colapso	49926,15	5%
Producción	472797,18	17%
Áreas productivas en áreas de alta y muy alta probabilidad de colapso	44794,08	9%
Áreas productivas en áreas de baja y media probabilidad de colapso	105843,96	22%
Reconversión de zonas productivas en rondas hídricas	71215,2	15%
Reconversión de zonas productivas en áreas de pendiente	250943,94	53%
Infraestructura	32071,05	1%
Infraestructura	32071,05	100%
Total general	2777901,57	



Sources: Esri, USGS, NOAA



MAPA 49 ESTRATEGIAS DE USO PARA EL TERRITORIO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

La heterogeneidad del territorio permitió dividir estas seis categorías en 19 diferentes lineamientos de uso para la gestión integral del territorio (Mapa 50, Tabla 18, Anexo 1). El mapa resultante (Mapa 50, 51) es solo una expresión gráfica de estos resultados, sin embargo, la base de datos que soporta esta salida gráfica, es una herramienta indispensable en la toma de decisiones de la empresa, ya que permite responder un sin número de preguntas sobre el territorio que dependerán de los intereses particulares del usuario.

Del área total de estudio (Figura 38), los tipos de uso que más área ocupan son las áreas de preservación en áreas protegidas Nacionales y Regionales (16%), las áreas naturales de alta oferta de servicios ecosistémicos (16%), las áreas de manejo sostenible de áreas de pastos en zonas de baja y media probabilidad de colapso (15%), y las áreas de manejo sostenible de áreas naturales en zonas de baja y media probabilidad de colapso (11%). Los porcentajes de áreas de pastos son bastante altos, indicando una gran transformación del territorio para posibles actividades como la ganadería. Un 9% del territorio corresponde a la Reconversión de zonas productivas en áreas de pendiente, lo que es de esperarse en un territorio con una geografía tan quebrada y con pocos espacios para el desarrollo de la agricultura.

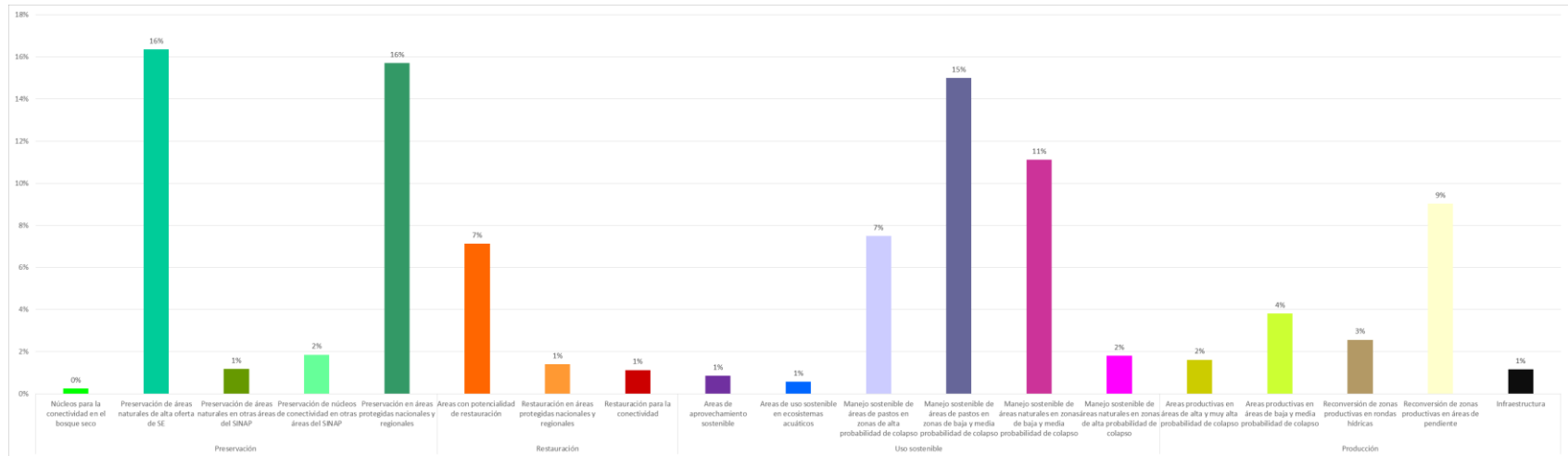
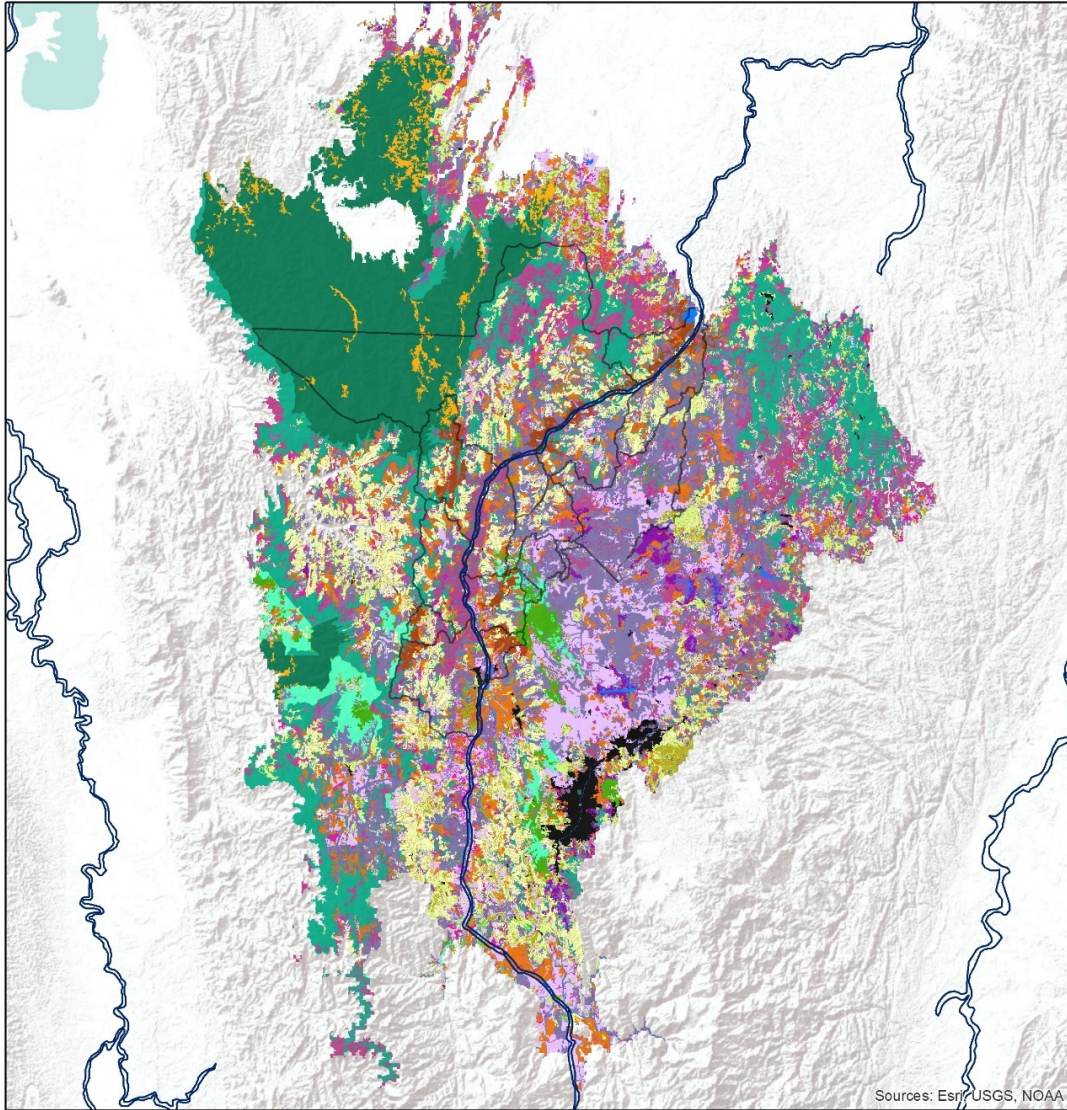


FIGURA 38 PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DE LOS LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL TERRITORIO (EL PORCENTAJE CORRESPONDE AL TOTAL DENTRO DE CADA ESTRATEGIA)







Sources: Esri, USGS, NOAA

<p>LEYENDA</p>	<p>MODELO DE INTEGRACIÓN TERRITORIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO</p>   <p>FUENTE: IGAC, EPM, VON HUMBOLDT</p>	<p>MAPAS CONTEXTO</p> <p>MAGNA_Colombia_Oeste Proyección: Transversal_Mercator Falso_Este: 1000000,0 Falso_Northing: 1000000,0 Meridiano Central: -77,07750751666666 Origen de Latitud: 4,556209416666666</p> 
-----------------------	---	---

MAPA 50 LINEAMIENTOS DE USO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL TERRITORIO (LA LEYENDA SE PRESENTA EN LA TABLA 18)

TABLA 17 LEYENDA DEL MAPA DE ESTRATEGIAS Y TIPOS DE USO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL TERRITORIO (MAPA 65).

	Preservación	 Núcleos para la conectividad en el bosque seco
		 Preservación de núcleos de conectividad en otras áreas del SINAP
		 Preservación de áreas naturales de alta oferta de SE
		 Preservación de áreas naturales en otras áreas del SINAP
		 Preservación en áreas protegidas nacionales y regionales
	Restauración	 Areas con potencialidad de restauración
		 Restauración en áreas protegidas nacionales y regionales
		 Restauración para la conectividad
	Uso sostenible	 Areas de aprovechamiento sostenible
		 Areas de uso sostenible en ecosistemas acuáticos
		 Manejo sostenible de áreas de pastos en zonas de alta probabilidad de colapso
		 Manejo sostenible de áreas de pastos en zonas de baja y media probabilidad de colapso
		 Manejo sostenible de áreas naturales en zonas de baja y media probabilidad de colapso
		 Manejo sostenible de áreas naturales en zonas e alta probabilidad de colapso
		 Areas productivas en áreas de alta y muy alta probabilidad de colapso
	Producción	 Areas productivas en áreas de baja y media probabilidad de colapso
		 Reconversión de zonas productivas en rondas hídricas
		 Reconversión de zonas productivas en áreas de pendiente
		
	 Infraestructura	

En cuanto a los resultados de este modelo por municipio de influencia directa del PHI, las figuras 39 y 40 y el Mapa 50 muestran cómo la gran mayoría de los municipios tienen un alto porcentaje de su territorio en áreas productivas, exceptuando a Ituango (15%) y Olaya (13%), y Yarumal (6%), todos los otros tienen aproximadamente un 20% de su territorio transformado para cultivos. En cuanto al territorio a restaurar, Olaya es el municipio que muestra más necesidad de implementar esta acción para recuperar sus ecosistemas naturales (46%), seguido por Liborina (26%), Peque (23%) y Valdivia (21%). Los municipios con mayor porcentaje de su territorio bajo estrategias de Preservación son Ituango (57%) y Peque (33%), esto debido a la presencia del PNN Paramillo. El Convenio de Diversidad Biológica (CBD 2000) establece que como mínimo los países deben tener 17% de su territorio bajo estrategias de preservación como lo son las áreas protegidas, si llevamos esto al área de cada municipio, vemos como los niveles de preservación dentro de cada uno de estos territorios son muy bajos, mostrando un mal manejo y gestión del territorio por parte de las autoridades ambientales y tomadores de decisiones. Lograr un mínimo del 17% del territorio bajo estrategias de preservación dentro de cada municipio debería ser un ideal de las alcaldías locales para el mantenimiento y protección de su biodiversidad y servicios ecosistémicos. Estos resultados se ven en el mapa 65 donde se ve a manera de “foto” el estado de los diferentes municipios.

Los altos porcentajes del territorio bajo estrategias de uso sostenible, muestran a un territorio que es usado, que tiene gente, que es aprovechado de diferentes maneras por sus pobladores, y que a pesar de su orografía o de lo incomunicado que pueda estar del resto del país, ha venido siendo manejado, bien o mal, por sus beneficiarios. Este porcentaje destinado al uso sostenible, tiene áreas tanto naturales como transformadas, que pueden seguir manteniendo la oferta de servicios ecosistémicos y manteniendo biodiversidad, si su uso se hace racional, si se implementan herramientas del manejo del paisaje que beneficien tanto la conservación de la biodiversidad, la protección del recurso hídrico y mejoren la producción económica de las tierras, **es posible tener un territorio en equilibrio y sostenible**, donde todos ganan.

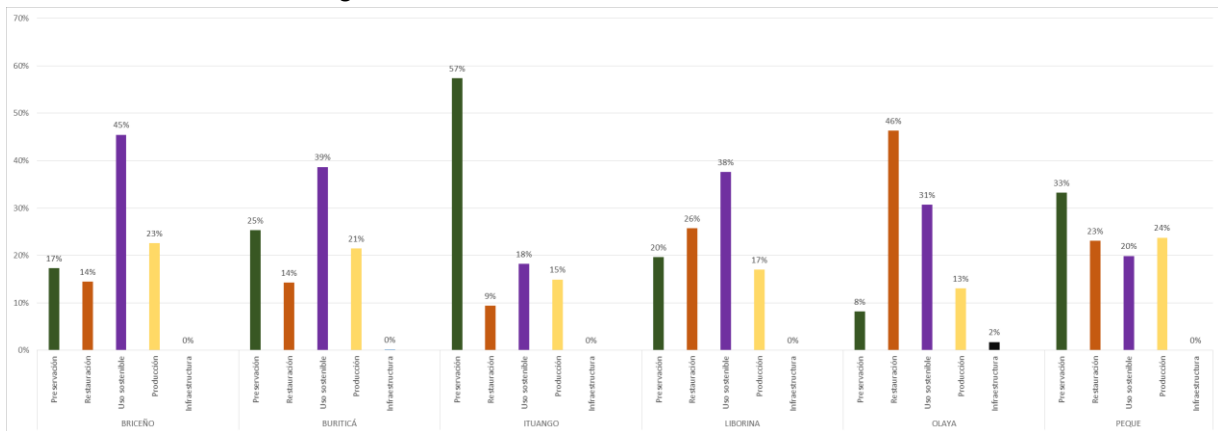


FIGURA 39 PORCENTAJE DE CADA CATEGORÍA DE USO DEL TERRITORIO DE LOS MUNICIPIOS DE BRICEÑO, BURITICÁ, ITUANGO, LIBORINA, OLAYA Y PEQUE.

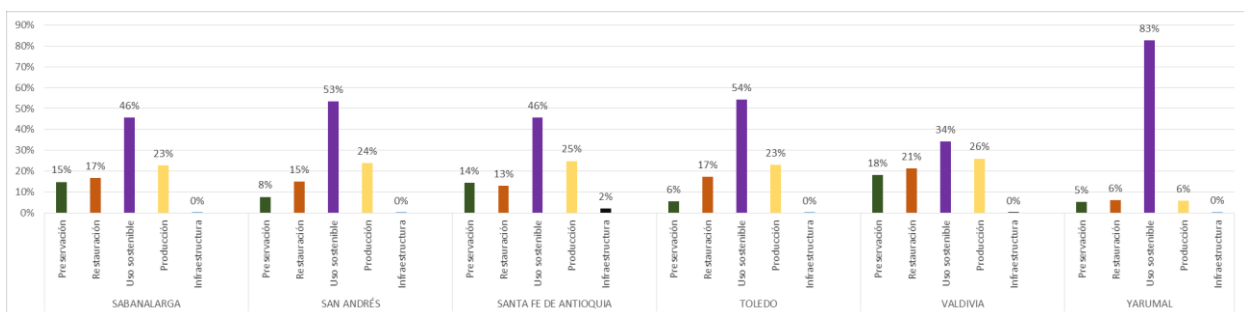
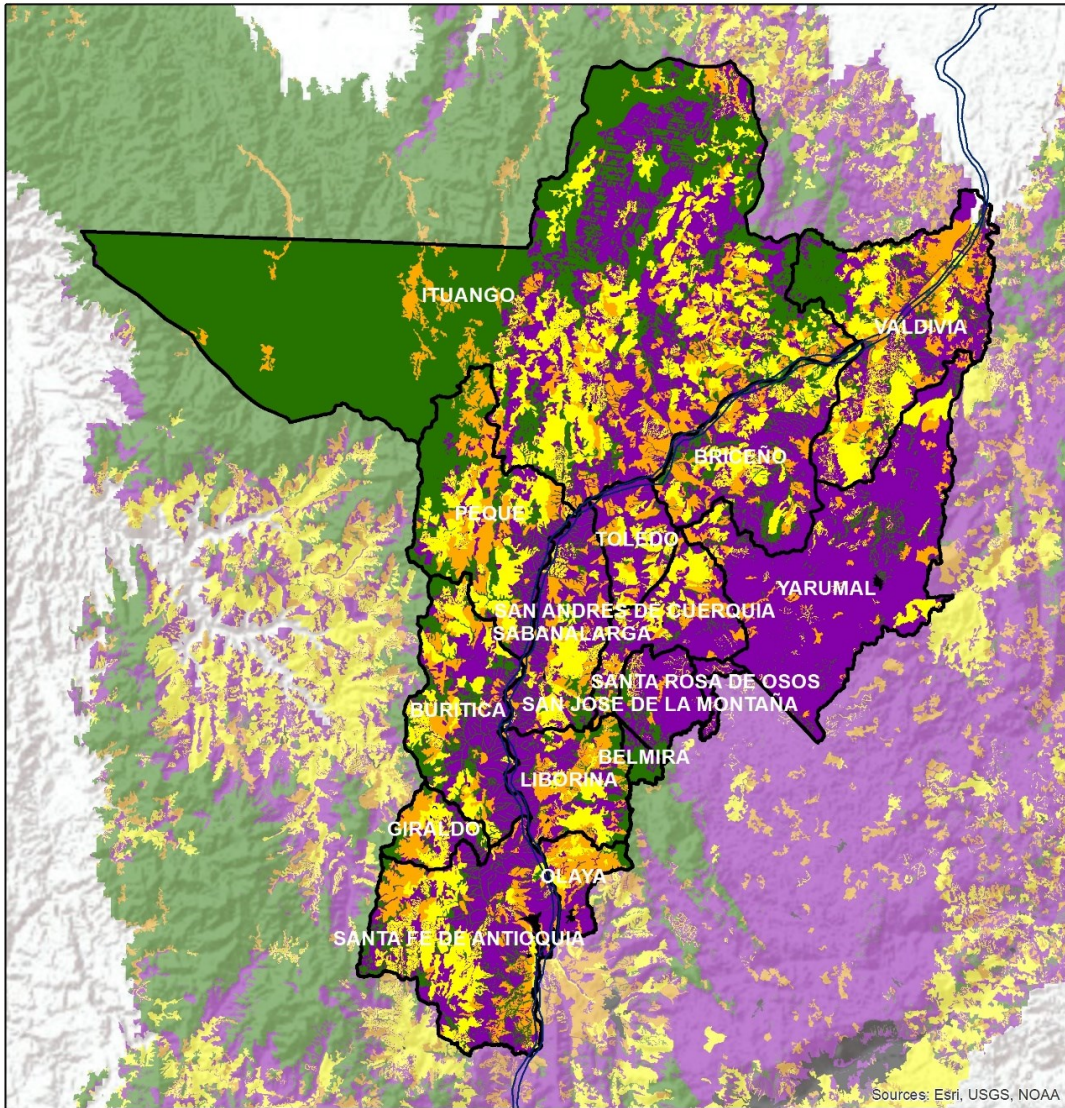


FIGURA 40 PORCENTAJE DE CADA CATEGORÍA DE USO DEL TERRITORIO DE LOS MUNICIPIOS DE SABANALARGA, SAN ANDRÉS DE CUERQUIA, SANTA FÉ DE ANTIOQUIA, TOLEDO, VALDIVIA Y YARUMAL.



MAPA 51 ESTRATEGIAS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL TERRITORIO EN LOS MUNICIPIOS DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PHI

A continuación se hará una descripción de cada uno de los 12 municipios de influencia directa, bajo la mirada del MET:

Briceño: Este municipio es bastante heterogéneo en cuanto a su composición de tipos de uso y tipos de gestión (Figura 41, Mapa 52). Sobresale que del área total del municipio, el 18% del territorio está bajo la categoría de Preservación de áreas naturales de alta oferta de SE, áreas asociadas a la ribera del cañón del río Cauca y que serán impactadas por el PHI. Por otro lado un 14% del territorio requiere estrategias de Restauración, de las cuales la mitad se requieren para restaurar la conectividad ecosistémica regional. Un 12% del territorio son áreas naturales en zonas de media y baja probabilidad de colapso, por lo cual requieren de un uso racional y sostenible para que se mantengas así, y en el mejor de los casos se disminuyan los niveles de probabilidad de colapso de la biodiversidad. Un 32% son zonas de pastos lo que muestra la alta intervención del territorio y la praderización de muchas de sus áreas. En cuanto a las áreas de producción, Briceño, requiere de implementar proyectos para la reconversión a sistemas productivos sostenibles en zonas de pendiente, en el 16% de su territorio y en zonas de rondas hídricas en un 4% del área municipal.

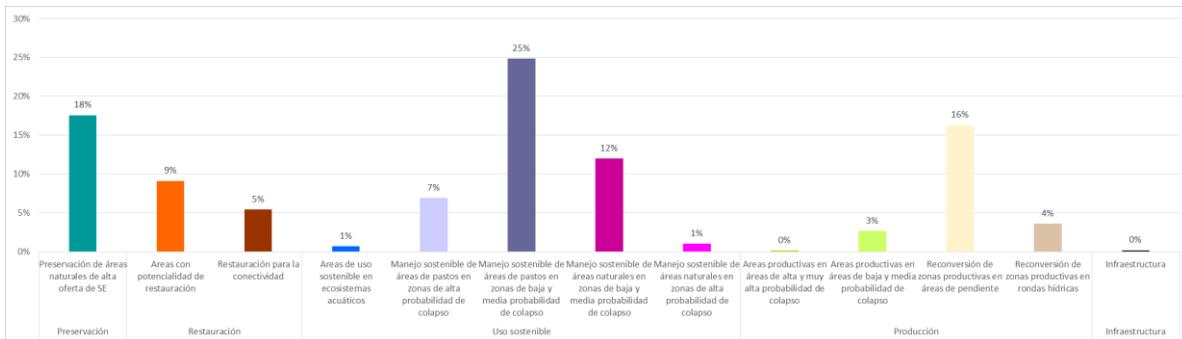
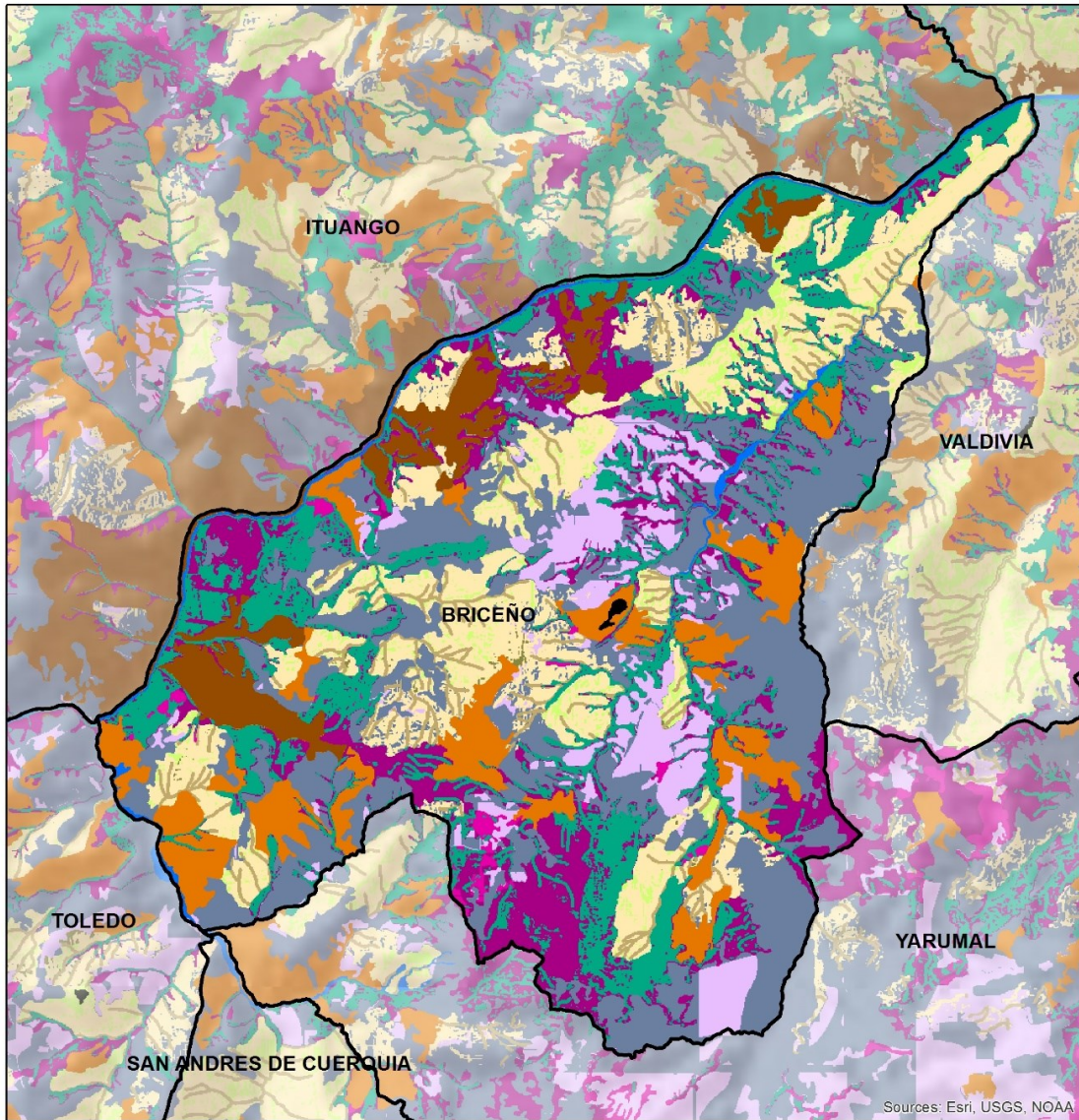


FIGURA 41 ESTRATEGIAS Y TIPOS DE USO DEL TERRITORIO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE BRICEÑO



MAPA 52 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN DEL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE BRICEÑO (PARA LA LEYENDA VER FIGURA 41)

Buriticá: Presenta casi un 14% de su territorio como área potencial para la restauración, y un 25% de preservación de áreas naturales de alta oferta de servicios ecosistémicos (Figura 42). El grueso del territorio se destina a su uso sostenible, con áreas tanto naturales (30%) como de pastizales (8%). Es indispensable priorizar en acciones de manejo y conservación los territorios en zonas de alta y muy alta probabilidad de colapso. La reconversión a sistemas productivos sostenibles en áreas de pendiente y rondas hídricas es indispensable para mejorar la oferta de SE de estas zonas, en especial aquellos relacionados con la regulación hídrica y la retención de sedimentos, que beneficiará de manera directa la operación del PHI (Mapa 53).

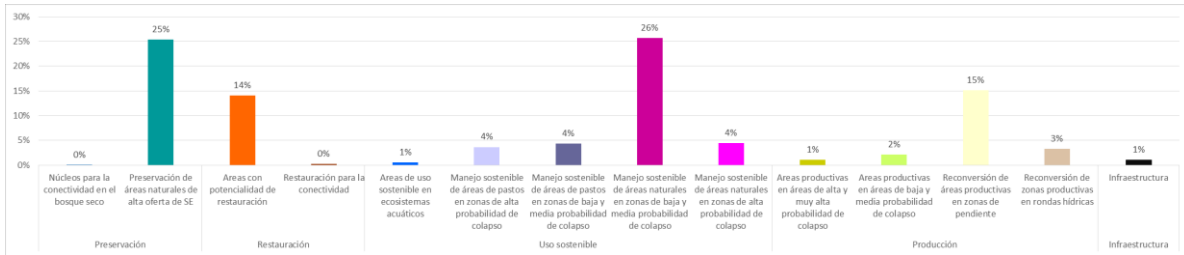
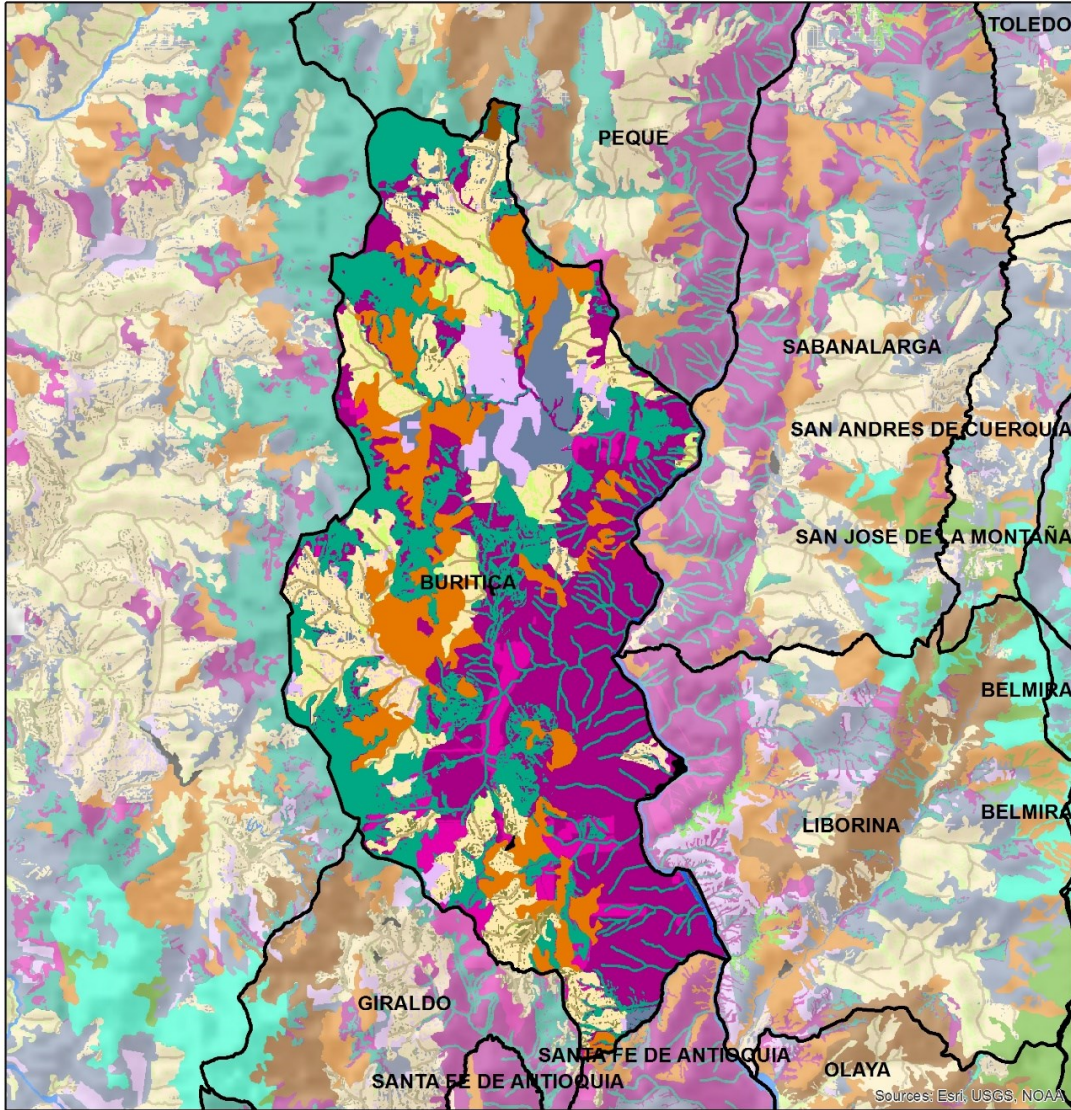


FIGURA 42 ESTRATEGIAS Y TIPOS DE USO DEL TERRITORIO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE BURITICÁ



MAPA 53 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN DEL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE BURITICÁ (PARA LA LEYENDA VER FIGURA 42)

Ituango: Como es de esperarse para este municipio más de un 45% de su territorio está dentro del PNN Paramillo, y corresponde a áreas de preservación. Un 9% es área para la restauración, donde un 2% se propone para recuperar la conectividad ecosistémica, y un 2% a ser restaurado dentro del área del PNN, este es un punto importante a considerar, ya que se ve una intervención importante dentro de esta AP (Figura 43, Mapa 54). El territorio es bastante heterogéneo en cuanto a los lineamientos de gestión territorial propuestos. Las áreas productivas suman un aproximado de 14%, estando la gran mayoría de ellas en zonas de pendiente. En este municipio el territorio de usos sostenibles es menor con respecto a los otros municipios, sin embargo, hay que monitorear los cambios en las coberturas para evitar la pérdida de áreas naturales fuera del PNN y que podrían estar en riesgo por aumento de una frontera agrícola y pecuaria.

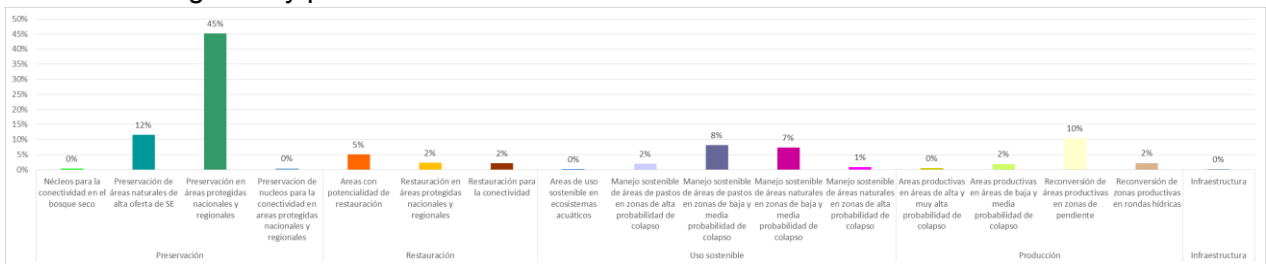
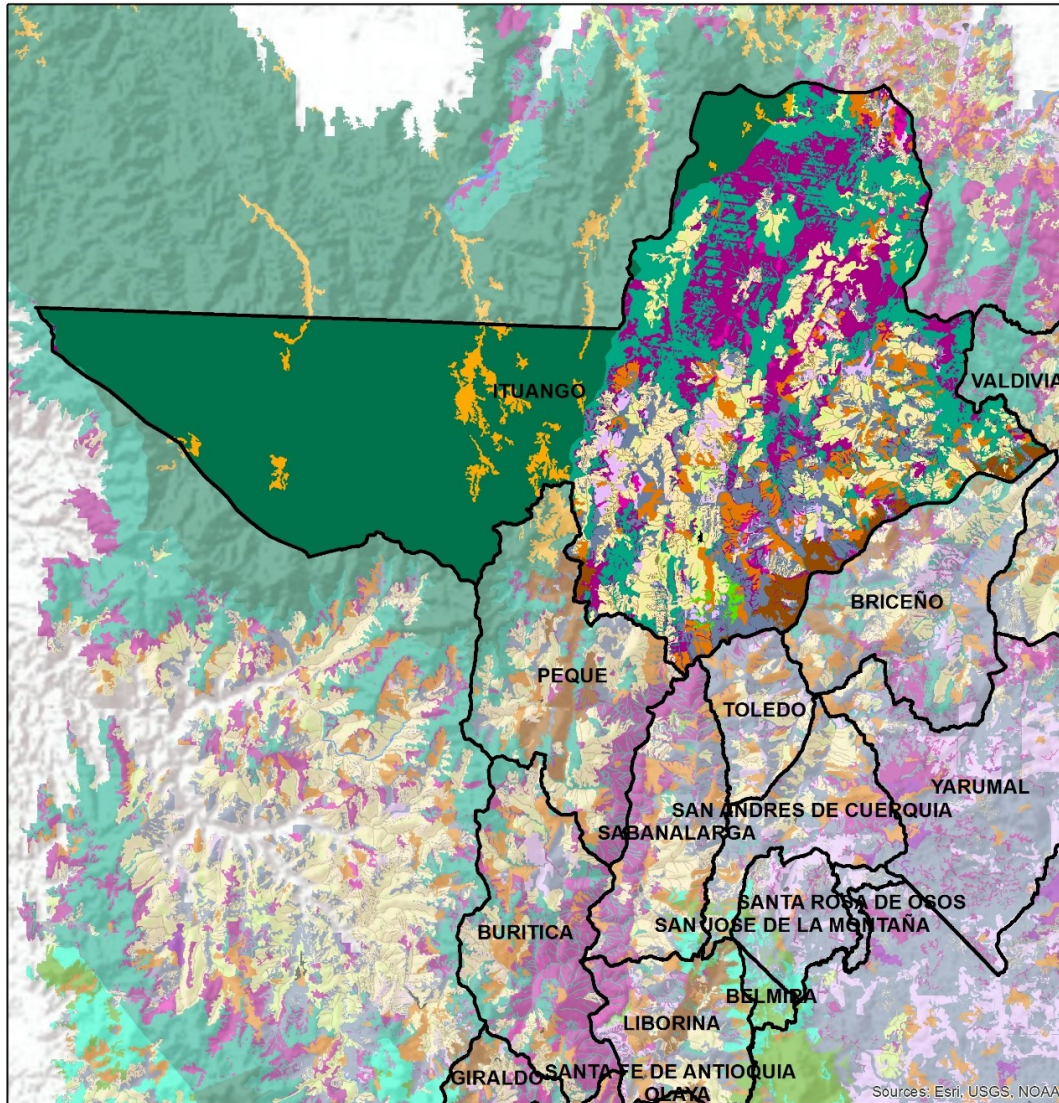


FIGURA 43 ESTRATEGIAS Y TIPOS DE USO DEL TERRITORIO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE ITUANGO



MAPA 54 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN DEL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE ITUANGO (PARA LA LEYENDA VER FIGURA 43)

Liborina: Del área total del municipio, un 19% están bajo estrategias de preservación, sobresaliendo la presencia de núcleos de conectividad en áreas del SINAP (7%) (Figura 44, Mapa 55). En cuanto a las áreas potenciales a restauración, hay aproximadamente un 26% del territorio disponible para restaurar ecosistemas y sus funciones, donde hay un 13% para el restablecimiento de la conectividad. Estas áreas junto con los núcleos de conectividad son de gran importancia dentro del contexto regional, para restablecer la conectividad de los ecosistemas que tendrá un gran beneficio para la biodiversidad. Dentro de los lineamientos de uso sostenible, sobresalen los pastos (17%) y un 11% de áreas naturales en zonas de baja y media probabilidad de colapso. Estas zonas están en la ribera del río Cauca, por lo cual su manejo y uso adecuado es fundamental una vez el PHI entre en marcha. Gran parte de sus zonas productivas están en zonas de pendiente, por lo cual deben implementarse acciones para reconvertir estos sistemas productivos, a sistemas productivos sostenibles según las características del terreno.

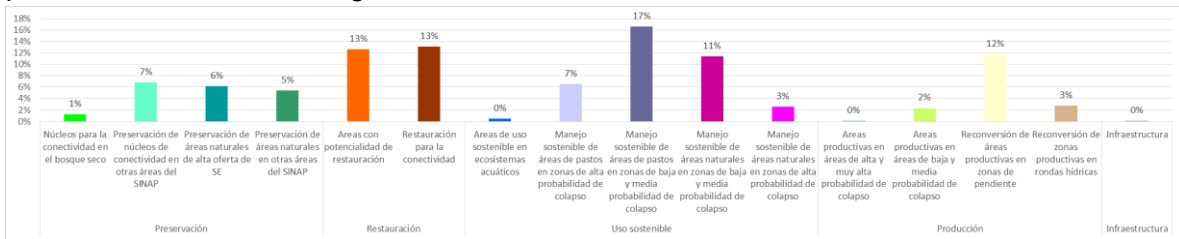
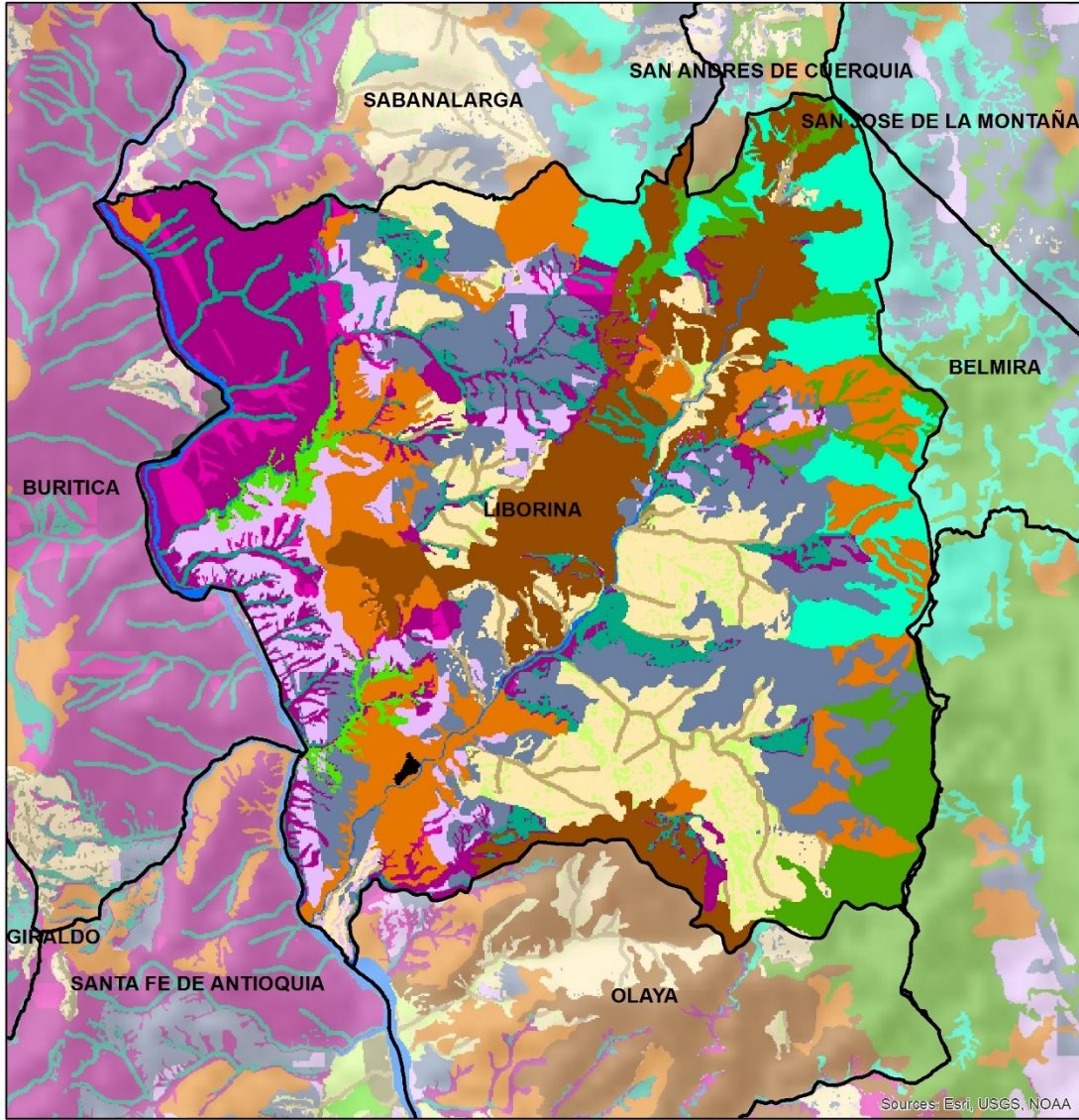


FIGURA 44 ESTRATEGIAS Y TIPOS DE USO DEL TERRITORIO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE LIBORINA



<p>LEYENDA</p>	<p>MODELO DE INTEGRACIÓN TERRITORIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO</p>  <p>FUENTE: IGAC, EPM, VON HUMBOLDT</p>	<p>MAPAS CONTEXTO</p> <p>MAGNA_Colombia_Oeste Proyección: Transversal_Mercator Falso_Este: 1000000,0 Falso_Northing: 1000000,0 Meridiano Central: -77,07750791666666 Origen de Latitud: 4,896200416666666</p> 
-----------------------	---	--

MAPA 55 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN DEL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE LIBORINA (PARA LA LEYENDA VER FIGURA 44)

Olaya: Este municipio tiene aproximadamente un 29% de su territorio con potencialidad de restauración para la conectividad, siendo un porcentaje importante dentro del marco regional de conectividad ecosistémica. Solo un 8% está bajo estrategias de preservación, correspondiente al área dentro del DMI del Páramo de Belmira. Las zonas de uso sostenible, predominan los pastos sobre los espacios naturales, y un 4% corresponde a cuerpos de agua (Figura 45, Mapa 56).

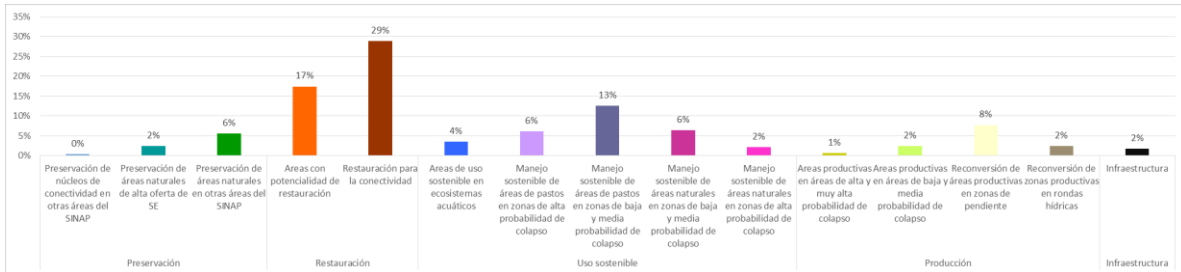
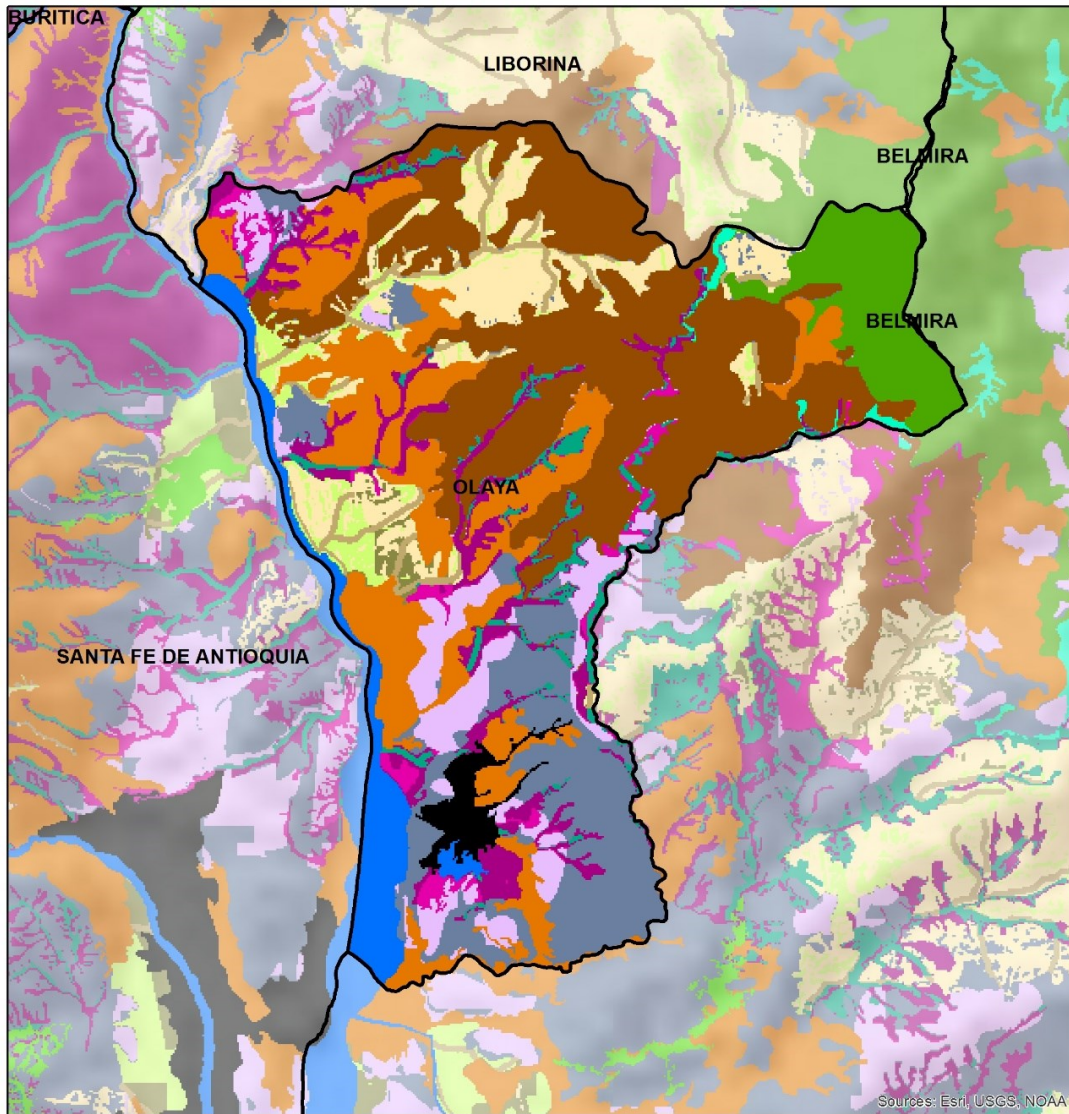


FIGURA 45 ESTRATEGIAS Y TIPOS DE USO DEL TERRITORIO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE OLAYA



MAPA 56 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN DEL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE OLAYA (PARA LA LEYENDA VER FIGURA 45)

Peque: Este municipio tiene un 17% de su territorio dentro del PNN Paramillo, del cual un 4% está para restauración y el 13% restante presenta coberturas naturales en estado de preservación. Del total del territorio municipal, aproximadamente un 13% tiene potencial de restauración para la conectividad, y un 21% corresponde a coberturas naturales con una prestación de servicios ecosistémicos alta. Un 13% son áreas naturales en zonas de baja y media probabilidad de colapso, territorio para tener en la mira y hacer un buen uso para mantenerlo así. En cuanto a las áreas de producción más del 20% deben sufrir procesos de reconversión ya que se encuentran en zonas de pendientes superiores al 40% y rondas hídricas (Figura 46, Mapa 57).

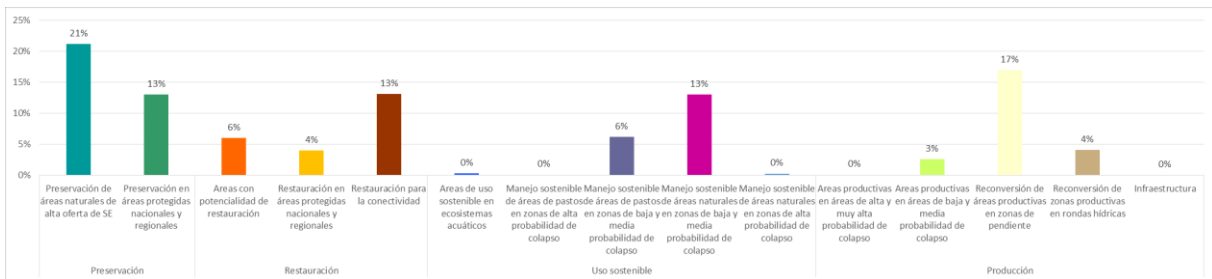
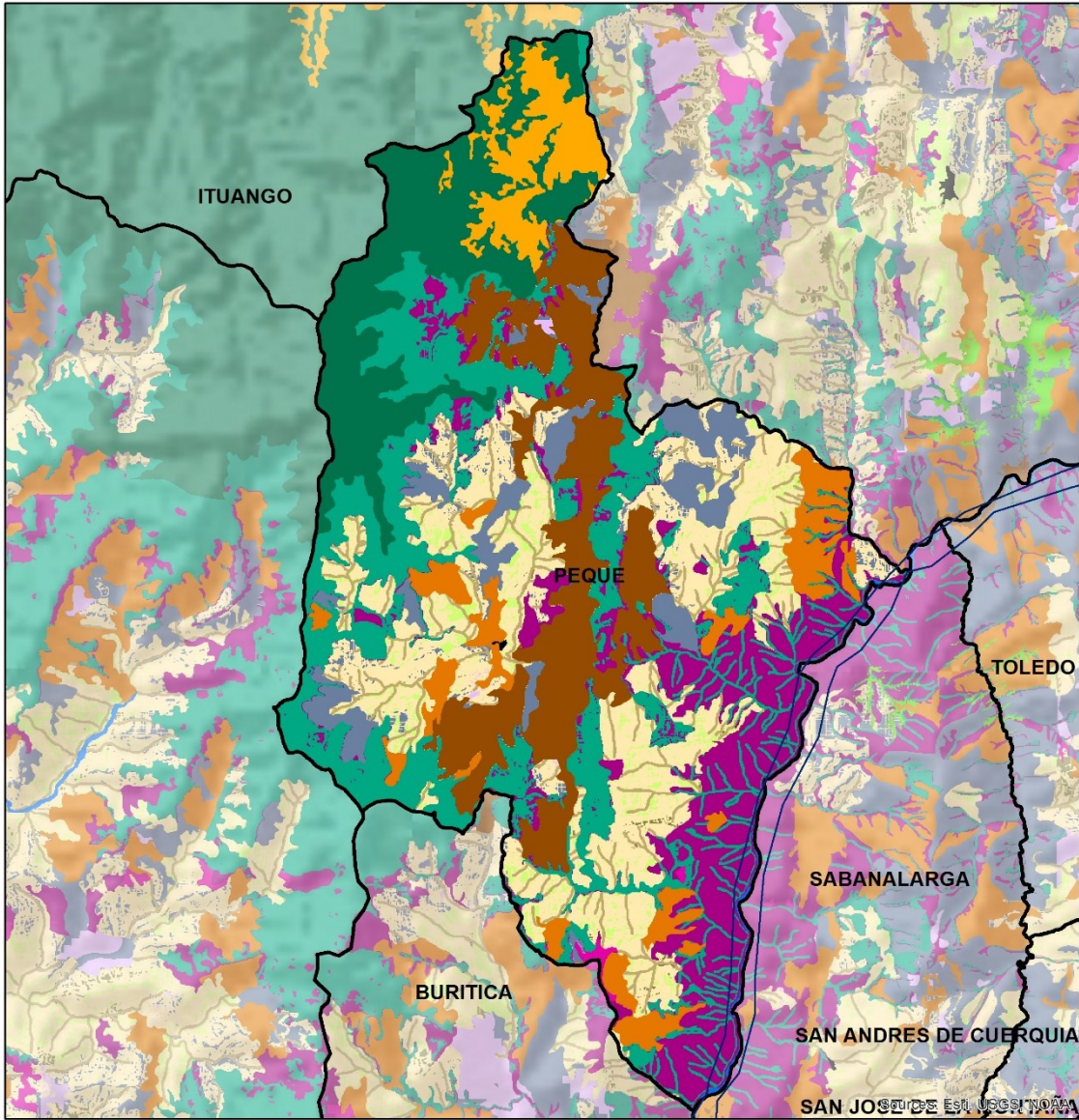


FIGURA 46 ESTRATEGIAS Y TIPOS DE USO DEL TERRITORIO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE PEQUE



<p>LEYENDA</p>	<p>MODELO DE INTEGRACIÓN TERRITORIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO</p> <p>FUENTE: IGAC, EPM, VON HUMBOLDT</p>	<p>MAPAS CONTEXTO</p> <p>MAGNA_Colombia_Ceste Proyección: Transversal_Mercator Falso_Este: 1000000.0 Falso_Northing: 1000000.0 Meridiano Central: -77.07750791866885 Origen de Latitud: 4.556200416666665</p>
-----------------------	---	---

MAPA 57 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN DEL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE PEQUE (PARA LA LEYENDA VER FIGURA 46)

Sabanalarga: En este municipio un 10% presenta áreas naturales con oferta alta de servicios ecosistémicos, y un 17% con potencialidad para la restauración. Las áreas naturales para el uso sostenible sobresalen con respecto a las demás, siendo un 28% del total del territorio, porcentaje importante que debe mantenerse para asegurar un equilibrio sostenible en el municipio, en especial por que estas corresponden en gran medida a la ribera del río Cauca. Al igual que los demás municipios, un 18% de las áreas productivas están en zonas de pendiente, y se proponen para su reconversión a sistemas productivos sostenibles, donde su impacto sea menor para estos suelos de ladera (Figura 47, Mapa 58).

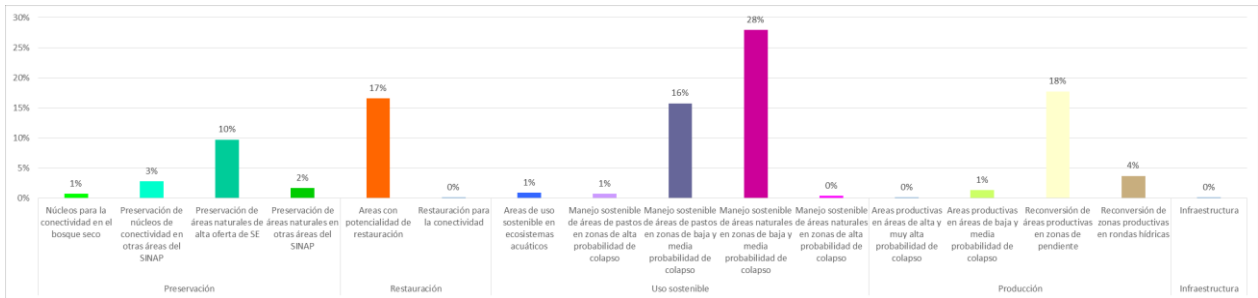
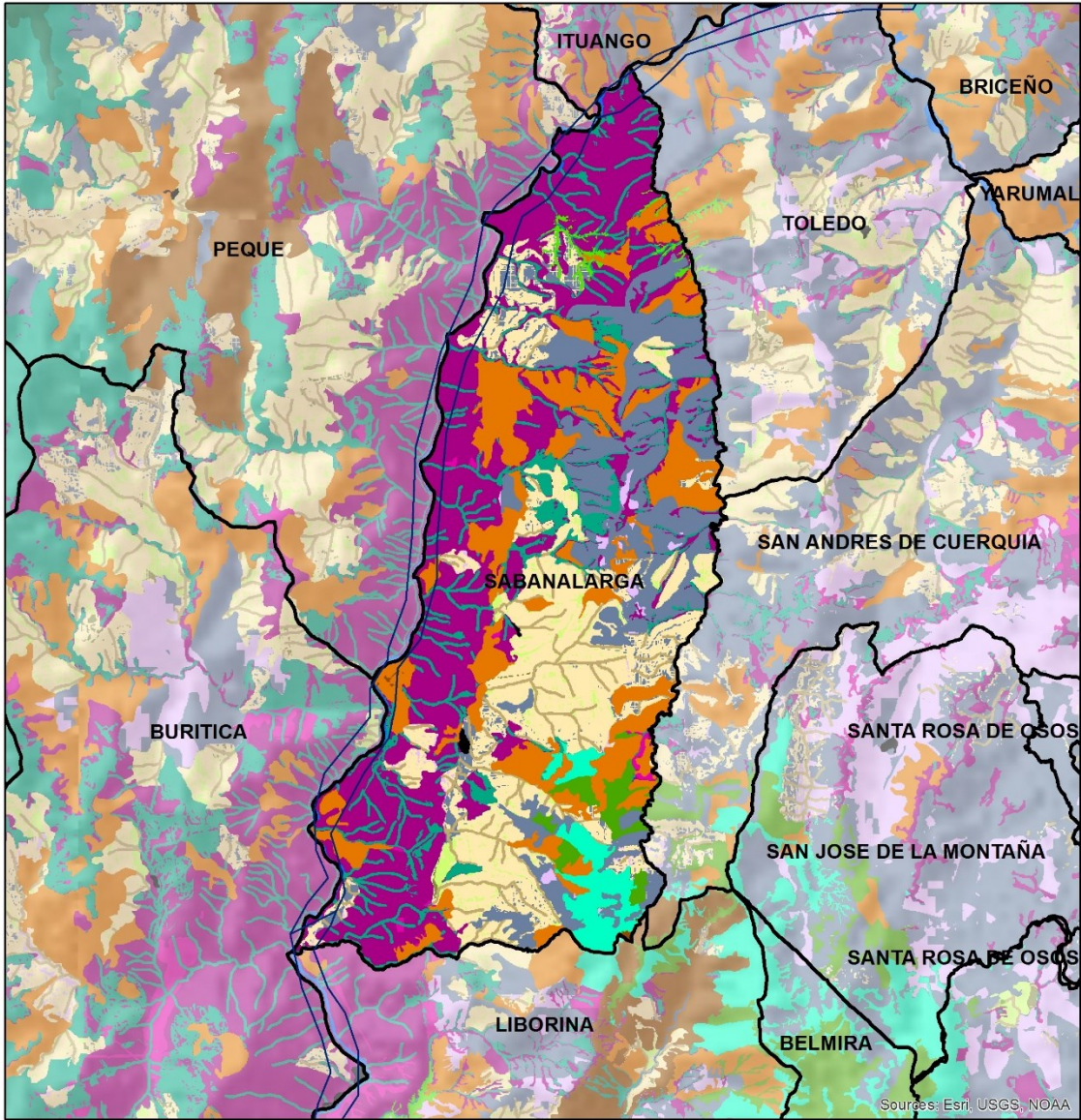


FIGURA 47 ESTRATEGIAS Y TIPOS DE USO DEL TERRITORIO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE SABANALARGA



<p>LEYENDA</p>	<p>MODELO DE INTEGRACIÓN TERRITORIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO</p>   <p>FUENTE: IGAC, EPM, VON HUMBOLDT</p>	<p>MAPAS CONTEXTO</p> <p>MAGNA_Colombia_Oeste Proyección: Transversal_Mercator Falso_Este: 1000000,0 Falso_Northing: 1000000,0 Meridiano Central: -77,07750791666666 Origen de Latitud: 4,5562004166666666</p> 
-----------------------	---	---

MAPA 58 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN DEL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE SABANALARGA (PARA LA LEYENDA VER FIGURA 47)

San Andrés de Cuerquia: Este municipio tiene un 14% de territorio con potencialidad para la restauración, y un 32% de zonas de pastos en áreas de baja y media probabilidad de colapso, este es un porcentaje importante que demuestra la gran intervención que hay en el territorio, si se le suma un 9% adicional de pastizales pero en áreas de alta probabilidad de colapso. Las zonas productivas están en pendientes y rondas hídricas, con un bajo porcentaje en zonas de baja probabilidad de colapso. En cuanto a las estrategias de preservación, un 5% corresponde a zonas naturales con alta oferta de servicios ambientales (Figura 48, Mapa 59).

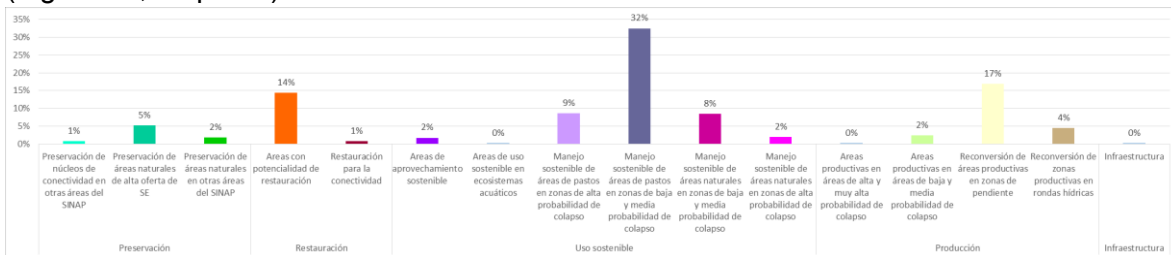
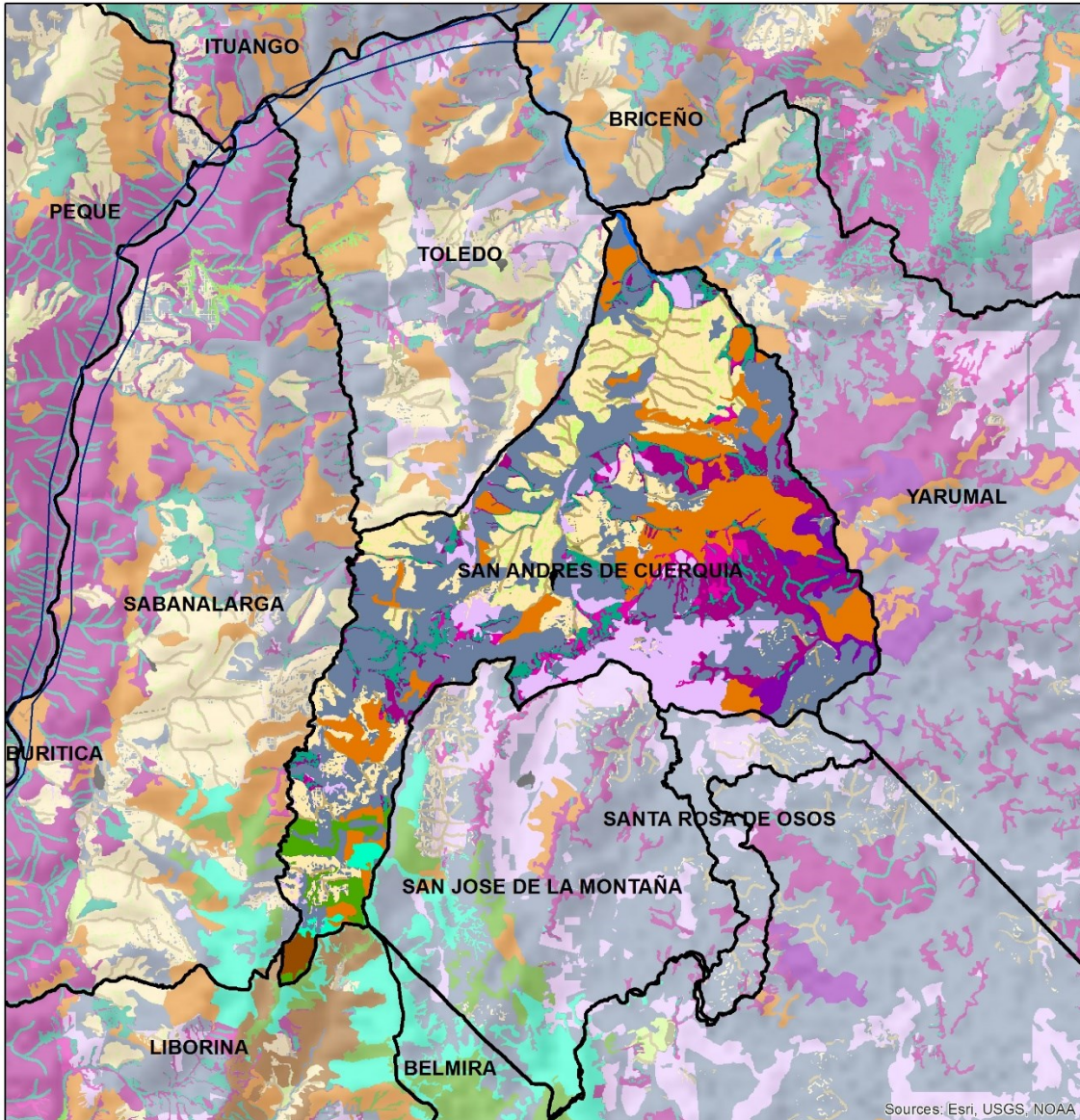


FIGURA 48 ESTRATEGIAS Y TIPOS DE USO DEL TERRITORIO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS DE CUERQUIA



<p>LEYENDA</p>	<p>MODELO DE INTEGRACIÓN TERRITORIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO</p> <p>FUENTE: IGAC, EPM, VON HUMBOLDT</p>	<p>MAPAS CONTEXTO</p> <p>MAGNA_Colombia_Oeste Proyección: Transversal_Mercator Falso_Este: 1000000,0 Falso_Northing: 1000000,0 Meridiano_Central: -77,07750731666666 Origen de Latitud: 4,559200416666666</p>
-----------------------	---	---

MAPA 59 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN DEL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS DE CUERQUIA (PARA LA LEYENDA VER FIGURA 48)

Santa fe de Antioquia: Este municipio altamente transformado e intervenido, posee una heterogeneidad de lineamientos para la gestión integral del territorio. Del total de su territorio un 15% corresponde a zonas de pastos en zonas de baja y media probabilidad de colapso, y un 7% está en zonas de alta probabilidad de colapso. Un 21 % son áreas naturales propuestas para el manejo sostenible, y un 13% para restauración ecológica (Figura 49, Mapa 60). Las áreas de preservación suman un 13% aproximadamente, sobresaliendo zonas del bosque seco tropical como núcleos de conectividad y áreas naturales con alta oferta de servicios ecosistémicos. Las zonas productivas suman un 25%, estando la mayoría en zonas de pendiente. La poca planeación del territorio en esta región ha permitido el avance de la frontera agrícola en áreas de pendientes pronunciadas y rondas hídricas, contrario a los mandatos legales.

El área de la ribera del río Cauca, está bastante transformada, haciendo entonces un llamado al manejo sostenible y a la restauración de estas zonas, y la protección de los remanentes naturales que protegen el curso del río.

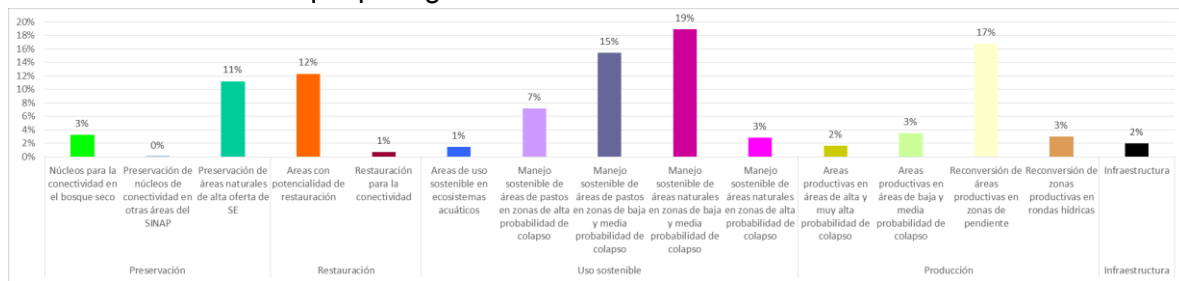
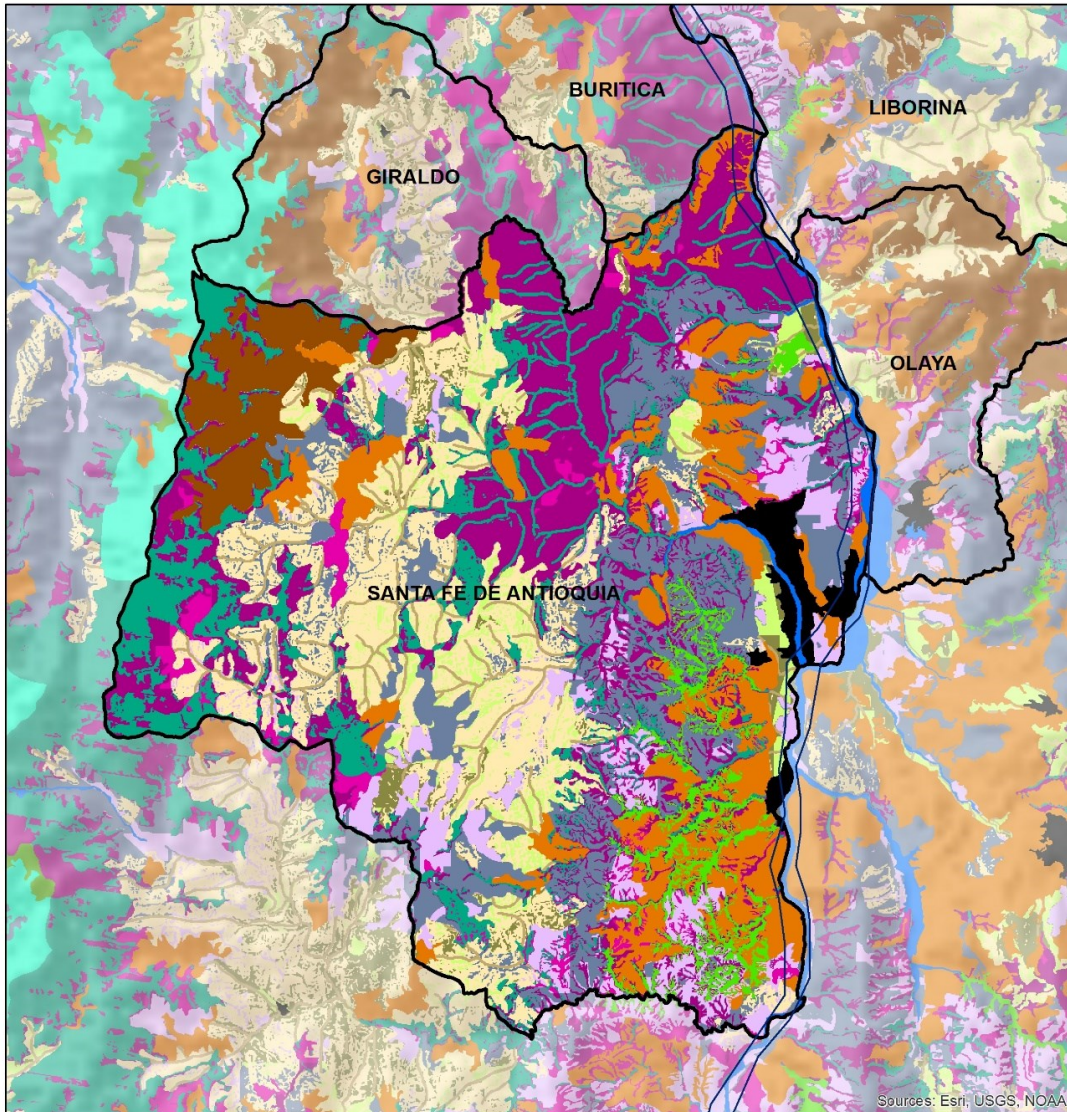


FIGURA 49 ESTRATEGIAS Y TIPOS DE USO DEL TERRITORIO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE SANTAFÉ DE ANTIOQUIA



MAPA 60 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN DEL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE SANTA FÉ DE ANTIOQUIA (PARA LA LEYENDA VER FIGURA 49)

Toledo: Este municipio presenta un 17% de su territorio con potencial para ser restaurado (Figura 50, Mapa 61). Los tipos de uso del territorio están más enfocados hacia la producción y el manejo sostenible, predominando los pastizales y las zonas de producción en áreas de pendiente. Solo un 6% del territorio está bajo estrategias de preservación, siendo algo preocupante.

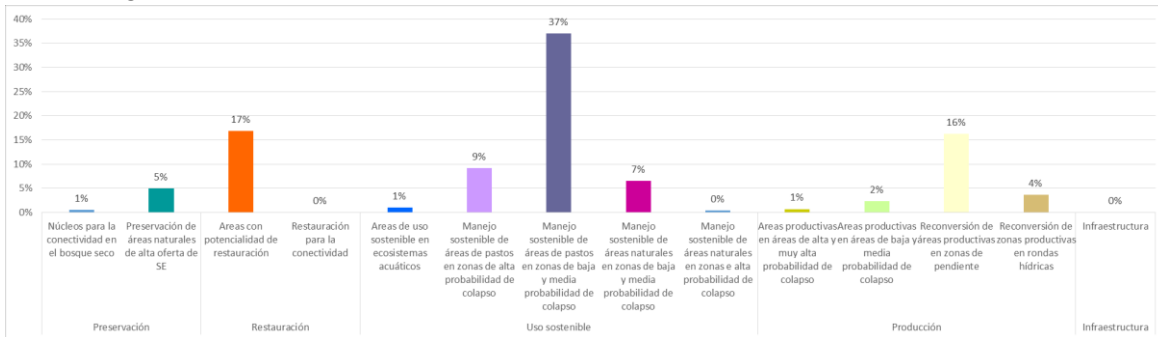
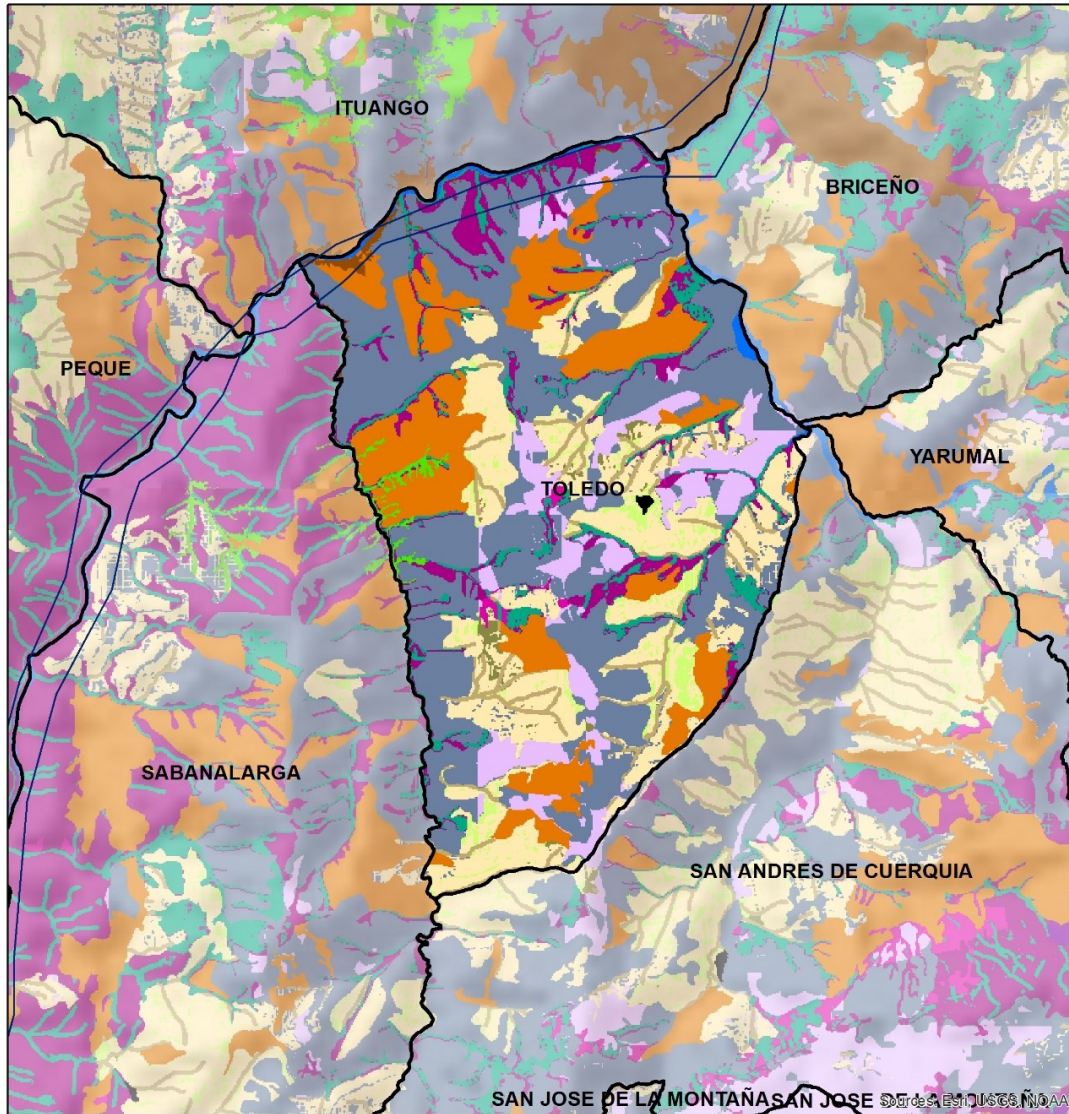


FIGURA 50 ESTRATEGIAS Y TIPOS DE USO DEL TERRITORIO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE TOLEDO



MAPA 61 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN DEL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE TOLEDO (PARA LA LEYENDA VER FIGURA 50)

Valdivia: El municipio de Valdivia tiene un importante porcentaje de áreas de alta oferta de SE que se hacen prioritarias en temas de conservación (Figura 51, Mapa 62). Este municipio está intervenido con lineamientos enfocados en sistemas productivos en zonas de pendiente (15%), y en áreas de baja y media probabilidad de colapso. La restauración se hace indispensable en 22% del territorio, siendo la mitad de este clave para temas de conectividad ecosistémica. Valdivia está atravesado por el río Cauca, que como se ve en el mapa 76, su ribera está transformada, las acciones de restauración son clave para alivianar los impactos de la intervención de esta zona por parte del PHI. Por otra parte la carretera construida dentro del municipio, también será un agente transformador del territorio que sin el correcto manejo de las áreas aledañas se pondrá en riesgo la biodiversidad local y las coberturas vegetales, que a su vez condicionan la prestación de servicios ecosistémicos.

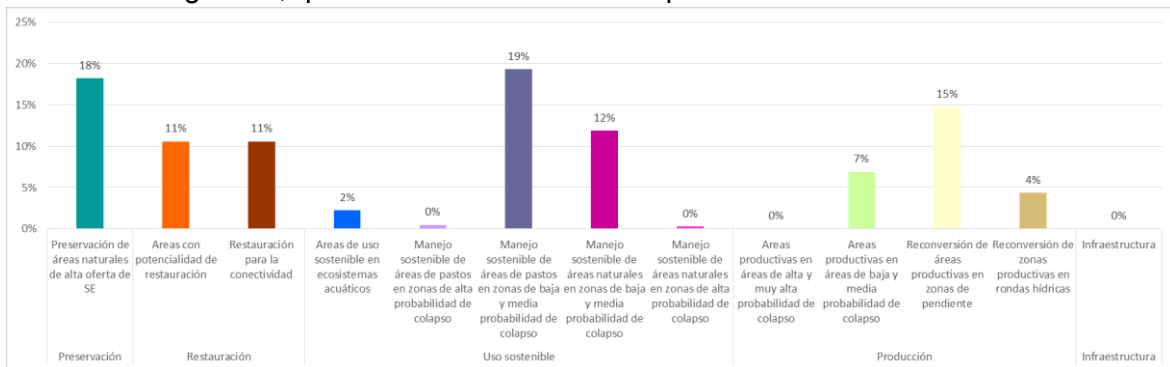
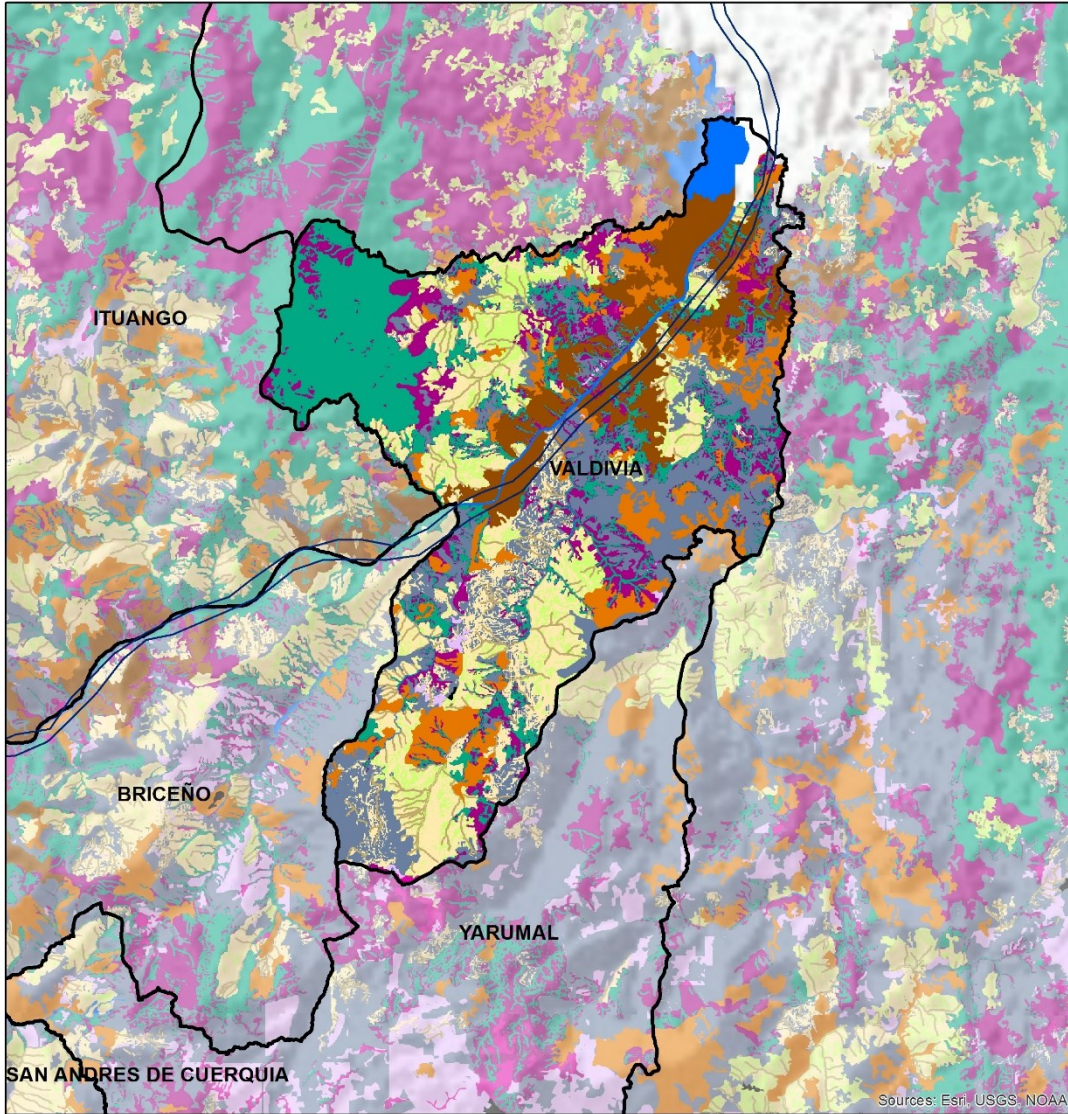


FIGURA 51 ESTRATEGIAS Y TIPOS DE USO DEL TERRITORIO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE VALDIVIA



MAPA 62 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN DEL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE VALDIVIA (PARA LA LEYENDA VER FIGURA 51)

Yarumal: Es un municipio altamente transformado, con parches aislados de coberturas naturales. Solo un 5% del territorio tiene una prestación alta de servicios ecosistémicos (Figura 52, Mapa 63), contrarrestado con un 50% que son pastizales en áreas de baja y media probabilidad de colapso. La producción agrícola es muy baja (6%). Las áreas con potencial de restauración cubren un 6%. Las estrategias de uso sostenible, que involucren herramientas de manejo del paisaje son primordiales en Yarumal, por encima de otras estrategias de conservación.

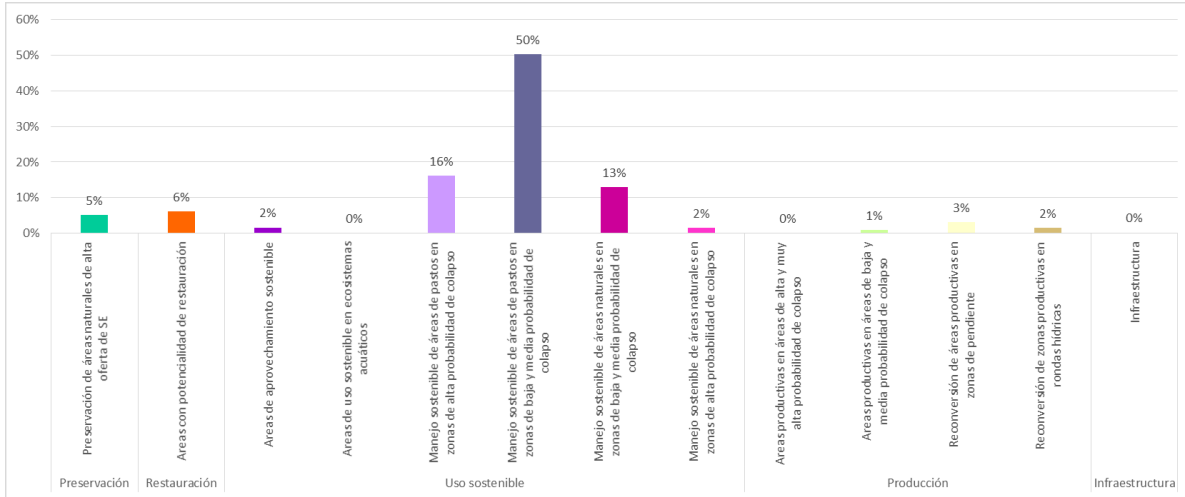
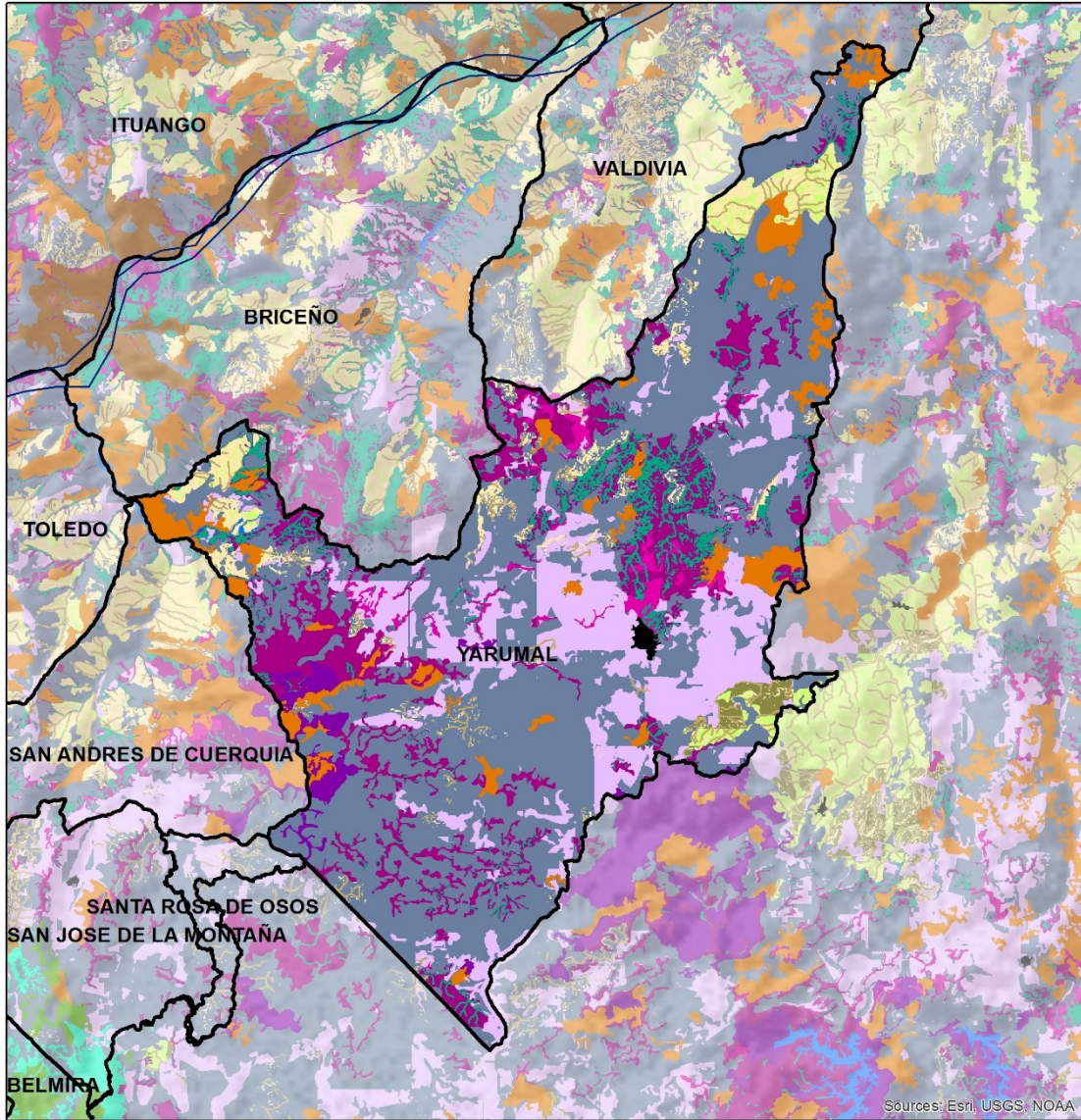


FIGURA 52 ESTRATEGIAS Y TIPOS DE USO DEL TERRITORIO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE YARUMAL



MAPA 63 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN DEL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE YARUMAL (PARA LA LEYENDA VER FIGURA 52)

Los municipios acá descritos están altamente transformados y el uso de su territorio y recursos parece venir ocurriendo de manera poco sostenible. A excepción de Ituango, que cuenta con unos remanentes naturales de importancia y que hacen parte del PNN Paramillo, los demás municipios tienen parches aislados de áreas naturales, de importancia ecológica para la biodiversidad y la oferta de SE. Estos remanentes que se proponen sean preservados y/o conservados por medio de la implementación de estrategias complementarias de conservación, están a merced de futuras transformaciones, vislumbrando así un panorama muy negativo para la región en términos de su capital natural. La restauración y el uso sostenible de parches naturales son herramientas poderosas que necesita el territorio. Cada uno de los municipios descritos, necesita de la restauración ecológica como respuesta a esta alta transformación de sus recursos, y la restauración enfocada en la conectividad ecosistémica es primordial para armonizar procesos de conservación regionales, que se salen de los límites municipales. Encontrar un balance entre desarrollo (que implica uso) y conservación (preservación, restauración, uso sostenible, etc), es la única manera de lograr mejorar las condiciones de vida de los pobladores de la región, mejorar las economías locales y regionales, asegurar la vida útil del PHI, entre otros muchos beneficios.

En cuanto a los resultados por Unidad de Análisis Territorial, las figuras siguientes (Figura 53, 54), muestran como está el uso del territorio por cada una de las UAT, mostrando claramente como las UA de Páramos son aquellas con mejores niveles de conservación, teniendo la mayoría de su territorio en Preservación. Para el caso del Páramo de Belmira y Frontino, hay algún grado de intervención que se puede ver en la Figura 54. Para el caso del Páramo de Paramillo, se ve el buen estado de conservación de esta UA. En cuanto a las UA más representativas para la región, está el Zonobioma alternohigrico y/o subxerofítico en el Estrecho del Cauca (Figura 54), que corresponde al ecosistema del Bosque Seco Tropical y que será intervenido por el PHI. Esta UA, presenta una variedad de tipos de uso, donde sobresalen los Sistemas productivos (11%), las áreas de Uso sostenible (56%) y las áreas con potencial de restauración (22%). La baja naturalidad de esta UA, se evidencia en el 10% de áreas propuestas para la Preservación. En cuando al Zonobioma húmedo valle en el Cañón del Cauca, las áreas de preservación son más altas correspondiendo a un 18%. Este es un valor importante a considerar cuando se sabe que puede verse afectado por la puesta en marcha del PHI. Esta UA, tiene niveles de transformación importantes (sistemas productivos 19% y Restauración 24%), que deben ser controlados, y revertidos, ya que esta misma UA no tiene ningún tipo de figura de protección (Representatividad en el SINAP = 0% = Omisión), y es posible sufra grandes cambios una vez la hidroeléctrica entre a funcionar. El resto de las UA tienen una diversidad de usos, sobresaliendo los Sistemas productivos, con un porcentaje considerable dentro del territorio de cada UA (Figura 53).

Los resultados presentados acá, son una fotografía del estado actual (principios de 2017) del territorio. Se interpretan como una señal para dar a entender como hasta el momento se ha usado, sobreutilizado, y conservado de la biodiversidad en el área del Modelo de Estado y Tendencias (MET), mostrando a un territorio repartido entre zonas de preservación estricta (PNN, PRN, Páramos), con muy poca intervención, en parte no por la figura legal que los protege sino por situaciones de seguridad nacional y de presencia de grupos armados. Esta realidad social que ha existido en la región se ha encargado de la protección de uno de los enclaves de biodiversidad y refugios del pleistoceno más importantes del país. La localización geográfica de la zona del Paramillo, hace que mantenga una biodiversidad única tanto terrestre como acuática y por ende se convierta en una zona clave de conservación. Por otro lado, las áreas ubicadas más al oriente, con mayor influencia de vías principales, ciudades capitales (Medellín), y conexiones con otras regiones del país (Caribe), son zonas de alta transformación, baja naturalidad, reflejada en la baja oferta de servicios ambientales que se encontró para estas UA y municipios. La restauración ecológica se convierte en la principal herramienta para restablecer niveles de biodiversidad, servicios ecosistémicos, y para ser a su vez una opción económica para muchos pobladores. En este momento, y con la intervención del PHI, sumado a los otros factores de transformación del territorio (minería, vías, expansión urbana, expansión agrícola y pecuaria), los remanentes naturales existentes deben ser preservados, ya sea por medio de determinantes ambientales, la creación de nuevas AP, y/o la implementación de estrategias complementarias de conservación. Aquellas zonas con mayor potencial de restauración deben ser prioridad para comenzar acciones, por parte de la empresa, y todos los demás con injerencia en el territorio. Las áreas productivas, deben ser manejadas de manera sustentable, sistemas productivos poco aptos para las condiciones del terreno deben sufrir de una reconversión que encuentre un equilibrio que beneficie a todos. Las nuevas propuestas implantadas por la empresa y a su vez por el gobierno en sus nuevos programas asociados al posconflicto, deben considerar estos lineamientos para la gestión integral del territorio, desde su escala regional, para guiarse no solo por las necesidades de los pobladores locales, sino por las necesidades del territorio y su biodiversidad.

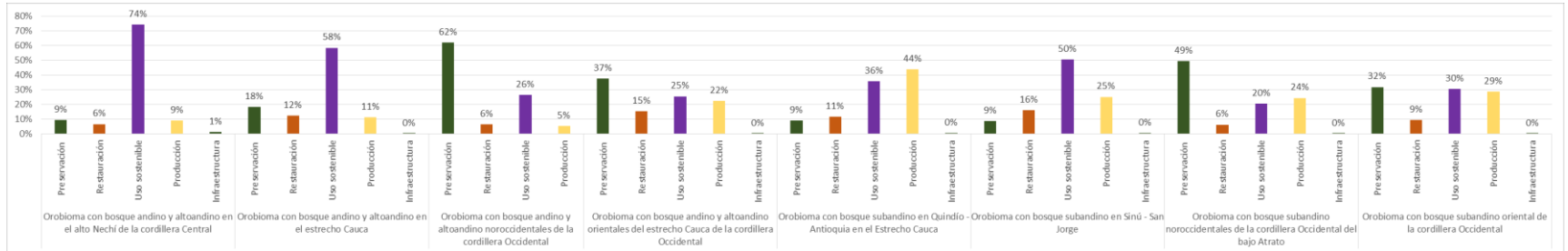


FIGURA 53 TIPOS DE USO DEL TERRITORIO PARA LAS DIFERENTES UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL (I)

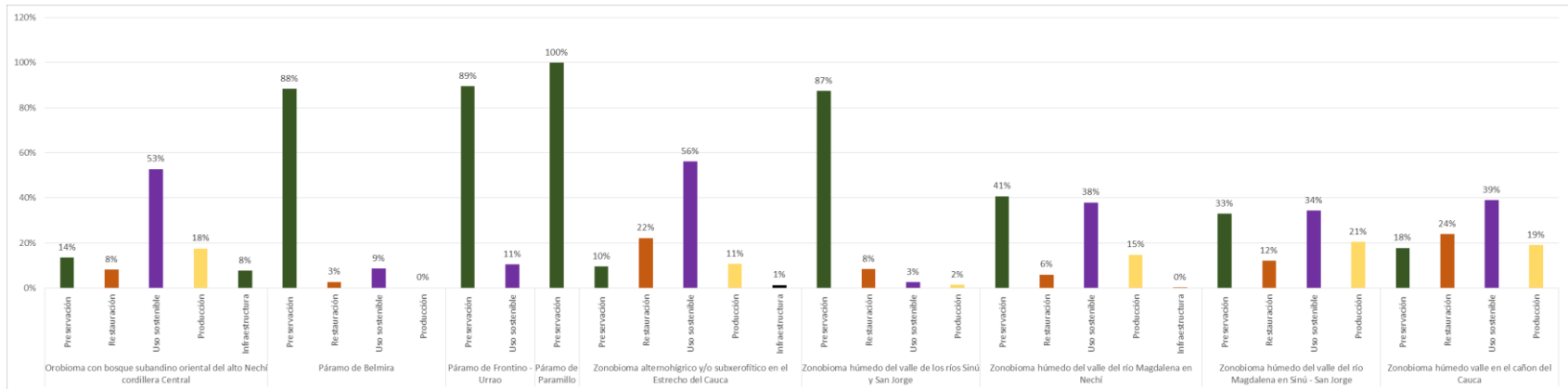


FIGURA 54 TIPOS DE USO DEL TERRITORIO PARA LAS DIFERENTES UNIDADES DE ANÁLISIS TERRITORIAL (II)

Análisis estructural de las variables

Para un total de 28 variables se realizó un análisis estructural con ayuda del software MIC MAC. Estas variables salen de las variables iniciales escogidas para la elaboración del Modelo de Estado y Tendencias de la Biodiversidad. Estas se ajustaron y se seleccionaron las finales en consenso con diferentes investigadores del Instituto Humboldt. Este método permite “describir un sistema con ayuda de una matriz que relaciona todos sus elementos constitutivos” (http://www.prospectiva.eu/curso-prospectiva/programas_prospectiva/micmac). De esta manera, por medio de una matriz de impacto cruzado se logran identificar las influencias de una variables sobre otras, extraer variables clave y entender interdependencias.

Este análisis se hace con el objetivo de identificar las variables estructurantes del sistema, es decir aquellas que son cruciales y que determinan de alguna manera el funcionamiento de este. Estas variables se hacen importantes, ya que al reconocerlas y conocer la interrelación entre ellas se hacen determinantes para el establecimiento de escenarios potenciales de cambio de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos en el área de influencia del PHI.

Resultados asociados al análisis estructural de variables

Listado de variables y su descripción

A continuación se presentan las variables utilizadas para el análisis y su respectiva abreviación, descripción y clasificación (Tabla 19).

TABLA 18 VARIABLES UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

N°	VARIABLES	ABREVIACIÓN	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN
1	Riqueza de especies	RSumatoria	Sumatoria de modelos de distribución potencial de especies generados por Biomodelos	Biodiversidad
2	Remanencia	Rem	Porcentaje de coberturas naturales (según Corine Land Cover) remanentes por Unidad de Análisis.	Coberturas
3	Representatividad	Represen	Proporción de un ecosistema dentro del SINAP	Coberturas
4	Integridad Ecológica	Interg	Se refiere a un análisis del paisaje donde se	Coberturas

			tienen en cuenta 4 métricas: Tamaño de parche, área núcleo, forma y proximidad al vecino más cercano. La integridad es para parches de cobertura natural.	
5	Conectividad	Conect	Análisis de nodos y potenciales corredores de conectividad según la resistencia que generan las coberturas vegetales.	Coberturas
6	Oferta Hídrica	OfH	La disponibilidad de agua superficial	Servicios Ecosistémicos
7	Regulación Hídrica	RegH	Áreas que permiten la retención y flujo de agua superficial	Servicios Ecosistémicos
8	Biomasa aérea de carbono	BioAe	Cantidad de biomasa de carbono retenida por el dosel o foliage	Servicios Ecosistémicos
9	Biomasa de carbono en suelo	BioSue	Cantidad de biomasa de carbono retenida por el suelo y hojarazca	Servicios Ecosistémicos
10	Retención de Sedimentos	Reten	Capacidad del sistema en retener sedimentos, evitar erosión.	Servicios Ecosistémicos
11	Tasa de cambio	Tcambio	Porcentaje de cambio por Unidad de Análisis de coberturas naturales (2007) a coberturas seminaturales y transformadas (2012).	Coberturas
12	Sobreutilización del suelo	Sobreut	Áreas identificadas por la UPRA como sobreutilizadas. Es una relación entre la	Motor de pérdida

			vocación del suelo y el uso actual.	
13	Título minero	TitMin	Información de la ANM sobre los títulos actuales de minería presentes en el territorio.	Motor de pérdida
14	Solicitudes Mineras	SolMin	Información de la ANM sobre solicitudes de minería para el territorio.	Motor de pérdida
15	Vías	Vías	Red vial actual y futura para la interconexión de la región.	Motor de pérdida
16	Represas	Rep	Número de represas presentes en las SZH de la región.	Motor de pérdida
17	Cambio en la temperatura	CmbTemp	Escenarios de cambio de la temperatura de la región (Cambios altos corresponden tanto a mayores o menores temperaturas).	Cambio Climático
18	Cambio en la precipitación	CmbPrec	Escenarios de cambio en la precipitación en la región (valores altos corresponden a aumento o disminución de la cantidad de agua precipitada).	Cambio Climático
19	Susceptibilidad remoción	SuscRem	Susceptibilidad del territorio a remociones en masa.	Vulnerabilidades
20	Susceptibilidad a incendios	SuscInce	Susceptibilidad del territorio a incendiarse	Vulnerabilidades
21	Susceptibilidad a inundación	SuscInund	Susceptibilidad del territorio a estar inundado durante	Vulnerabilidades

			algunos meses del año o en casos anormales climáticos.	
22	Susceptibilidad a Desertificación	SuscDesert	Susceptibilidad del territorio a procesos de desertificación y erosión.	Vulnerabilidades
23	Parques Nacionales y Regionales	PNN	Presencia de PNN y PRN	Determinantes
24	Otras AP	OtrasAP	Presencia de otras categorías de AP dentro del SINAP y Resnatur	Determinantes
25	Reservas Forestales	RF	Presencia de Reservas Forestales de la Ley 2 de 1959 y del Decreto 2278 de 1953	Determinantes
26	PNGIBSE	PNGISBE	Política Nacional para la Gestión de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, como herramienta.	Políticas
27	Plan Nacional de Restauración	PNRest	Plan Nacional de Restauración, como herramienta guía de la identificación de áreas potenciales de restauración y el cumplimiento de Metas Aichi.	Políticas
28	Gobernanza	Gob	Gobernanza del territorio por parte de las comunidades locales	Políticas
29	Postconflicto	Post	Acuerdos firmados para el Postconflicto	Políticas

			referentes al uso de tierra, Zidres y demás que involucren la ampliación de la frontera agrícola.	
--	--	--	---	--

Interacciones entre las variables

La calificación de las interacciones entre variables (0-3 siendo 3 la interacción más fuerte) se realizó con la ayuda de investigadores del Instituto Humboldt, que de manera independiente calificaron la matriz, para luego ser compiladas y consensadas en una última calificación.

La evaluación de las relaciones entre variables, y los análisis de los vínculos entre biodiversidad, funcionalidad ecosistémica, servicios ecosistémicos, y calidad de vida, son siempre muy débiles en procesos de diseño e implementación de políticas (IPBES 2016), es por esto que este análisis como parte de la elaboración del Modelo de Estado y Tendencias de la Biodiversidad, se hace indispensable.

La modelación de escenarios tanto de motores de cambio directos e indirectos, de servicios ecosistémicos, o de componentes del paisaje deben tener en cuenta estos vínculos entre variables, ya que permiten un mejor entendimiento de estas relaciones que componen un sistema socio-ecológico (IPBES 2016).

Identificación de las variables clave dentro del sistema

Los resultados arrojados por el software muestran una división de las variables en:

- **Variables de entrada**, entendidas como aquellas poco dependientes y que en gran manera determinan el funcionamiento del sistema. Estas se localizan en la parte superior izquierda de la Figura 55. Y corresponden a: la **PNGIBSE** (2012) como política reguladora de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, que si es bien aplicada podría o debería mantener los niveles de equilibrio en los componentes del sistema ecológico del área de influencia del PHI; **PNN** variables que reúne a las figuras de Parques Nacionales y Regionales Naturales, como figuras de conservación máximas dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Su carácter de preservación de la biodiversidad se ha encargado en gran medida de proteger la biodiversidad, mantener las coberturas naturales, la prestación de servicios ambientales y de limitar las actividades antropogénicas que ponen en riesgo el equilibrio de los sistemas ecológicos; **Otras Áreas Protegidas**, que hace referencia a aquellas otras categorías de AP que estén registradas en el Registro Único de Áreas Protegidas – RUNAP – estas aunque con menos restricciones que aquellas áreas incluidas en la variable anterior, han permitido la

conservación de ecosistemas, especies y funciones ecológicas; **Títulos y Solicitudes Mineras**, esta variables toma relevancia en un área donde la minería ha sido una actividad en la región, de carácter social, cultural y económica por más de 500 años. Tanto los títulos (actuales) como las solicitudes (futuras) han modificado el territorio y han influenciado de manera negativa la remanencia ecosistémica, acelerado la tasa de transformación y puesto en jaque la provisión de servicios ecosistémicos como la oferta y regulación hídrica, y la retención de sedimentos, reduciendo la resiliencia de los ecosistemas.

- Variables de regulación, son aquellas que participan en el funcionamiento normal del sistema, y se ubican en la parte central del plano cartesiano. Sin embargo, para este caso, ninguna de las variables evaluadas se ubicó en esta parte central.
- Variables de salida, corresponden a las variables influentes y dependientes del sistema. Son conocidas como variables resultado, y se ubican en la parte superior derecha del plano. Son de naturaleza inestables, y se corresponden con los retos del sistema. Su carácter de dependientes hacen que perturben el sistema. Las identificadas para el área de influencia del PHI, fueron: **Plan Nacional de Restauración** (MADS 2015), como política o figura legal de restauración de los ecosistemas y las coberturas naturales del área de interés. La alta degradación de las coberturas naturales, las bajas remanencias y las actividades antrópicas, son las que jalonan la necesidad de formulación de los planes de restauración, una variable imprescindible para alcanzar el equilibrio ecosistémico de la zona y restaurar la resiliencia cuando se ha perdido. Esta variable fue evaluada de manera que las características del paisaje son las que condicionan su implementación, sin embargo su implementación también influye a las variables caracterizadoras del paisaje. Las otras variables como **Integridad ecológica, Remanencia y tasa de cambio**, también son consideradas como variables dependientes, estas variables están asociadas a las coberturas de la tierra y altamente relacionadas. Las altas tasas de deforestación, el aumento de la frontera agrícola y pecuaria, la minería y las obras de infraestructura, han afectado la existencia de coberturas naturales, transformado el paisaje y a su vez de manera indirecta puesto en riesgo la provisión de servicios ecosistémicos que tienen lugar en estas mismas coberturas de bosques, herbazales, cuerpos de agua, y demás de tipo natural.

El resto de las variables ubicadas en los otros cuadrantes del plano, presentan diferentes niveles de dependencia e influencia como se ve en la figura 55.

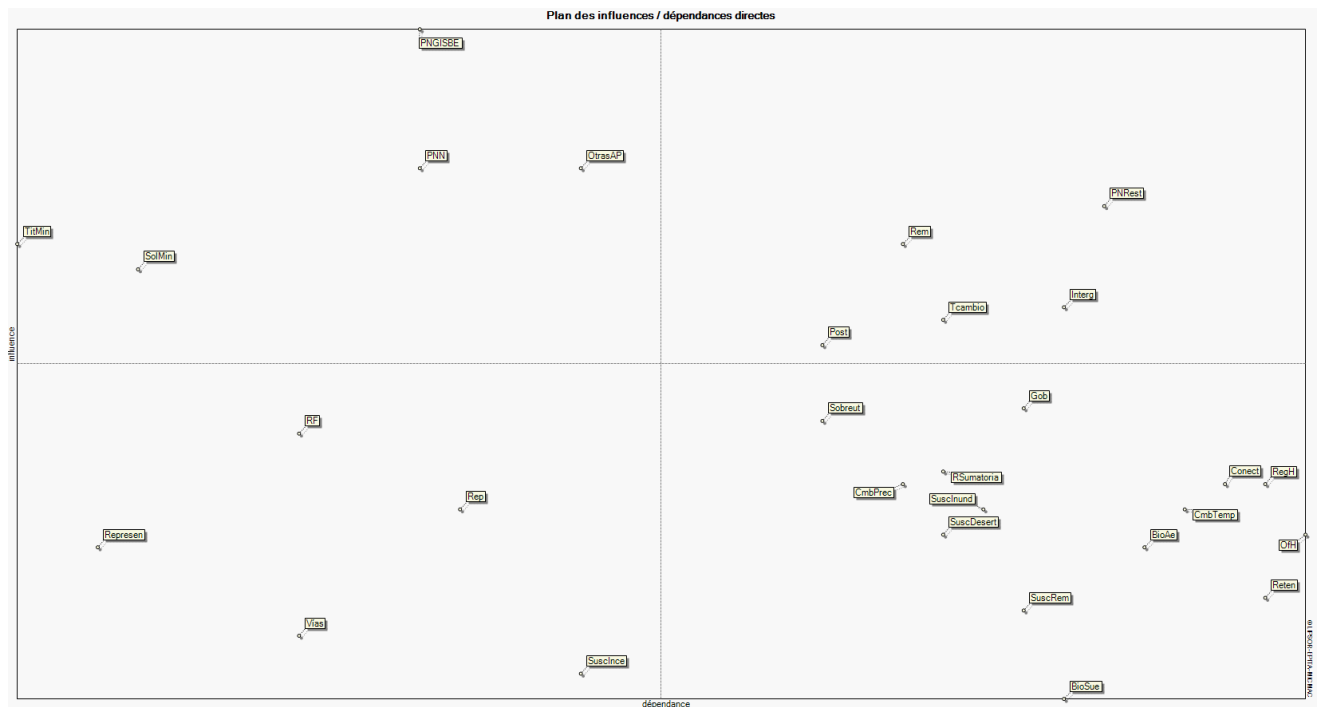


FIGURA 55 MAPA DE INFLUENCIA Y DEPENDENCIA DE ALGUNAS VARIABLES ESTRUCTURALES DEL SISTEMA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PHI. EL CUADRANTE SUPERIOR IZQUIERDO CORRESPONDE A LAS VARIABLES DE ENTRADA Y EL CUADRANTE SUPERIOR DERECHO AL DE VARIABLES DE SALIDA.

Analizando solo las variables que sobresalieron en el análisis estructural general, y reconocidas como clave dentro del sistema, se puede ver en la siguiente figura (figura 56), las relaciones entre aquellas consideradas de entrada (o independientes o influyentes) y las de salida (o dependientes). Este gráfico muestra más claramente lo que se había descrito anteriormente, y se ve como las variables de Remanencia, Integridad y Tasa de cambio son aquellas que son influenciadas por otras, en este caso por la **PNGIBSE, Determinantes ambientales y aquellas relacionadas con la Minería**. Cuando estos resultados se ven a la luz de los resultados presentados en el Índice de Estado de conservación del paisaje, al igual que el de Probabilidad de Colapso, se ve como los Páramos, que son ecosistemas estratégicos, cubiertos por la ley, son las Unidades de Análisis Territorial, con los mejores estados de conservación, respecto a aquellas otras que no tienen ninguna figura legal que las cubija.

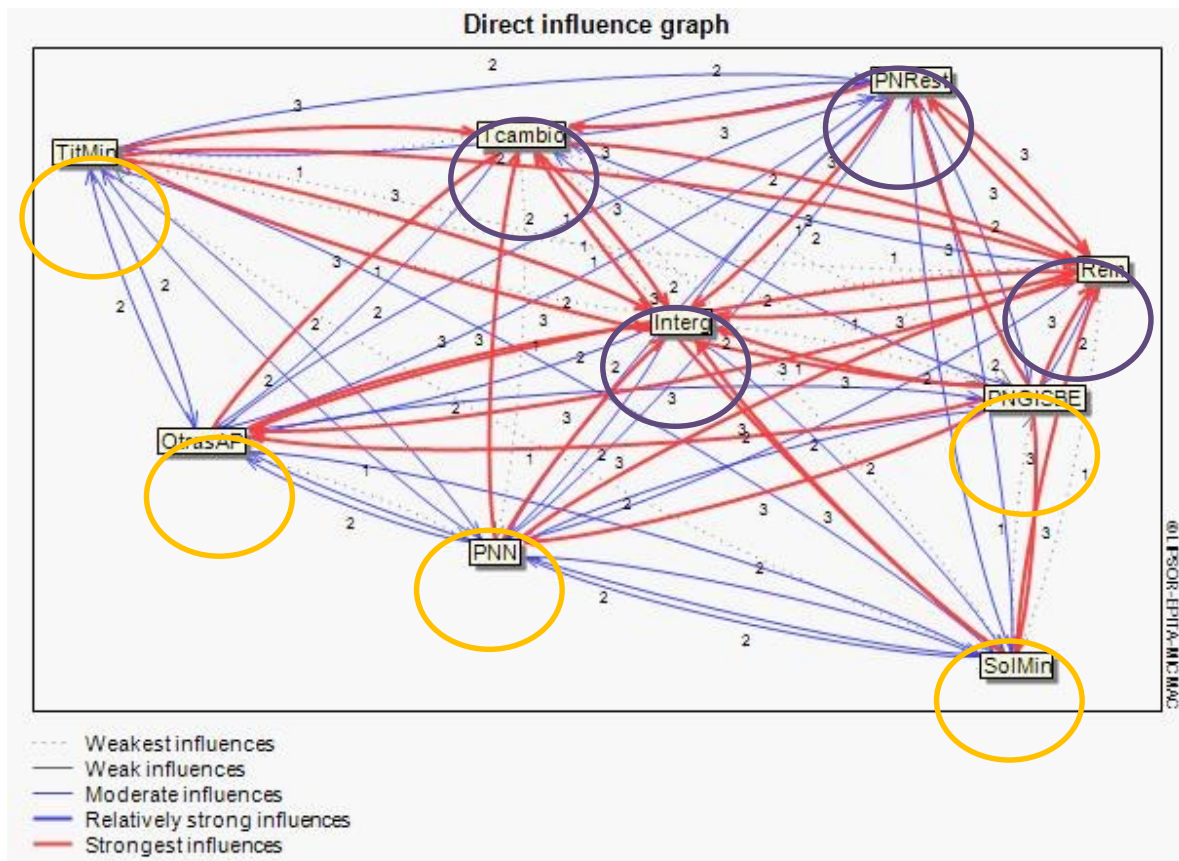


FIGURA 56 GRÁFICA DE INFLUENCIA DE VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA PRINCIPALES PARA EL SISTEMA DEL PHI. EN ROJO SE PRESENTA UNA RELACIÓN FUERTE ENTRE VARIABLES Y EN AZUL RELATIVAMENTE FUERTE, EN GRIS INTERMITENTE SE PRESENTA UNA RELACIÓN DÉBIL ENTRE VARIABLES. EN CÍRCULOS NARANJAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES E INFLUYENTES, EN CÍRCULOS VERDES LAS VARIABLES DEPENDIENTES IDENTIFICADAS COMO ESTRUCTURANTES DEL SISTEMA.

Según Laurance y colaboradores (2012), muchas áreas protegidas (importantes determinantes ambientales) se están convirtiendo en los refugios finales de especies amenazadas y procesos ecológicos clave para la generación de servicios ecosistémicos. Es por esta razón que cambios en el uso del suelo, que conlleven a la deforestación y a la transformación de coberturas naturales, tanto dentro de estas áreas como en sus alrededores, pueden llevar a la degradación de los hábitats y por ende contribuir a la pérdida imparable de biodiversidad que está teniendo lugar en Colombia y el mundo.

El programa MICMAC, permite ver el 100% de las relaciones, visualización en la pantalla que hace prácticamente imposible determinar tendencias, ya que se generan muchas líneas entre variables y dificulta su interpretación. Sin embargo el programa permite escoger el porcentaje de

relaciones que se quiere ver. En este caso se escogió, ver el 10% de las relaciones entre todas las variables, lo que significa, que se mostrarán las relaciones más fuertes entre variables. Al hacer esta selección se ven tendencias de influencias desde y hacia algunas otras variables que habían sobresalido como estructurantes del sistema (figura 55 y 56). En esta figura (Figura 57) sobresalen las variables de **Postconflicto** y **Gobernanza** como otras variables dependientes, sin embargo estas variables funcionan de manera cíclica, ya que dependen tanto de las condiciones del territorio para su modelación, como a su vez son modeladoras del territorio. Las comunidades locales manejan sus recursos y territorio según lo disponible en él, a la vez que ese manejo y uso transforma al mismo, lo mismo ocurre con el Postconflicto, las acciones a implementar en los municipios priorizados dependerán en gran medida de las características físicas del territorio, a la vez que de la disponibilidad de recursos, y así mismo, las nuevas políticas de esta fase modelarán de manera ya sean negativa o positiva la biodiversidad local, esto dependerá de su correcta implementación. En estas gráficas, las flechas salientes de una variable significa que son influyentes, y las entrantes, dependientes.

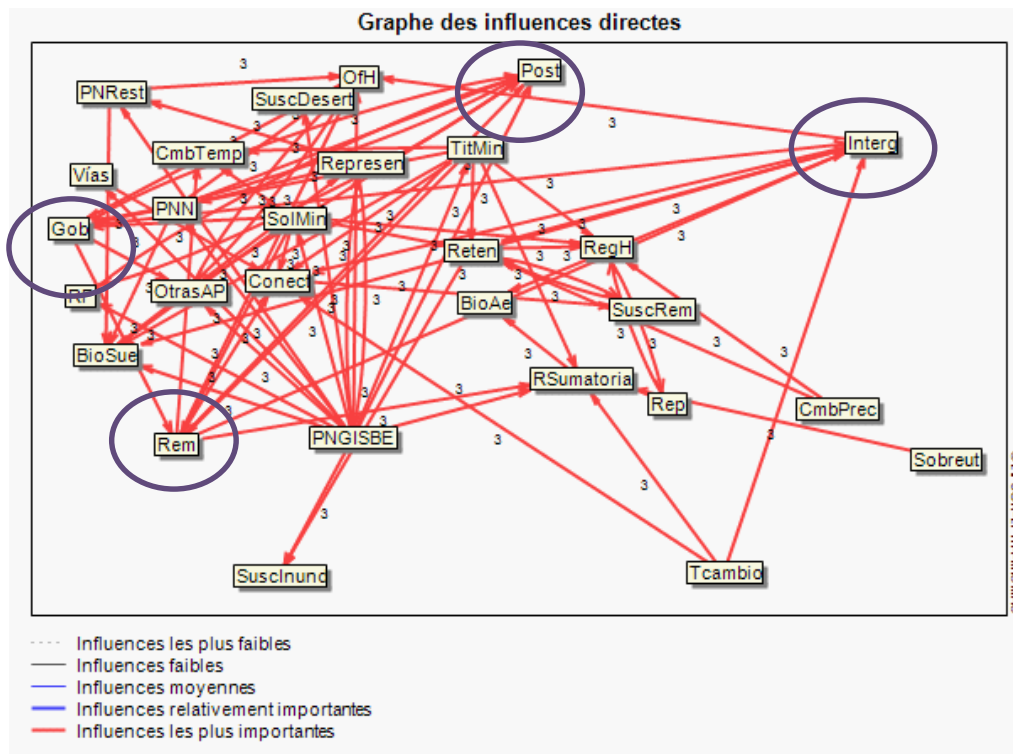


FIGURA 57 GRÁFICA DE RELACIÓN ENTRE VARIABLES Y SU NIVEL DE INFLUENCIA (SOLO SE MUESTRA EL 10% DE LAS RELACIONES). EN ROJO SE PRESENTA UNA RELACIÓN FUERTE ENTRE VARIABLES. EN CÍRCULOS VERDES LAS VARIABLES DEPENDIENTES.

Al analizar los resultados sin incluir las variables de Determinantes ambientales (SINAP) o instrumentos de política (PNGIBSE, Plan Nacional de Restauración), se ve lo estrechas que son las interacciones entre los demás elementos (biodiversidad, paisaje, motores de transformación, motores climáticos, vulnerabilidades). Al hacer un nuevo análisis (Figura 58), donde no se incluyeron ni Determinantes Ambientales, ni las Políticas, figuran como variables Independientes o influentes, las relacionadas con la **Minería** (Títulos y Solicitudes), percibidas como aquellas altamente modeladoras del socio-ecosistema. Como variables dependientes, continúan apareciendo aquellas relacionadas con el uso y transformación de las coberturas de la tierra, pero aparece y sobresale la **Regulación hídrica**, también muy asociada al estado de las coberturas de la tierra (figuras 58, 59).

Aunque estos resultados no nos muestran si las variables independientes (Títulos y Solicitudes Mineras) tienen una influencia negativa o positiva sobre las variables dependientes (Remanencia ecosistémica, tasa de cambio, regulación hídrica, conectividad, Integridad ecológica), es muy fácil hacer el análisis. La presencia de títulos y solicitudes mineras en el territorio, influye de manera negativa la permanencia de coberturas vegetales, la provisión de servicios ecosistémicos y aumenta la susceptibilidad del territorio a incendios, remociones en masa, inundaciones y demás debido a la degradación tan profunda que causa al suelo y las aguas. La pérdida de cobertura natural, muestra ser el punto de cambio en los ecosistemas (Laurance *et al.*, 2012).

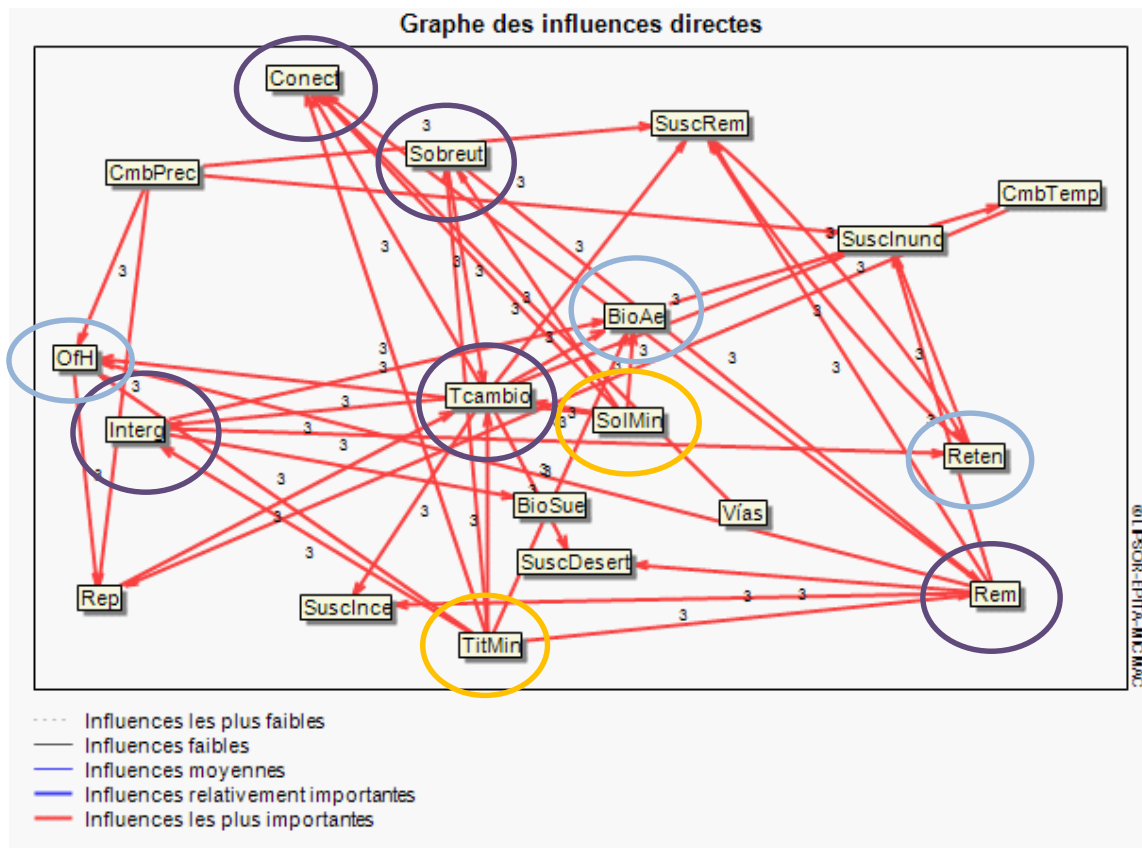


FIGURA 59 GRÁFICA DE RELACIÓN ENTRE VARIABLES Y SU NIVEL DE INFLUENCIA (SOLO SE MUESTRA EL 10% DE LAS RELACIONES). EN ROJO SE PRESENTA UNA RELACIÓN FUERTE ENTRE VARIABLES. NO SE INCLUYEN LAS VARIABLES DE DETERMINANTES Y POLÍTICAS AMBIENTALES. LOS CÍRCULOS NARANJA LAS VARIABLES INDEPENDIENTES E INFLUYENTES, EN LOS CÍRCULOS VERDES SE REPRESENTAN A VARIABLES DEPENDIENTES RECONOCIDAS COMO ESTRUCTURANTES, EN CÍRCULOS AZULES OTRAS VARIABLES DEPENDIENTES DE AQUELLAS DENTRO DE LOS CÍRCULOS VERDES Y NARANJAS

En cuanto a cómo las variables dependientes principales (Remanencia, Tasa de Cambio, Integridad) influyen o tienen efectos sobre otras variables, es claro ver cómo estas variables asociadas al estado del paisaje, influyen de manera importante la provisión de servicios ecosistémicos, la condición del paisaje, y pueden ser reguladoras de eventos climáticos. En la Figura 60, se ve como la **Remanencia de coberturas naturales y la Integridad ecológica, tienen una fuerte influencia sobre la oferta hídrica y el stock de carbono aéreo, la riqueza de especies, la conectividad ecosistémica y los cambios en temperatura y precipitación, considerados motores climáticos de cambio.** Queda claro de esta manera, que la presencia

de coberturas naturales, ya sean Bosques, herbazales, arbustales, etc., y su patrón dentro del paisaje, son indispensables en el territorio, ya que gran parte del equilibrio ecosistémico y del correcto funcionamiento del socio-ecosistema depende de esto. Es necesario enfocar esfuerzos de conservación asociados a la restauración ecológica de los ecosistemas tanto secos como húmedos, de mejorar los valores de integridad de parches aislados y pequeños en donde se pone en riesgo la supervivencia de las especies que lo componen; es clave enfocarse en la restauración de áreas riparias que juegan un papel preponderante en la regulación y oferta hídrica, y el control de sedimentos, además de ser indispensables como corredores ecológicos. Por otro lado hay que seguir protegiendo aquellos grandes parches de coberturas naturales, dentro y fuera de figuras de protección de orden Nacional y Regional, que son clave para mantener especies de fauna y flora de gran valor ambiental, social y económico de esta región del país.

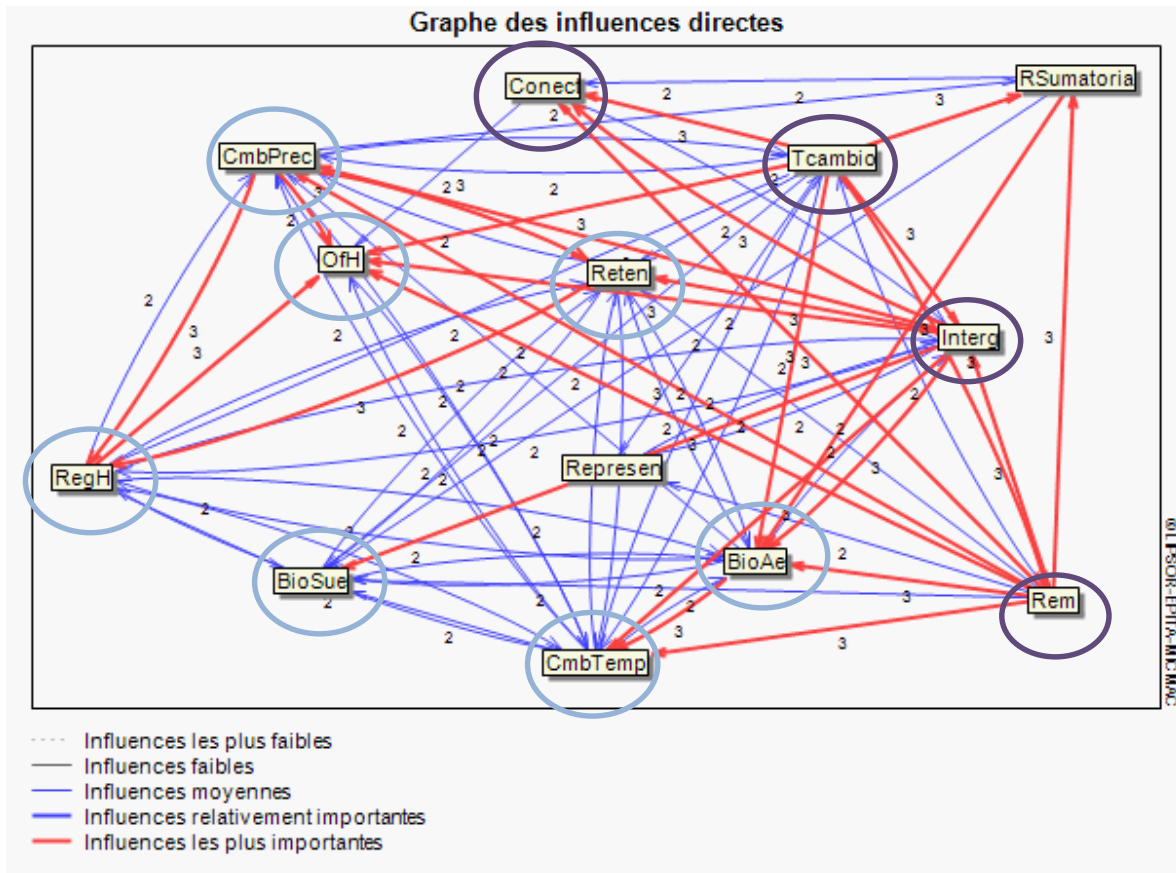


FIGURA 60 FIGURA QUE MUESTRA LAS RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES DEPENDIENTES. EN CÍRCULOS VERDES LAS VARIABLES DEPENDIENTES ESTRUCTURANTES Y EN CÍRCULOS AZULES LAS

VARIABLES DEPENDIENTES DE ESTAS ESTRUCTURANTES. LAS FLECHAS ROJAS MUESTRAN RELACIONES FUERTES ENTRE VARIABLES Y LAS FECHAS AZULES, MUESTRAN RELACIONES MODERADAS ENTRE VARIABLES

Generación de escenarios de cambio para el área de influencia del proyecto (y efectos en la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos)

Escenario: se entiende como “representaciones de futuros posibles para uno o más componentes de un sistema. (...) los escenarios ocurren al haber cambios en los motores de transformación que afectan la naturaleza y/o sus beneficios, o transformaciones en las políticas o planes de manejo de la naturaleza...” (IPBES 2016).

El entender el sistema, sus componentes y las relaciones de dependencia o no, permite formular posibles escenarios de cambio para el territorio de influencia del PHI. Los escenarios son manifestaciones y expresiones posibles del territorio que dependen de acciones de manejo del mismo y que pueden plantearse desde diferentes puntos: (1) efectos debido a cambios en las amenazas o motores de transformación indirectos, que incluyen intervenciones en políticas y regulaciones, o sobre cambios en amenazas directas (deforestación, cambio de uso del suelo, etc); (2) cambios directos sobre elementos del sistema ecológico (biodiversidad y ecosistemas); (3) cambios en la provisión de servicios ecosistémicos que benefician a los pobladores locales (IPBES 2016).

Un beneficio de proponer escenarios es que es posible dilucidar como los diferentes actores con injerencia en el territorio pueden contribuir a alcanzar las metas de país (Aichi, 20-20, ODS, PNGIBSE), a reducir la pobreza, entre otros, al igual que es posible entender cuáles son esas variables sensibles y determinantes, y su importancia dentro de la formulación de estrategias de gestión integral del territorio, y su incidencia a corto, mediano o largo plazo.

Para el área de influencia del PHI, se plantearon 3 escenarios posibles, que involucran la aparición de un nuevo embalse (PHI), el cumplimiento de obligaciones de compensación por pérdida de biodiversidad (compra de predios y restauración), la implementación del Plan Nacional de Restauración (en áreas fuera del área de influencia directa), y el aumento de motores de transformación del territorio que modifican las coberturas de la tierra (expansión de la frontera agrícola).

Escenario 1 – HAY CONSTRUCCIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA Y LA EMPRESA (EPM) CUMPLE CON LA COMPENSACIÓN AMBIENTAL OBLIGATORIA (17.000 ha) Y VOLUNTARIA Y HAY UNA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL TERRITORIO.

Implicaciones: Las amenazas actuales al territorio y su biodiversidad se mantienen (no aumentan) y se cumple de forma adecuada el modelo de gestión del territorio (MIT).

Comentarios: Se espera contribuir con la mejora en los valores de remanencia ecosistémica, la integridad ecológica de parches pequeños y aislados, mejorar la conectividad estructural y funcional de los ecosistemas, contribuir con la disminución de los impactos del cambio climático en especial aumento en las precipitaciones, reducir las susceptibilidades del territorio, aumentar la biodiversidad de fauna y flora, dar opciones económicas a las comunidades locales. Todo esto con énfasis en la zona de influencia directa del PHI. Hay cumplimiento de las normas y determinantes ambientales por parte de los demás actores del territorio.

Explicación: Con la compra de predios para la protección de parches de bosques naturales, y la restauración de ecosistemas aumentará la cobertura natural, lo que mejorará la remanencia, integridad ecológica, conectividad y resiliencia de la región.

Según Nelson y colaboradores (2009), los escenarios basados en cambios en la cobertura vegetal y el uso del suelo, demuestran cambios en los servicios hidrológicos, conservación de suelo, almacenamiento de carbono, conservación de la biodiversidad, al igual que impactan la producción de materia prima que hace parte de los mercados locales (alimentos, madera, etc). Al hablar de una *gestión sostenible del territorio*, se habla de la implementación de acciones de restauración ecológica. Las áreas a restaurar son aquellas áreas propuestas en el Modelo de Estado del presente trabajo, y que coinciden con las áreas a restaurar propuestas en el Plan Nacional de Restauración generado por el MADS.

Escenario 2 - HAY CONSTRUCCIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA Y LA EMPRESA (EPM) CUMPLE CON LA COMPENSACIÓN AMBIENTAL OBLIGATORIA (17.000 ha), SIN EMBARGO NO HAY UNA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL TERRITORIO.

Implicaciones: Las amenazas actuales al territorio y su biodiversidad continúan en aumento, no hay un cumplimiento adecuado del modelo de gestión del territorio (MIT), solo por parte de la empresa se compran predios para sumar las hectáreas necesarias para su compensación por pérdida de biodiversidad.

Comentarios: Aunque se crea que es posible mejorar las condiciones de remanencia, integridad, conectividad, etc., las amenazas existentes (con énfasis en la expansión de la frontera agrícola) siguen en aumento desmejorando las condiciones del territorio y de alguna manera desequilibrando las acciones implementadas por la empresa. Es posible ver mejoras en las áreas directas de impacto de la represa, pero fuera de estas áreas las condiciones ambientales se debilitan. No se cumplen las normas y determinantes ambientales en el territorio.

Explicación: Se ponen en riesgo las coberturas naturales fuera de las áreas de protección, al igual que los procesos de restauración. El área tiende a mejorar en algunas zonas y a desmejorar en otras, lo que pone en riesgo a todo el sistema. Se hace necesaria la planeación integral del territorio.

Escenario 3 – HAY CONSTRUCCIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA Y LA COMPENSACIÓN AMBIENTAL OBLIGATORIA DE 17.000 ha. NO SE REALIZA DE LA MANERA CORRECTA Y SUMADO NO HAY UNA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL TERRITORIO.

Implicaciones: Las amenazas actuales al territorio y su biodiversidad continúan en aumento, no hay un cumplimiento adecuado del modelo de gestión del territorio (MIT), y además aunque la compensación obligatoria se ejecutó, está no fue exitosa por cuestiones de metodologías, manejos e intervenciones externas (no hay control del uso y aprovechamiento de los predios adquiridos y aumenta la frontera agrícola dentro de esas áreas y hay pérdida de las coberturas naturales remanentes del Bosque Seco Tropical).

Comentarios: Aunque existe una gran incertidumbre en los procesos de compensación por pérdida de biodiversidad, el éxito de su implementación radica en su correcta planeación, y contemplación de diferentes escenarios y planes de contingencia. En cuanto a la Restauración como estrategia necesaria para el territorio, su éxito dependerá de una metodología apropiada para la zona de estudio, y de la contingencia de factores externos como la falta o exceso de agua, que puedan poner en riesgo la actividad.

Por otro lado, la represa se convierte en una gran amenaza para la región, transformado el territorio y sumándose a las amenazas ya existentes. Se pone en riesgo la integridad y conectividad ecosistémica de los ecosistemas húmedos y secos intervenidos. Aumenta la deforestación de coberturas naturales, hay impacto directo sobre la provisión de servicios ecosistémicos. Se pone en riesgo la viabilidad del PHI. No se cumplen las normas y determinantes ambientales en el territorio.

Explicación: Al continuar con los procesos de deforestación, cambios de uso del suelo, se pone en riesgo la prestación de servicios ambientales vitales como, la regulación y oferta hídrica y la retención de sedimentos estos indispensables para las poblaciones locales y para el funcionamiento de la Hidroeléctrica.

Los diferentes escenarios que se presentan, intentan dar al tomador de decisión, a las autoridades ambientales y demás actores con injerencia en el territorio, información suficiente, que permita además de entender las consecuencias de ciertas acciones, una base para comenzar cambios paradigmáticos que permitan un mejor uso del territorio, y conciliar acciones de conservación de la biodiversidad con las de desarrollo para buscar una mejoría en la calidad de vida de las poblaciones locales (Leadley et al., 2010).

RESULTADOS ESCENARIOS

Los diferentes escenarios se consideraron en solo algunos de los análisis hechos para el Modelo de Estado presentado anteriormente. A continuación se presentarán los resultados a la luz de: la remanencia ecosistémica, tasa de cambio, integridad ecológica y el Índice de Estado de Conservación del paisaje, y por su parte el Índice de probabilidad de colapso de la biodiversidad.

Índice del Estado de Conservación del paisaje

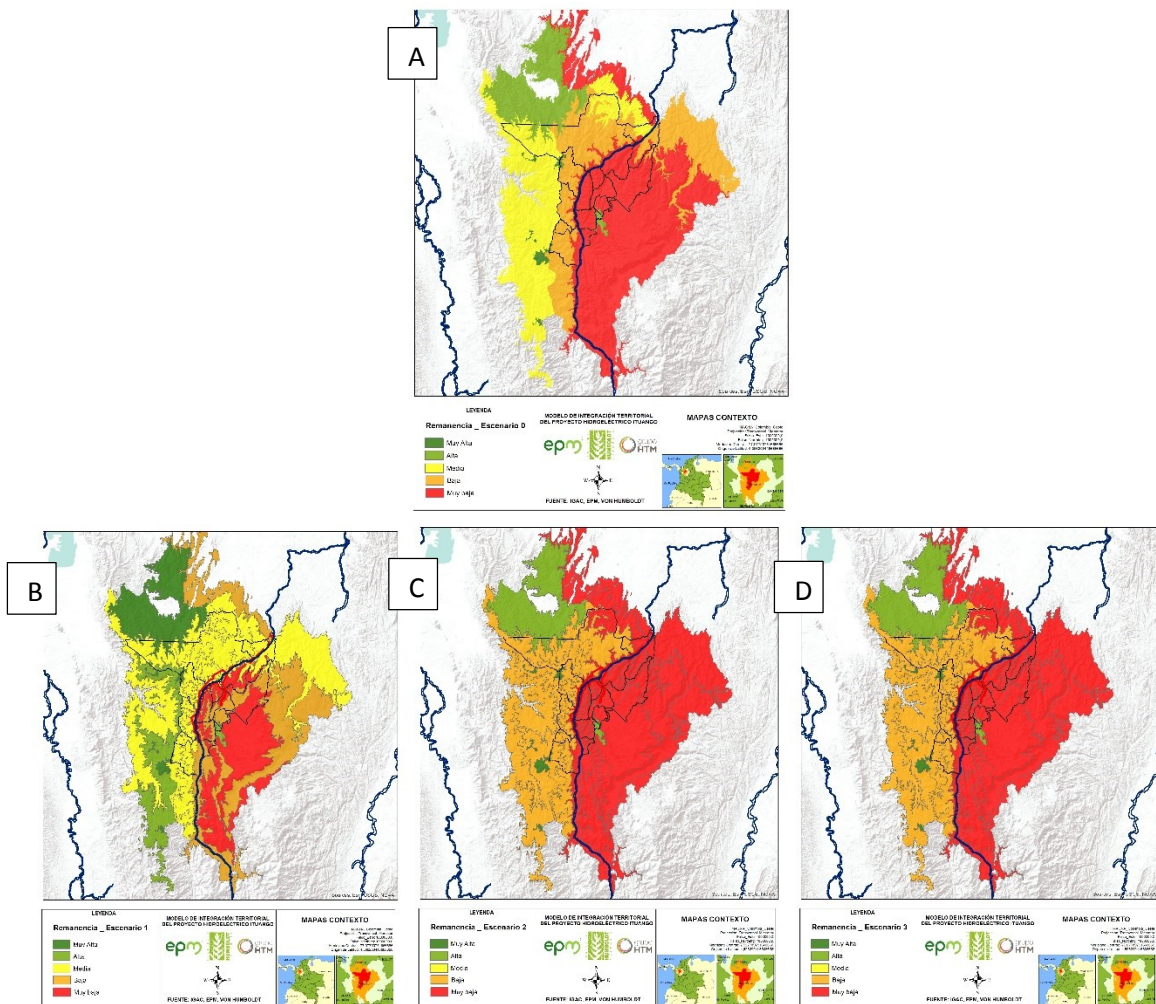
Se seleccionaron 3 variables que componen este Índice para la ejemplificación de los escenarios: Remanencia ecosistémica, Tasa de cambios e Integridad ecológica.

Remanencia Ecosistémica

A continuación se presenta el Mapa 64 (A, B, C, D), donde se ven los resultados de remanencia ecosistémica para el MET (Escenario 0), y para los Escenarios 1, 2 y 3. Es claro ver como con respecto al Escenario 0, el Escenario 1, que representa un futuro más positivo, muestra una mejoría para el territorio. Las Unidades de Análisis (ecosistemas proxy) del margen izquierdo del Río Cauca, pasan de tener remanencias bajas a tener remanencias medias, al igual que la UAT Zonobioma Alternohígrico y/o subxerófito del estrecho del Cauca (Bosque Seco Tropical), que pasa de tener una Muy Baja remanencia a una Baja (Figura 61). La restauración de ecosistemas naturales siguiendo los lineamientos del MADS, y la compensación por parte de la empresa, donde se preservan las coberturas naturales y se restauran las áreas con potencial de restauración dentro de los predios comprados por la empresa, sumado al NO aumento de tensores (con excepción de la aparición del embalse de Ituango), permiten que haya un aumento de coberturas naturales que se ve reflejado a nivel regional.

La figura 61, muestra claramente como para todas las Unidades de Análisis Territorial, hay una mejoría en el Escenario 1, con respecto al estado actual del territorio (Escenario 0).

Respecto a los escenarios 2 y 3, los valores en la remanencia por UAT son los mismos, y muestran como algunas de las UA que están actualmente con remanencias medias, pasarían a tener remanencias bajas y/o muy bajas. Las únicas remanencias que se mantienen altas y muy altas en estos escenarios corresponden a las zonas de Páramos y del área de PNN Paramillo. El aumento de una frontera agrícola, el no implementar acciones de conservación adicionales enfocadas en la restauración, traerán perjuicios a las coberturas naturales remanentes y por ende impactarán la integridad ecológica del paisaje y la prestación de servicios ecosistémicos que dependen de estas coberturas y de su estado.



MAPA 64 REMANENCIA ECOSISTÉMICA PARA A: ESCENARIO ACTUAL; B: ESCENARIO 1; C: ESCENARIO 2 Y D: ESCENARIO 3.

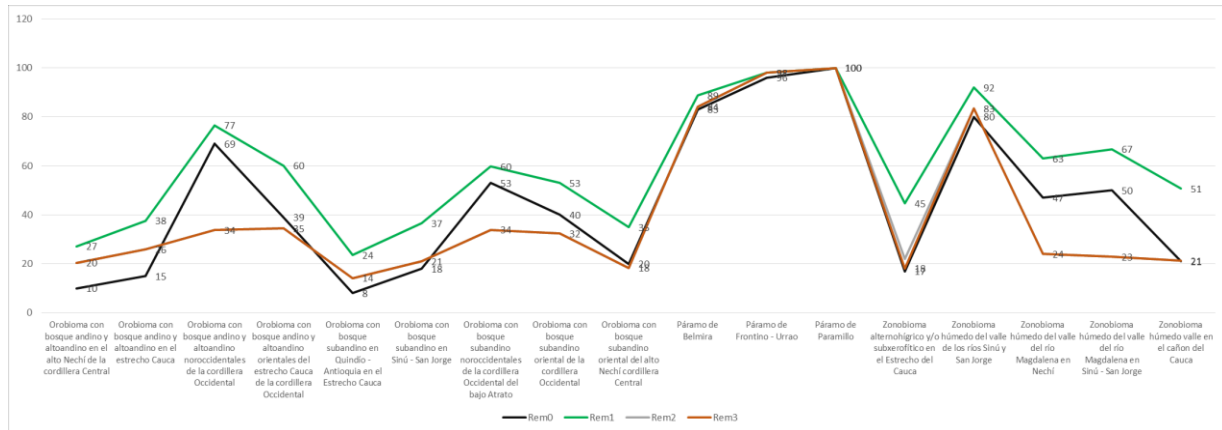
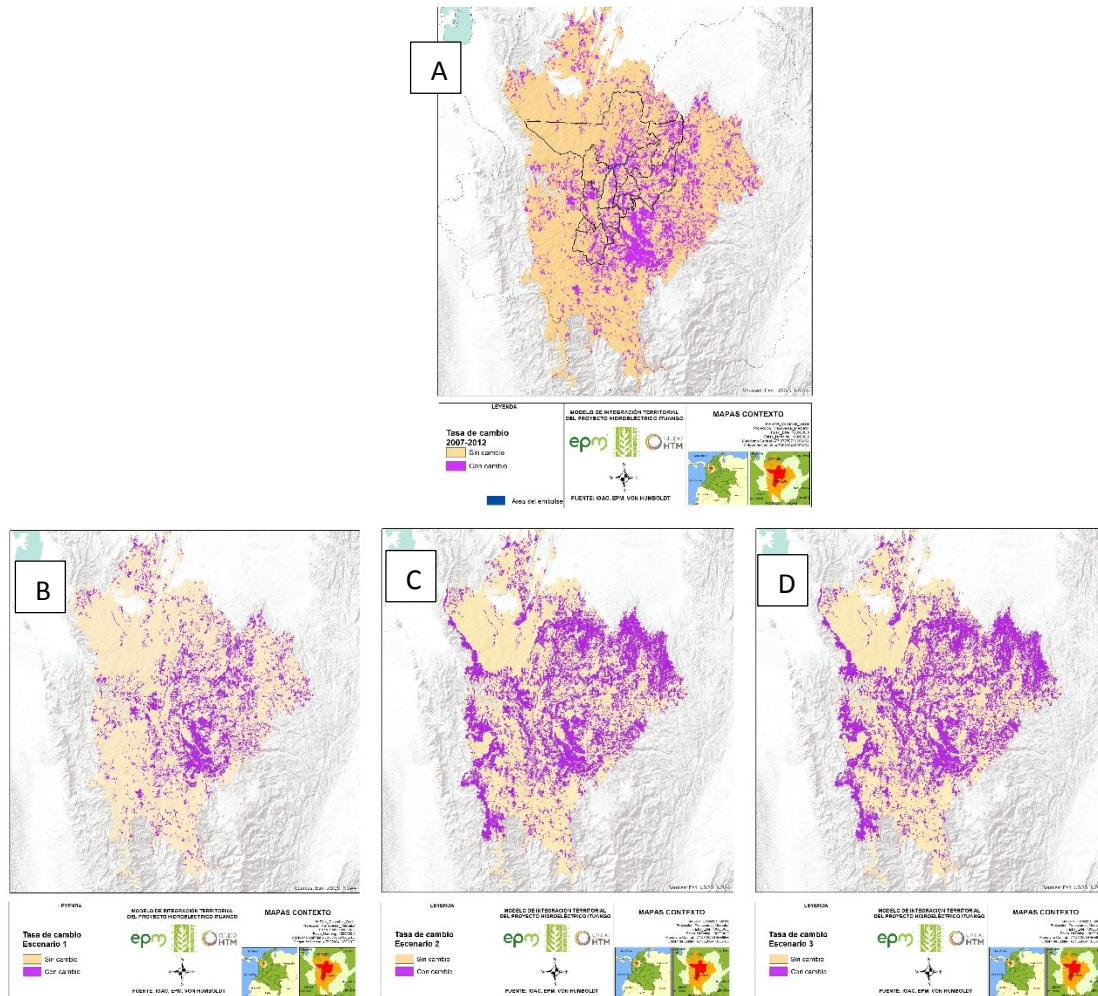


FIGURA 61 REMANENCIA ECOSISTÉMICA PARA CADA UNIDAD DE ANÁLISIS TERRITORIAL. REM 0: ESTADO ACTUAL; REM 1: ESCENARIO 1; REM 2: ESCENARIO 2; REM 3: ESCENARIO 3.

Tasa de Cambio

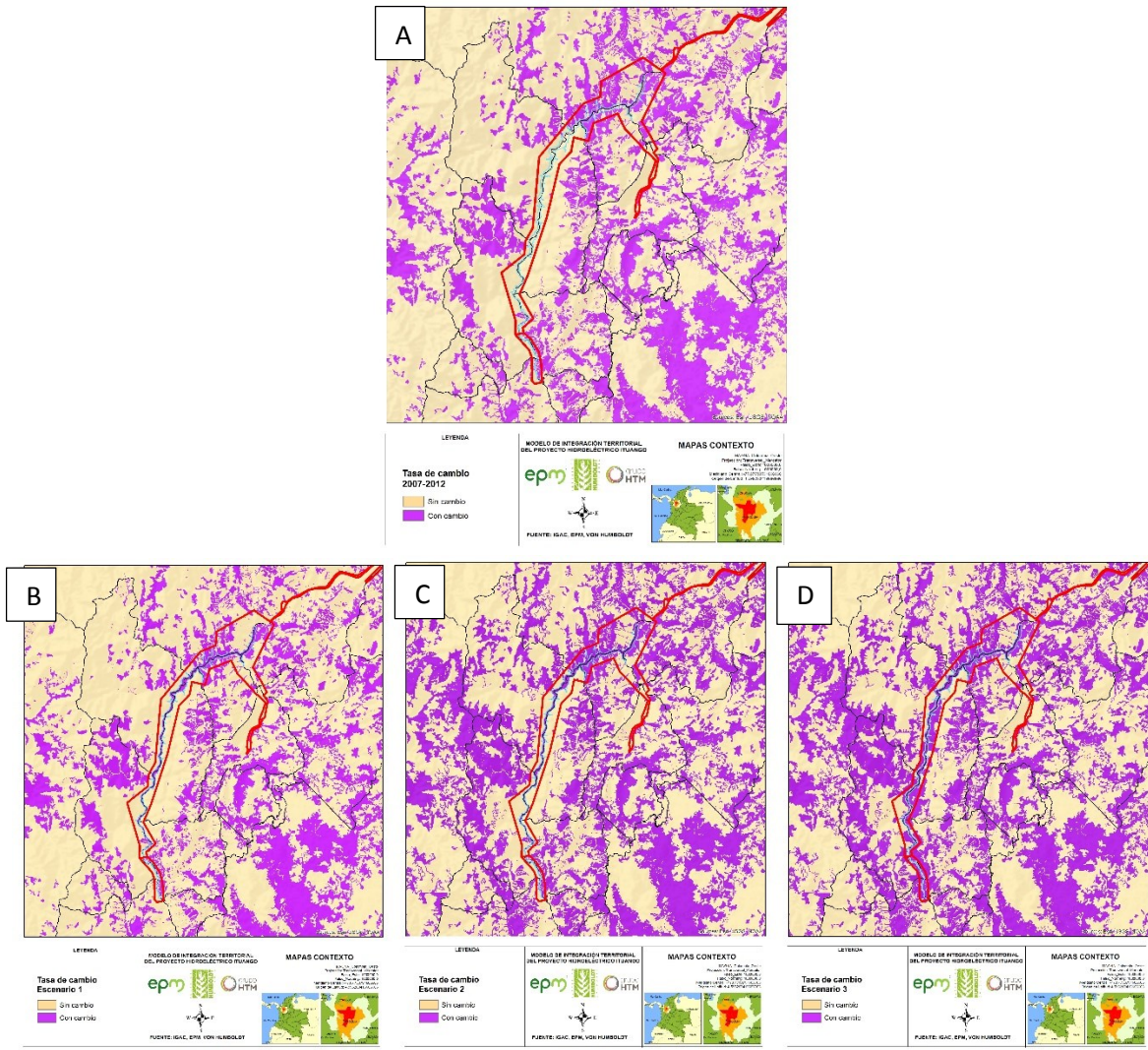
Este análisis considera los cambios dados tanto por mejora de las coberturas naturales, es decir aquellas áreas que estaban en categoría de transformadas o seminaturales y pasaron a naturales por acciones de restauración, y aquellas que estaban en estado seminatural o natural y pasaron a transformadas debido a un aumento en la frontera agrícola. A nivel de paisaje, hay un cambio notorio entre el Escenario 1 y los Escenarios 2 y 3, mostrándose en los últimos una pérdida sustancial de las coberturas naturales y un aumento de la transformación (Mapa 65 A, B, C, D).

En un acercamiento al área de influencia directa - AID (Mapa 66 A, B, C, D), se ve como no hay diferencias entre el escenario actual y el escenario 1, lo que muestra que con implementación de compensaciones y estrategias para la gestión integral del territorio, las coberturas de la tierra se mantienen, diferente a lo que se ve en los escenarios 2 y 3, donde hay un aumento considerable del territorio transformado, en el AID, lo que supone pondría en riesgo no solo los ecosistemas y coberturas que rodean el embalse, sino la oferta de servicios ambientales como la regulación hídrica y la retención de sedimentos, de suma importancia para el mantenimiento y operación del PHI. El escenario 3 muestra ser el más peligroso para la zona, mostrando una transformación considerable del territorio.



MAPA 65 TASA DE CAMBIO PARA A. EL ESTADO ACTUAL (2007-2012), EL ESCENARIO, B. ESCENARIO 1, C. ESCENARIO 2, D. ESCENARIO 3.

La figura 62, muestra los valores porcentuales de transformación de cada una de las UAT, en cada uno de los escenarios.



MAPA 66 TASA DE CAMBIO PARA A: EL ESCENARIO ACTUAL (2007-2012); B: ESCENARIO 1, C. ESCENARIO 2, D. ESCENARIO 3.

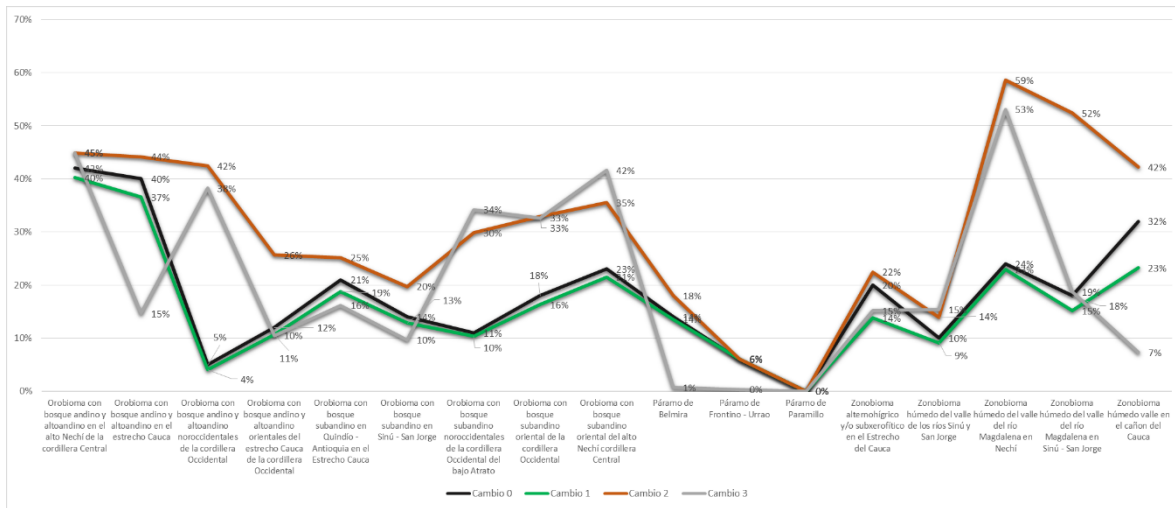


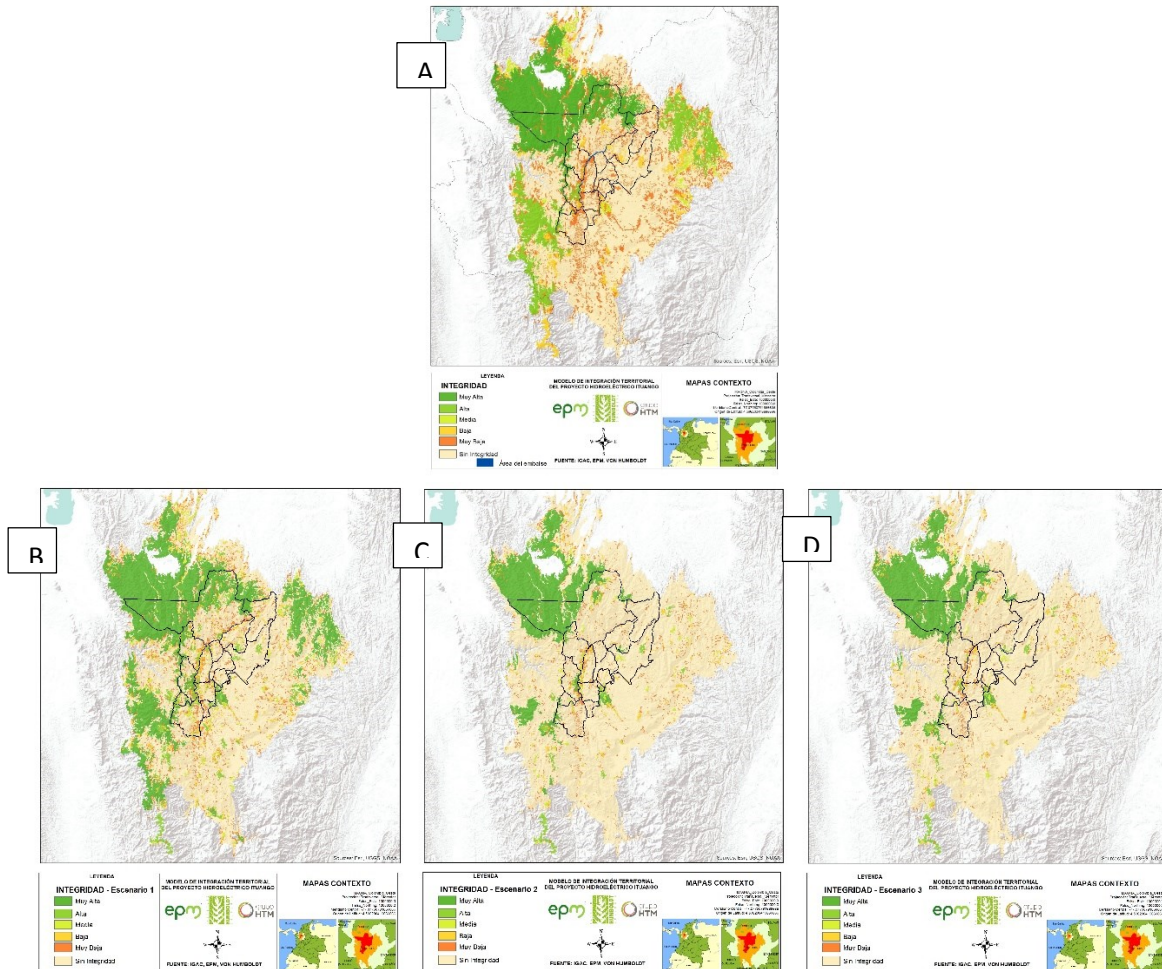
FIGURA 62 TASA DE CAMBIO (%) PARA CADA UNA DE LAS UAT EN CADA UNO DE LOS ESCENARIOS. CAMBIO 0 (ESCENARIO ACTUAL 2007-2012), CAMBIO 1 (ESCENARIO 1), CAMBIO 2 (ESCENARIO 2), CAMBIO 3 (ESCENARIO 3).

Integridad ecológica

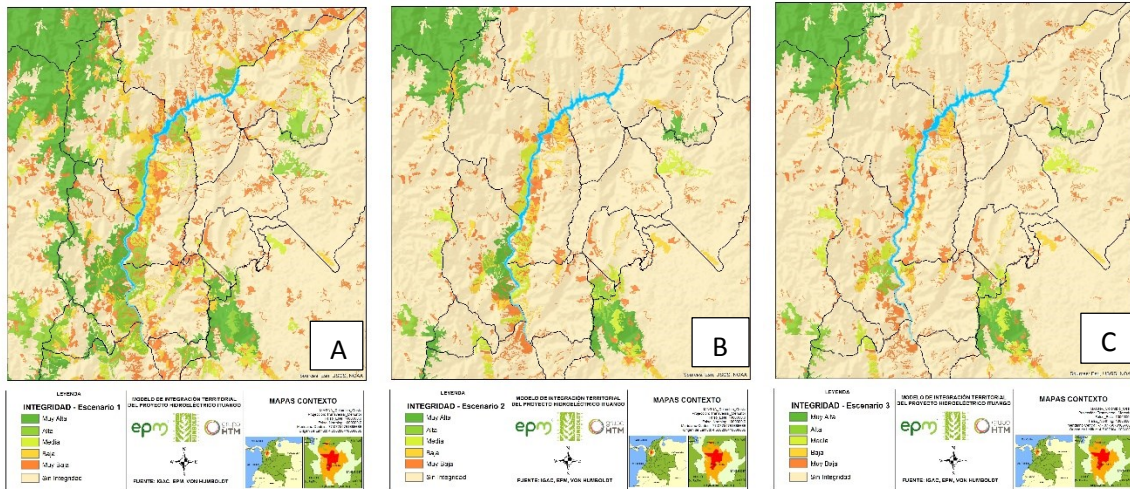
Se calculó nuevamente los valores de integridad ecológica, para cada uno de los parches naturales para cada uno de los escenarios propuestos. Como se explicó anteriormente, este índice de integridad ecológica, se basa en métricas del paisaje y permite tener un valor aproximado del estado de salud del paisaje, donde es posible ver un poco la fragmentación del territorio. Para este índice se presentan los mapas de cada escenario por parche natural (Mapa 67 A, B, C, D).

Es clara, y alarmante la diferencia entre los escenarios. En los Mapas 67 B y D, se ve como los dos escenarios contrastantes, uno muy positivo (Escenario 1 – B) y uno muy negativo (Escenario 3 – D), modifican de manera importante el paisaje. En el escenario 1, con una implementación de acciones de compensación por parte de la empresa, implementación de acciones de restauración por parte de las autoridades ambientales, y un control de las amenazas, se ve como hay grandes parches de alta y muy alta integridad, buenos núcleos naturales que soportan el funcionamiento ecológico de estos ecosistemas. Al ver el escenario 3, se ve cómo se pierden muchos parches naturales, la transformación del territorio, lleva a que los ecosistemas tengan integridades mínimas, poniendo en riesgo a la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Haciendo un acercamiento al área de influencia directa del PHI (Mapa 68 A, B, C) se puede predecir como las malas decisiones y falta de planeación en el territorio, donde la biodiversidad es la protagonista, pueden llegar a poner en riesgo no solo a las comunidades locales, sino la operabilidad del PHI. El escenario 3, muestra como los parches naturales de altas integridades quedan limitados a las

áreas protegidas del orden nacional y regional, desconectadas y en una matriz de un sistema fragmentado. El escenario 2 (Mapa 67 C), presenta al igual que el escenario 3, unos parches de integridades muy altas desconectados y asociados a los determinantes ambientales del orden nacional, pocos parches de integridades altas y muy altas esparcidos en el territorios, y una gran fragmentación del paisaje. En el área de influencia directa del PHI, los parches que soportan al nuevo embalse, tendrían bajo estas condiciones, integridades medias, bajas y muy bajas.



MAPA 67 ÍNDICE DE PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD PARA A. ESCENARIO ACTUAL, B. ESCENARIO 1, C. ESCENARIO 2, D. ESCENARIO 3.



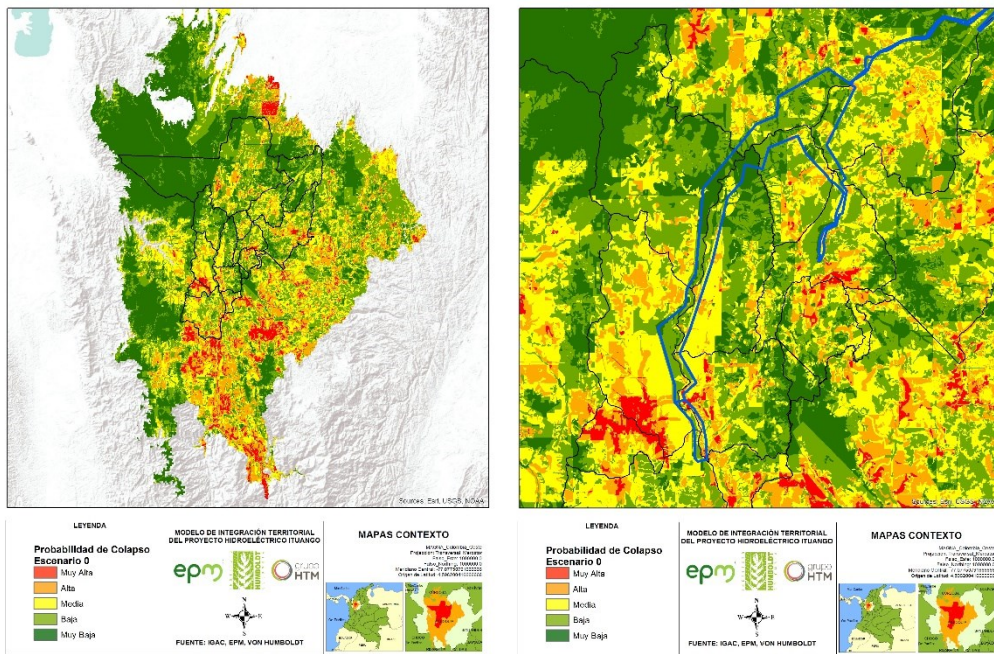
MAPA 68 ESCENARIOS DE CAMBIOS EN LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA DEL TERRITORIO PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PHI

Índice de Probabilidad de colapso de biodiversidad

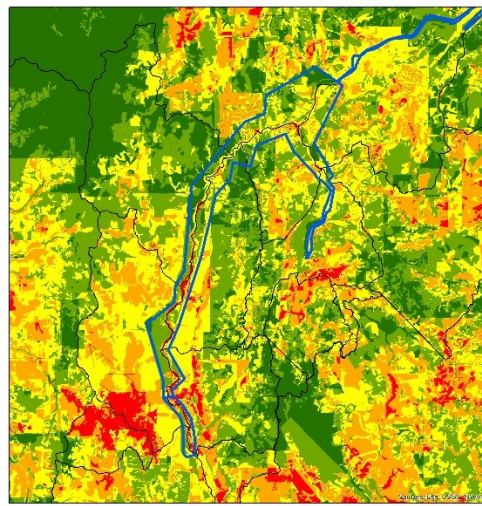
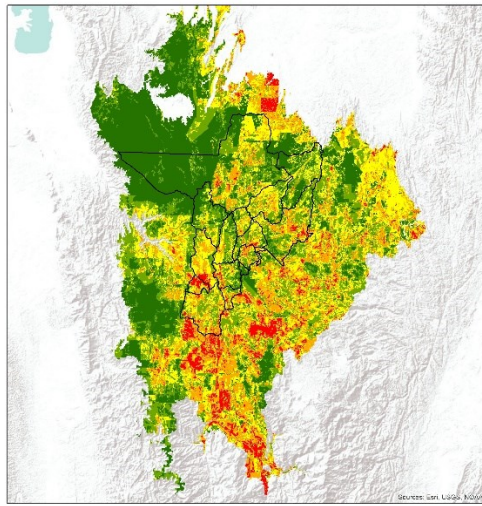
En el Mapa 69, se presenta el escenario actual de probabilidad de colapso, al compararlo con el escenario positivo presentado en el mapa 70, se ve como aumentan las zonas de probabilidad alta y muy alta de colapso. Al plantear los escenarios, se esperaba una reducción de estas áreas en el territorio, sin embargo, al tener un aumento en las coberturas naturales, estas se hacen más vulnerables a los motores de transformación que afectan a su territorio. Si se mantienen estas amenazas como hasta el momento, y se considera que gradualmente pueden aumentar, estas acciones de compensación y gestión integral del territorio, donde se espera conservar las coberturas naturales existentes y restaurar las degradadas, pueden no tener mucha repercusión, y la recuperación de coberturas naturales se seguirá viendo vulnerable a actividades humanas de desarrollo insostenible. Los resultados del escenario 1, hacen pensar que para reducir la probabilidad de colapso de la biodiversidad en este territorio, es necesario actuar sobre las amenazas, mitigando sus impactos, y no solo implementado estrategias de conservación.

Para el caso del escenario 2 (Mapa 71), donde se presenta un escenario con una compensación ambiental obligatoria, que implica la conservación de las áreas naturales existentes en los predios adquiridos por la empresa, pero no hay acciones de restauración adicionales y a su vez hay un aumento de amenazas (ampliación de la frontera agrícola), que trae una pérdida de coberturas naturales, se ve claramente un colapso total en el área del embalse, pero con respecto al escenario 1, hay menos áreas en categoría alta y muy alta de probabilidad de colapso. Como se dijo anteriormente, al haber menos áreas naturales, y tener mayor transformación del territorio, las amenazas que actúan sobre estas zonas, van a tener un menor impacto sobre una

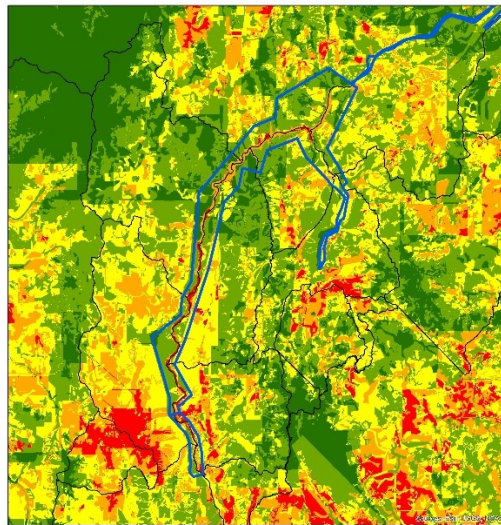
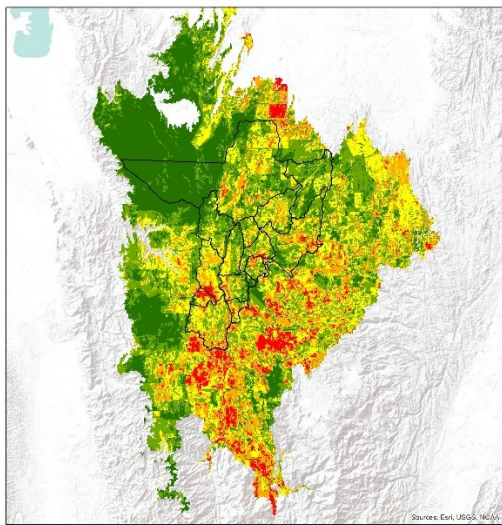
biodiversidad que ya se ha disminuido debido al cambio de uso del suelo. Las zonas en categorías muy bajas, bajas y hasta medias de colapso, se deben no necesariamente en este caso, a una mejor gestión del territorio, sino a que son áreas ya transformadas y en donde la pérdida de biodiversidad ya es un hecho, por lo cual, un aumento de actividades antrópicas no constituye un riesgo. Este mismo patrón se ve para el escenario 3 (Mapa 72), que es el más negativo de los tres, donde la transformación del territorio es inminente, el aumento de la frontera agrícola y la pérdida de algunos remanentes del Bosque Seco Tropical debido a un supuesto fracaso de las compensaciones ambientales. La baja naturalidad del territorio, implica una baja biodiversidad, y por ende tanto el territorio como su biodiversidad, se hacen menos susceptibles a colapsar.



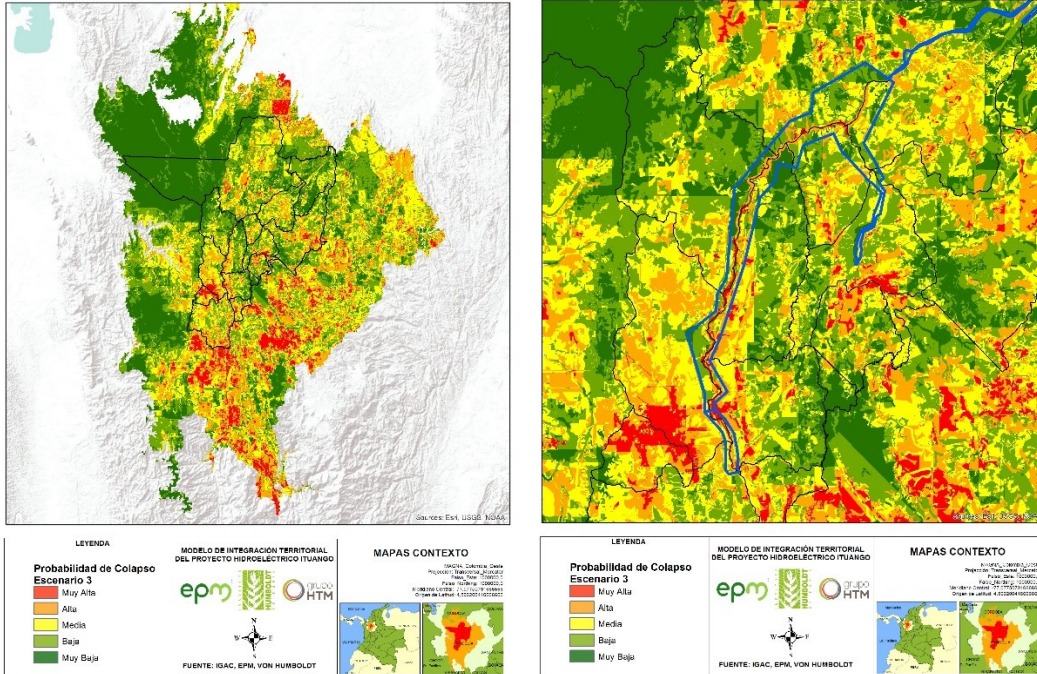
MAPA 69 ÍNDICE DE PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD: ESTADO ACTUAL



MAPA 70 ÍNDICE DE LA PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD: ESCENARIO 1



MAPA 71 ÍNDICE DE LA PROBABILIDAD DE COLAPSO: ESCENARIO 2



MAPA 72 ÍNDICE DE LA PROBABILIDAD DE COLAPSO: ESCENARIO 3

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

1. Como dice Silberstein & Maser (2000), **“LA TENDENCIA ACTUAL HACIA LA HOMOGENEIZACIÓN DEL PAISAJE PUEDE AYUDAR A MAXIMIZAR A CORTO PLAZO LAS GANANCIAS MONETARIAS PARA UNA GENERACIÓN PERO PROGRESIVAMENTE DEGRADARÁ LA ADAPTABILIDAD BIOLÓGICA DEL TERRITORIO Y POR ENDE LA SOSTENIBILIDAD A LARGO PLAZO DE LA SOCIEDAD COMO LA CONOCEMOS”**.
2. Es importante entender que la conservación de la biodiversidad es en sí una actividad de desarrollo. Toda actividad de conservación debe, hoy en día, considerar los diferentes escenarios de desarrollo, al igual que, toda actividad productiva debe planearse y ejecutarse considerando la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. **Desarrollo sin conservación es inviable.**
3. Lo que ocurre, y ocurrirá en el área de influencia directa del PHI, está enmarcado en una realidad regional, que va más allá de las fronteras impuestas por veredas o municipios. Es por esto que siempre **hay que tener una mirada del territorio a nivel regional** o de paisaje, donde se entiendan no solo las dinámicas ambientales, sino sociales, económicas y culturales, que afectan a los niveles locales.
4. El bienestar humano debe dejar de entenderse asociado únicamente al desarrollo económico, y comenzar a ver como **la salud ecosistémica es la responsable, tanto de este bienestar humano, como de la durabilidad y éxito de las actividades y operaciones de los sectores del desarrollo económico.**
5. Al construir un territorio sostenible, se debe asegurar el mantenimiento de la oferta de servicios ecosistémicos y de la biodiversidad, haciendo un uso racional de los recursos naturales, la implementación de herramientas del manejo del paisaje que beneficien tanto la conservación de la biodiversidad, la restauración de ecosistemas transformados, y la protección del recurso hídrico, entre otros, así como el mejoramiento de la producción económica de las tierras. Solo así **es posible tener un territorio en equilibrio y sostenible**, donde todos ganan.

Recomendaciones específicas

BOSQUES RIPARIOS

- Los resultados muestran claramente como los bosques riparios se convierten en ecosistemas de alta importancia para la provisión de servicios ambientales. **Los bosques riparios en cercanías del área del embalse, en sus zona media, presentan una oferta media de servicios ecosistémicos.** Esto es importante y debe ser considerado en los momentos de realizar acciones de conservación, ya sea vía Compensaciones ambientales por pérdida de biodiversidad, u otro medio, ya que la preservación y restauración de estos bosques se hace vital para el fortalecimiento en la prestación de dichos servicios, principalmente ligados con la **regulación hídrica y la retención de sedimentos.**

DETERMINANTES AMBIENTALES

- **La presencia de determinantes ambientales como lo son las áreas protegidas del orden Nacional y Regional, muestran estar cumpliendo con su papel de protectores de la biodiversidad y sus territorios.** Las áreas protegidas del SINAP han frenado los motores de transformación del territorio y por lo cual la probabilidad de colapso de la biodiversidad dentro de estas zonas es baja, con respecto a áreas que no cuentan con una figura de protección. Se hace indispensable blindar estas áreas, proteger las zonas de amortiguación y restaurar aquellas áreas transformadas dentro de sus límites.
- En el 89% del territorio bajo alguna categoría del SINAP hay oferta de servicios ecosistémicos. Estos resultados reafirman la importancia de las áreas protegidas en su rol de conservación de la biodiversidad y prestación de servicios y beneficios para las comunidades tanto locales, como regionales y nacionales. Fuera de las áreas del SINAP, las áreas con potencialidad de prestación de servicios corresponden a un 60% del territorio, porcentaje considerable a tener en cuenta y sobre las cuales deben implementarse acciones de conservación (preservación restauración y uso sostenible), para asegurar una provisión a través del tiempo.

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

- **La sostenibilidad de este servicio depende en gran medida de un correcto manejo del recurso suelo.** La actividad debe realizarse en áreas aptas para la misma, donde no se presenten conflictos de uso del territorio. Es importante el mantenimiento de bosques y arbustales aledaños que juegan un papel clave como hábitat de polinizadores, los cuales son en gran parte responsables de la productividad de estos cultivos. **Actividades y proyectos productivos sostenibles a ser implementados en la zona, deben considerar la vocación del suelo, y reforzar la restauración de coberturas naturales que permitan mantener un equilibrio en este socio-ecosistema.**

- **Áreas agrícolas en rondas hídrica y pendientes superiores a un 40%, deben ser reconvertidos a sistemas productivos sostenibles**, ya que están ubicados en zonas de reserva forestal protectora (Decreto 2278 de 1953), y su sola presencia conlleva a la deforestación de áreas riparias, exponiendo el suelo y reduciendo su capacidad de regulación hídrica y retención de sedimentos, además de fraccionar las coberturas naturales, y disminuir la conectividad de los ecosistemas. En zonas de pendiente (que es gran parte del territorio), los suelos quedan expuestos a la erosión y se hacen más susceptibles a deslizamientos.

MODELO DE ESTADO DE LA BIODIVERSIDAD Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

- **Las bases de datos que soportan estas salidas gráficas (Página 164), son una herramienta indispensable en la toma de decisiones de la empresa, ya que permiten responder un sin número de preguntas sobre el territorio que dependerán de los intereses particulares del usuario.** Los mapas que se presentan en este documento, muestran una fotografía del territorio en un momento determinado, por lo cual se hacen obsoletos con el tiempo. Las bases de datos son actualizables, la información que presentan es oficial y validada científicamente, por lo cual su uso presenta resultados con pocos sesgos y robustez que permitirán al tomador de decisiones, sentirse seguro y confiado al momento de utilizarlos.
- El Convenio de Diversidad Biológica establece que como mínimo los países deben tener 17% de su territorio bajo estrategias de preservación como lo son las áreas protegidas, si llevamos esto al área de cada municipio, vemos como los niveles de preservación dentro de cada uno de estos territorios son muy bajos, mostrando un mal manejo y gestión del territorio por parte de las autoridades ambientales y tomadores de decisiones. **Lograr un mínimo del 17% del territorio bajo estrategias de preservación dentro de cada municipio debería ser un ideal de las alcaldías locales para el mantenimiento y protección de su biodiversidad y servicios ecosistémicos.**
- Los municipios acá descritos están altamente transformados y el uso de su territorio y recursos parece venir ocurriendo de manera poco sostenible. A excepción de Ituango, que cuenta con unos remanentes naturales de importancia y que hacen parte del PNN Paramillo, los demás municipios tienen parches aislados de áreas naturales, de importancia ecológica para la biodiversidad y la oferta de SE. Estos remanentes se proponen sean preservados y/o conservados, están a merced de futuras transformaciones, vislumbrando así un panorama muy negativo para la región, en términos de su capital natural. **La restauración es la herramienta más poderosa que necesita el territorio.** Cada uno de los municipios descritos, necesita la implementación de estrategias de preservación, restauración y uso sostenible, como respuesta a esta alta transformación de sus recursos. **Encontrar un balance entre desarrollo (que implica**

uso) y conservación (preservación, restauración, uso sostenible, generación de conocimiento), es la única manera de mejorar las condiciones de vida de los pobladores de la región, mejorar las economías locales y regionales, asegurar la vida útil del PHI, entre otros muchos beneficios.

- Los resultados presentados acá, son una fotografía del estado actual (principios de 2017) del territorio. Se interpretan como una señal para dar a entender como hasta el momento se ha usado, sobreutilizado y conservado de la biodiversidad en el área del Modelo de Estado y Tendencias (MET), mostrando a un territorio repartido entre zonas de preservación estricta (PNN, PRN, Páramos), con muy poca intervención, en parte no por la figura legal que los protege sino por situaciones de seguridad nacional y de presencia de grupos armados, y en zonas de alta transformación y degradación del territorio y de sus recursos. Esta realidad social que ha existido en la región se ha encargado de la protección de uno de los **enclaves de biodiversidad y refugios del pleistoceno** más importantes del país. **La localización geográfica de la zona del Paramillo, hace que mantenga una biodiversidad única tanto terrestre como acuática y por ende se convierta en una zona clave de conservación. Por otro lado, las áreas ubicadas más al oriente, con mayor influencia de vías principales, ciudades capitales (Medellín), y conexiones con otras regiones del país (Caribe), son zonas de alta transformación, baja naturalidad, reflejada en la baja oferta de servicios ambientales que se encontró para estas UA y municipios.**

ESCENARIOS

- Las acciones de compensación ambiental por pérdida de biodiversidad enfocadas en la preservación de coberturas naturales y la restauración de áreas degradadas en los predios de interés para compra de la empresa, además de la implementación de acciones de restauración por parte de los entes gubernamentales en el área macro de análisis, tendrá un impacto en los valores de remanencia ecosistémica, siempre y cuando haya un control y disminución de las actividades antrópicas que generan un impacto sobre el territorio.
- Un aumento en la **frontera agrícola y pecuaria en el área será fatal y constituirá un cambio en el uso del suelo, que tendrá un impacto en la biodiversidad local y por ende en la prestación de servicios ecosistémicos** que dependen de la existencia de coberturas naturales con integridades ecológicas importantes.
- Hasta el momento la existencia de los grandes Parques Nacionales Paramillo y Orquídeas, además de las áreas de Páramo y los Distritos Regionales de manejo integrado, constituyen los núcleos donde se protege y mantiene la biodiversidad local y regional. La transformación del territorio, si ocurre de manera poco planeada y sin considerar a la biodiversidad, hará que estas áreas se conviertan en parches aislados,

trayendo graves consecuencias para la fauna y flora, y para los pobladores locales y nacionales que dependemos de los servicios ecosistémicos prestados en la zona.

- **La probabilidad de colapso de la biodiversidad depende en gran medida de la presencia de la biodiversidad en la zona, la pérdida o ganancia de coberturas naturales, al igual que sus niveles de conectividad e integridad**, todo esto tiene un impacto en la presencia de especies de fauna y flora, los procesos ecológicos y la oferta de servicios ambientales. La presencia de coberturas naturales con buenas integridades, son más vulnerables a los motores de transformación, generando niveles de probabilidad de colapso más altos, contrario a lo que pasa para zonas transformadas o degradadas, donde el impacto de estas amenazas se hace menor, y por ende la probabilidad de colapso se hace menor también. **La gestión integral del territorio no solo consiste en la implementación de acciones de conservación, sino en la prevención y mitigación de los impactos que causan las actividades de desarrollo.**

FINALMENTE

En este momento, y con la intervención del PHI, sumado a los otros factores de transformación del territorio (minería, vías, expansión urbana, expansión agrícola y pecuaria), **(1)** los remanentes naturales existentes deben ser preservados, ya sea por medio de determinantes ambientales, la creación de nuevas AP, y/o la implementación de estrategias complementarias de conservación. **(2)** Aquellas zonas con mayor potencial de restauración deben ser prioridad para comenzar acciones, por parte de la empresa, y todos los demás con injerencia en el territorio. **(3)** Las áreas productivas, deben ser manejadas de manera sustentable, sistemas productivos poco aptos para las condiciones del terreno deben sufrir de una reconversión que encuentre un equilibrio que beneficie a todos. **LAS NUEVAS PROPUESTAS IMPLANTADAS POR LA EMPRESA Y A SU VEZ POR EL GOBIERNO EN SUS NUEVOS PROGRAMAS ASOCIADOS AL POSCONFLICTO, DEBEN CONSIDERAR ESTOS LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL TERRITORIO, DESDE SU ESCALA REGIONAL, PARA GUIARSE NO SOLO POR LAS NECESIDADES DE LOS POBLADORES LOCALES, SINO POR LAS NECESIDADES DEL TERRITORIO Y SU BIODIVERSIDAD. SIN EMBARGO, LA PARTICIPACIÓN DE LAS COMUNIDADES LOCALES ES UN FACTOR DECISIVO EN EL ÉXITO O FRACASO DE TODA ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN (Y DESARROLLO).**

BIBLIOGRAFÍA

Adriaensen, F.J., Chardon, P., De Blust, G., Swinnen, E., Villalba, S., Gilinck, H. & Matthysen, E. (2003). The application of least cost modeling as a functional landscape model. *Landscape and Urban Planning* 64: 233 – 247.

Alamgir, M., Turton, S.M., Macgregor, C.J., & Perta, P.L. (2016). Ecosystem services capacity across heterogeneous forest types: understanding the interactions and suggesting pathways for sustaining multiple ecosystem services. *Science of the Total Environment* (566–567):584–595. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.107>

Andrew, M.E., Wulder, M.A., Nelson, T.A. & Coops, N.C. (2015). Spatial data, analysis approaches, and information needs for spatial ecosystem service assessments: a review. *GIScience & Remote Sensing*, 52 (3): 344-373. DOI:10.1080/15481603.2015.1033809

Ascensão, F., Lucas, P.S., Costa, A. & Bager, A. (2017). *Landscape Ecol* 32:781. doi:10.1007/s10980-017-0485-z

Armenteras, D, González, T.M., Retana, J. (2013). Forest fragmentation and edge influence on fire occurrence and intensity under different management types in Amazon forests. *Biol Conserv* 159:73–79

Armenteras, D., González, T.M., Vergara, L.K., Luque, F.J., Rodríguez, N., Bonilla, M.A. (2016). A review of the ecosystem concept as a “unit of nature” 80 years after its formulation. *Ecosistemas* 25(1): 83-89. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-1.12

Bailey, R.G. (1996). *Ecosystem geography*. New York: Springer-Verlag. 216p.

Barriga J.C., Diaz-Pulido A., Santamaría M. y García, H. (Eds.). (2016). Catálogo de biodiversidad de las regiones andina, pacífica y piedemonte amazónico. Nivel Local. Volumen 2 Tomo 2. Serie Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en áreas operativas de Ecopetrol. Proyecto Planeación Ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Ecopetrol S.A. Bogotá D.C., Colombia. 423 p.

Beguería, S. (2005). *Erosión y fuentes de sedimento en la cuenca del embalse de Yesa (Pirineo Occidental)*: Madrid: Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Beier, P., Majka, D.R. & Spencer, W.D. (2007). Forks in the Road: Choices in Procedures for Designing Wildland Linkages. *Conservation Biology* 22: 836–851.

Benjamin, F.E., Reilly, J.R., & Winfree, R. (2014). Pollinator body size mediates the scale at which land use drives crop pollination services. *Journal of Applied Ecology* 51:440–449. doi: 10.1111/1365-2664.12198.

Bennett, A.F. (1999). Linkages in the landscape: role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Blanche, K.R., Ludwig, J.A. & Cunningham, S.A. (2006). Proximity to rainforest enhances pollination and fruit set in orchards. *Journal of Applied Ecology*, 43:1182–1187

Bradbear, N. (2005). La apicultura y los medios de vida sostenibles. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación – FAO. Folleto sobre Diversificación 1.

Carvalho, L.G., Seymour, C.L., Veldtman, R.S.W. (2010). Pollination services decline with distance from natural habitat even in biodiversity-rich areas. *Journal of Applied Ecology* 47:810–820. doi: 10.1111/j.1365-2664.2010.01829.x

Cassiano, C.C., Frosini de Barros Ferraz, S., Molin, P.G., Voigtlaender, M. & Paschoaletto, K.M. (2013). Spatial Assessment of Water-related Ecosystem Services to Prioritize Restoration of Forest Patches. *Natureza & Conservação* 11(2): 176-180 <http://dx.doi.org/10.4322/natcon.2013.027>

Castellanos, C. (2013). Functional analysis of secondary tropical dry forests in a region of the Colombian Caribbean. PhD Thesis. Bournemouth University, Bournemouth, UK.

CBD (The Convention on Biological Diversity). (2000). Report of the fifth meeting of the conference of the parties to the Convention on Biological Diversity. UNEP/CBD/COP/2/19 (Decision II/8 also available at www.biodiv.org/decisions).

Chan, K.M.A., Shaw, M.R., Cameron, D.R., Underwood, E.C. & Daily, G.C. (2006). Conservation planning for Ecosystem Services. *Plos Biology*. 4(11):2138-2152. DOI:10.1371/journal.pbio.0040379

Contreras Medina R., Luna Vega I. y Morrone J.J. (2001). Conceptos biogeográficos. Elementos 41: 33-37.

Corzo G., Chaves M.E., García H. y Portocarrero-Aya, M. (Eds.). (2016). Conservación y Desarrollo: oportunidades para la gestión integral del territorio. Volumen 4. Serie Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en áreas operativas de Ecopetrol. Proyecto Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Ecopetrol S.A. Bogotá D.C., Colombia. 141 pp.

Daily, G. C., Alexander S., Ehrlich, P. R., Goulder, L., Lubchenco, J., Matson, P. A., Mooney, H. A., Postel, S., Schneider, S. H., Tilman, D. & Woodwell, G. M. (1997). Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems. Ecological Society of America 2. Spring.

De Bièvre, B. y Acosta, L. (desconocido). Área de Cuencas Andinas/Area of the Andean Basins CONDESAN (Consortio para el Desarrollo Sostenible en la Ecorregión Andina/ Ecosistemas altoandinos, cuencas y regulación hídrica High Andean Ecosystems, River Basins and Water Regulation). ENVIRONMENT/MEDIO AMBIENTE. Descargado el 27 de marzo de 2016 de <http://www.condesan.org/> -

Eslava A., Pabón J.D. y Gómez, R. (2001). Generalidades de la distribución espacial y temporal de la temperatura del aire y de la precipitación en Colombia. Revista Colombiana de Meteorología 4: 47-59.

Espinal, L.S. & Montenegro, E. (1977). Formaciones vegetales de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá. 201 páginas.

Ferraz et al. (2014). How good are tropical forest patches for ecosystem services provisioning? *Landscape Ecol* 29:187–200 DOI 10.1007/s10980-014-9988-z

Forman, R.T.T. (1995). Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom. 632 pp.

García-Nieto, A.P., García Llorente, M., Iniesta Arandia, I. & Martín López, B. (2013). Mapping forest ecosystem services: From providing units to beneficiaries. *Ecosystem Services* 4:126-138. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.03.003i>

García Olmos, C.F. (2007). Regulación hídrica bajo tres coberturas vegetales en la cuenca del río San Cristobal, Bogotá D.C. *Colombia Forestal* 10(20):127-147.

García, J.M, Beguería, S., López, J.I., Lorente, G., Seeger, M. (2001). Los recursos hídricos superficiales del Pirineo Aragonés y su evolución reciente. Madrid: Geoformas ediciones.

Genelleti, D. (2008). Incorporating biodiversity assets in spatial planning: Methodological proposal and development of planning support system. *Journal Landscape and Urban Planning* 84: 252-265.

GREUNAL (Grupo De Restauración Ecológica). (2010). Guías técnicas para la restauración ecológica de ecosistemas. Convenio de asociación no. 22 entre Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN). Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

González Bernaldez, F. (1982). Tendencias actuales en Ecología. La percepción del entorno. I Jornadas sobre la enseñanza de la Ecología (EGB-BUP). ICE/UAM: 5-10.

Gonzalez M.F., Diaz-Pulido A., Mesa L.M., Corzo G., Portocarrero-Aya M., Lasso C., Chaves M.E. y Santamaria, M. (Eds.). (2015). Catálogo de biodiversidad de la región orinoquense. Volumen 1. Serie Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en áreas operativas de Ecopetrol. Proyecto Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Ecopetrol S.A. Bogotá D.C., Colombia. 408 p.

Hargrove W., Hoffman, F.M. & Efrogmson, R.A. (2004). A Practical Map-Analysis Tool for Detecting Potential Dispersal Corridors. *Landscape Ecology* 20: 361-373.

Hernández, C. (1990). La selva en Colombia. En Selva y Futuro, Eds. C. Hernandez, J. Carrizosa. Sello Editorial, Bogotá. pp. 13-40.

Hernández-Camacho J., Hurtado Guerra A., Ortiz-Q. R. y Walschburger T. (1992). Unidades biogeográficas de Colombia. Pp.: 105-151. En: Halffter I.G. (ed.). 1992. La diversidad biológica de Iberoamérica. Acta Zoológica Mexicana, Instituto de Ecología, A.C. México, México. 389pp

Hernández-Camacho, J. y Sánchez-Páez, H. (1992). Biomasa terrestres de Colombia. Pp: 153-172. En: Halffter I.G. (ed.). 1992. La diversidad biológica de Iberoamérica. Acta Zoológica Mexicana, Instituto de Ecología, A.C. México, México. 389pp

Hernández-Manrique, O.L., Hurtado, A., (2012). Análisis de integridad ecológica. En: Hurtado, A. 2012. Análisis de diversidad, distribución y estado de amenaza de las especies de cinco grupos taxonómicos, e integridad ecológica del Paisaje de Conservación Los Katíos. Bogotá.

Hernández-Manrique, OL., Portocarrero-Aya, M., Córdoba, D., Corzo, G. (2015). Documento técnico. Identificación de áreas prioritarias y aproximaciones de conservación y manejo del territorio en las zonas operativas de Ecopetrol. Proyecto Planeación Ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol.

IAvH – Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2012). Cartografía de Páramos de Colombia Esc. 1:100.000. Proyecto: Actualización de Atlas de Páramos de Colombia. Convenio Interadministrativo de Asociación 11-103. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá D.C.

Ideam - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2005). Mapa de Distribución espacio-temporal de la precipitación total anual (mm) Promedios multianuales. En: Atlas Climatológico de Colombia 2005. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.

Ideam, IGAC, IAvH, Invemar, I. Sinchi e IIAP. (2007). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andreis, e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, Colombia. 276p.

Ideam - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2009). Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia - Bosques 2009. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C., 236 pp.

Ideam. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2010^a). Estudio Nacional del Agua 2010. 409 páginas.

Ideam - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2010b). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C.

IDEAM, PNUD, MADAS, DNP, CANCELLERIA. (2015). Nuevos escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas científicas para la toma de decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera comunidación Nacional de Cambio Climático.

Ideam. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2015). Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, D. C. 496 páginas.

IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2009^a). Mapa de suelos. En: Instituto Geográfico Agustín Codazzi 2009. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de la Guajira. Bogotá D.C.

IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2009b). Mapa de suelos. En: Instituto Geográfico Agustín Codazzi 2009. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento del Magdalena. Bogotá D.C.

IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2009c). Mapa de suelos. En: Instituto Geográfico Agustín Codazzi 2011. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento del Chocó. Bogotá D.C.

IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi et al. (2012). Conflictos de uso del territorio colombiano. Mapa nacional de conflictos de uso, escala 1:100.000.

IPBES (2016). Summary for policymakers of the methodological assessment of scenarios and models of biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Ferrier, K. N. Ninan, P. Leadley, R. Alkemade, L.A. Acosta, H. R. Akçakaya, L. Brotons, W. Cheung, V. Christensen, K. H. Harhash, J. Kabubo-Mariara, C. Lundquist, M. Obersteiner, H. Pereira, G. Peterson, R. Pichs-Madruga, N. H. Ravindranath, C. Rondinini, B. Wintle (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 32 pages.

Jarvis, D., Padoch, C., & H. Cooper (Eds.). 2007. Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems. Columbia University Press. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/10.7312/jarv13648.5>

Kavaliauskas, P. (1994). Land Management in Lithuania: Past and Future. *GeoJournal* 33(1):97-106.

Kremen, C., Williams, N.M., Aizen, M.A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S.G., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vazquez, D.P., Winfree, R., Adams, L., Crone, E.E., Greenleaf, S.S., Keitt, T.H., Klein, A., Regetz, J. & Ricketts, T.H. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters* 10:299–314.

Lamy, T., Liss, K.N., Gonzalez, A. & Bennet, E.M. (2016). Landscape structure affects the provision of multiple ecosystem services. *Environ. Res. Lett.* 11:124017. doi:10.1088/1748-9326/11/12/124017

Lattera, P., Barral, P., Carmona, A. y Nahuelhual, L. (2015). ECOSER: protocolo colaborativo de evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos y vulnerabilidad socio-ecológica para el ordenamiento territorial. <http://eco-ser.com.ar/>

Latorre Parra, J.P. (2005). Biodiversidad y Conservación en los Parques Nacionales Naturales de Colombia – Una aproximación histórica- geográfica a escala 1:100.000.

Laurance, W.F., Camargo, J.L.C., Luizao, R.C.C., Laurance, S.G., Pimm, S.L., Bruna, E.M., Stouffer, P.C., Williamson, G.B., BenitezMalvido, J., Vasconcelos, H.L., Van Houtan, K.S., Zartman, C.E., Boyle, S.A., Didham, R.K., Andrade, A. & Lovejoy, T.E. (2011). The fate of Amazonian forest fragments: a 32-year investigation. *Biol Conserv* 144:56–67

Laurance, W.F., Useche, D.C., Rendeiro, J., Kalka, M., Bradshaw, C.J.A., Sloan, S.P., Laurance, S., Campbell, M., Abernethy, K., Alvarez, P., Arroyo-Rodriguez, V., et al. (2012). Averting biodiversity collapse in tropical forest protected áreas. *Nature* 489, 290–294. doi:10.1038/nature11318

Leadley, P., Pereira, H.M., Alkemade, R., Fernandez-Manjarrés, J.F., Proença, V., Scharlemann, J.P.W., Walpole, M.J. (2010). Biodiversity Scenarios: Projections of 21st century change in biodiversity and associated ecosystem services. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series no. 50, 132 pages.

López, J.I. (2006). Cambio ambiental y gestión de los embalses en el Pirineo Central Español. Madrid: Ed. Consejo de Protección de la Naturaleza en Aragón.

MADS – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012^a). Manual para la Asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.

MADS - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio; el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural -INCODER-; la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-; el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM-; la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales -UAESPNN-; el Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos “Alexander Von Humboldt”; el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andreis” -INVEMAR-; el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas -SINCHI-; el Servicio Geológico Colombiano -INGEOMINAS-; y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-. (2012b). Conflictos de uso del territorio colombiano, Escala 1:100.000.

MADS - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Bogotá, D.C.: Colombia. 92 pp.

McGarigal, K., Cushman, S.A., Neel, M.C., Ene, E. (2012). FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html

Mendenhall, C.D., Karp, D.S., Meyer, C.S.J., Hadly, E.A., & Daily, G.C. (2014). Predicting biodiversity change and averting collapse in agricultural landscapes. *Nature* 509(7499):213-217. Doi:10.1038/nature13139

Mesa-S, L., Galvis, G., Corzo, G., Hernández-Manrique, O.L. (2014). Formulación de unidades hidrobiológicas para la conservación de la biodiversidad acuática en Colombia. Simposio Ecología del paisaje y modelación geográfica de la fauna. IV Congreso Colombiano de Zoología, Cartagena, Colombia.

Mesa-S., L. M., G. Corzo, O. L. Hernández-Manrique, C. A. Lasso y Galvis, G. (2016). Ecorregiones dulceacuícolas de Colombia: una propuesta para cuencas del Orinoco y Amazonas. *Biota Colombiana* 17 (2): 62–88. DOI: 10.21068/c2016.v17n02a06

Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forest implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10:58-62.

Murphy, P.G. & Lugo, A.E. (1986). Ecology of tropical dry forest. *Annals Review of Ecology and Systematics* 17: 67-68 .

Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, D., Chan, K. M., Daily, G. C., Goldstein, J., Kareiva, P.M., Lonsdorf, E., Naidoo, R., Ricketts, T.H. and Shaw, M. (2009). Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7: 4–11. Doi:10.1890/080023

Nichersu, I. & Iacoboa, C. (2011). Systematic Spatial Planning. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management* 6(2):67-77

Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D'Amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Allnutt, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P., Kassem, K. R. (2001). Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. *Bioscience* 51(11):933-938.

Patino, J.E. & Estupinan, L.M. (2016). Hotspots of Wetland Area Loss in Colombia. *Wetlands*. 36(5):935-943. DOI 10.1007/s13157-016-0806-z

Patrimonio Natural Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas y MADS. (2009). Metodología y resultados obtenidos en la selección de áreas prioritarias por la prestación de servicios ambientales en Colombia. Documento técnico hace parte del Convenio de Asociación N° 116 de 2.008.

PGAR 2007-2019. Plan de Gestión Ambiental Regional. CorAntioquia.

PNGIBSE - Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos. (2012). República de Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Portocarrero-Aya, M. (2012). Conservation of freshwater biodiversity in key areas of the Colombian Amazon. PhD Thesis. The University of Hull, Hull, UK.

Portocarrero-Aya, M., Corzo, G., Díaz-Pulido, A., González, M., Longo, M., Mesa, L., Paz, A., Ramírez, W. and Hernández-Manrique, O. (2014). Systematic Conservation Assessment for Most of the Colombian Territory as a Strategy for Effective Biodiversity Conservation. *Natural Resources*, 5, 981-1006. doi:10.4236/nr.2014.516084.

Portocarrero Aya et al. (2015). Catálogo de biodiversidad de las regiones andina, pacífica y piedemonte amazónico. Nivel Local. Volumen 2. Tomo 1. Serie Planeación Ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol. Proyecto Planeación Ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - Ecopetrol S.A. Bogotá DC., Colombia.

Pressey, R. L. (1994). Ad Hoc reservations: forward or backward steps in developing representative reserve systems?. *Conservation Biology* 8(3): 662-668.

Raudsepp-Hearne, C., Peterson, G., Bennett, E., & Mooney, H. (2010). Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 107(11):5242-5247. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/25664957>

Ravan, S., Dixit, A.M. & Mathur, V.B. (2005). Spatial analysis for identification and evaluation of forested corridors between two protected areas in Central India. *Current Science* 88: 1441 – 1448.

Rodríguez N., Armenteras, D., Morales, M., y M. Romero M. (2004). Ecosistemas de los Andes Colombianos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá.

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

Romero, M. (2016). Construcción de la visión integral de conservación en paisajes sostenibles palmeros desde el enfoque de integridad ecológica a escala 1:100.000. Informe preliminar. GEF Palmero.

Sala, O.E., Vuuren, D.V., Pereira, H.M., et al. (2005). Biodiversity across scenarios. In: Carpenter, S.R., Pingali, P.L., Bennett, E.M., et al., (editors). *Ecosystems and human well-being: Vol 2, Scenarios findings of the Scenarios Working Group*. Washington, D.C. Island Press.

Sánchez-Azofeifa, G.A., Quesada, M., Rodríguez, J.P., Nassar, J.M., Stoner, K.E., Castillo, A., Garvin, T., Zent, E.L., Calvo-Alvarado, J.C., Kalacska, M.E.R., Fajardo, L., Gamon, J.A. & Cuevas-Reyes, P. (2005). Research priorities for neotropical dry forest. *Biotropica* (37):477-485

Silberstein, J. & Maser, C. (2000). Land-Use planning for sustainable development. Sustainable Community Development Series. CRC Press LLC. United States of America. 203 pp.

Sondgerath, D. & Schroder, B. (2002). Population dynamics and habitat connectivity affecting the spatial spread of populations – a simulation study. *Landscape Ecology* 17: 57-70.

TEEB. (2010). The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Local and Regional Policy Makers.

Teixeira Duarte, G., Ribeiro, M.C. & Pereira Paglia, A. (2016). Ecosystem Services Modeling as a tool for defining priority areas for Conservation. *PloS ONE* 11(5):e0154573. Doi:10.1371/journal.pone.0154573

TNC & SEEARTH. (2008). Implementación de Funciones hidrológicas para Colombia y Ecuador, Documento Borrador.

Villanueva, B., Melo, O. y Rincón, M. (2015). Estado del conocimiento y aportes a la flora vascular del bosque seco del Tolima. *Colombia Forestal* 18(1):9-23

ANEXO 1 Estrategias y tipos de uso del territorio de influencia del PHI

PRESERVACIÓN

PRESERVACION EN AREAS PROTEGIDAS NACIONALES Y REGIONALES: corresponde a las áreas naturales y cuerpos de agua dentro de Parques Nacionales Naturales y Parques Regionales Naturales.

PRESERVACIÓN DE NÚCLEOS DE CONECTIVIDAD EN OTRAS ÁREAS DEL SINAP: Son áreas dentro de Distritos de Manejo Integrado, Reservas Forestales Protectoras, Distritos de Conservación de suelos y reservas de la sociedad civil, clasificadas como núcleos de conectividad.

PRESERVACIÓN DE ÁREAS NATURALES EN OTRAS ÁREAS DEL SINAP: corresponde a áreas naturales y cuerpos de agua dentro de las categorías del SINAP de Distritos de Manejo Integrado, Reservas Forestales Protectoras, Distritos de Conservación de suelos y reservas de la sociedad civil.

NÚCLEOS PARA LA CONECTIVIDAD EN EL BOSQUE SECO: corresponde a áreas fuera del SINAP y que según los análisis de conectividad ecosistémica corresponden a núcleos para la conectividad del Bsoque seco tropical. Según la información de ecosistemas estratégicos son cuerpos de agua y BsT.

PRESERVACIÓN DE ÁREAS NATURALES DE ALTA OFERTA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: son áreas fuera del SINAP, que según Corine Land cover corresponde a áreas naturales (excepto plantaciones forestales, zonas quemadas y degradadas) y cuerpos de agua que puntúan con una oferta de SE media y alta.

RESTAURACIÓN

RESTAURACIÓN EN ÁREAS PROTEGIDAS NACIONALES Y REGIONALES: corresponde a áreas transformadas y seminaturales dentro de las áreas protegidas del orden nacional y regional.

RESTAURACION PARA LA CONECTIVIDAD: corresponde a áreas clave para el restablecimiento de corredores de conectividad para la conservación de la biodiversidad regional.

AREAS CON POTENCIALIDAD DE RESTAURACIÓN: corresponde a zonas de pastos enmalezados, pastos arbolados, áreas degradadas, áreas quemadas, que se hace indispensable su restauración para restablecer la oferta de servicios ecosistémicos y disminuir la probabilidad de colapso.

USO SOSTENIBLE

AREAS DE USO SOSTENIBLE EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS: corresponden a los cuerpos de agua naturales y artificiales, al igual que humedales que por ley son de uso y aprovechamiento sostenible por parte de la sociedad civil.

AREAS DE APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE: Corresponde a las áreas de plantaciones forestales que actúan como bosques pero tienen un papel de uso.

MANEJO SOSTENIBLE DE ÁREAS DE PASTOS EN ZONAS DE ALTA PROBABILIDAD DE COLAPSO: corresponde a áreas de pastos limpios y mosaicos de pastos y espacios naturales en zonas diferentes a rondas hídricas y pendientes, en territorios con una probabilidad de colapso muy alta y alta. Para estas zonas se propone la vinculación de la comunidad local para el establecimiento de herramientas de manejo del paisaje.

MANEJO SOSTENIBLE DE ÁREAS DE PASTOS EN ZONAS DE BAJA Y MEDIA PROBABILIDAD DE COLAPSO: corresponde a áreas de pastos limpios y mosaicos de pastos y espacios naturales en zonas diferentes a rondas hídricas y pendientes, en territorios con una probabilidad de colapso muy baja, baja o media. Para estas zonas se propone la vinculación de la comunidad local para el establecimiento de herramientas de manejo del paisaje.

MANEJO SOSTENIBLE DE AREAS NATURALES EN ZONAS DE ALTA PROBABILIDAD DE COLAPSO: corresponde a áreas naturales en zonas de probabilidades de colapso alto y muy alto, lo que da a entender que es un territorio altamente intervenido, y sin un manejo adecuado de estos remanentes naturales y de los motores de transformación presentes, sus posibilidades de desaparecer son muy altas.

MANEJO SOSTENIBLE DE AREAS NATURALES EN ZONAS DE BAJA Y MEDIA PROBABILIDAD DE COLAPSO: corresponde a áreas naturales en zonas de probabilidades de colapso baja y muy baja, tanto fuera como en ecosistemas estratégicos (bosque seco y páramo). La única manera de mantener los niveles bajos de probabilidad de colapso y sin la necesidad de declarar estas áreas como áreas de preservación (NO TOCAR), es por medio de un uso y manejo adecuado de estos remanentes naturales.

PRODUCCIÓN

AREAS PRODUCTIVAS EN ZONAS DE ALTA Y MUY ALTA PROBABILIDAD DE COLAPSO: corresponde a áreas de cultivos permanentes y transitorios, al igual que a zonas de mosaicos,

en zonas direfentes a pendientes y rondas hídricas con niveles de probabilidad de colapso, muy altas y altas.

AREAS PRODUCTIVAS EN ZONAS DE BAJA Y MEDIA PROBABILIDAD DE COLAPSO: corresponde a áreas de cultivos permanentes y transitorios, al igual que a zonas de mosaicos, en zonas direfentes a pendientes y riparios con niveles de probabilidad de colapso muy bajas, bajas y medias.

RECONVERSIÓN DE ZONAS PRODUCTIVAS EN RONDAS HÍDRICAS: corresponde a sistemas productivos (cultivos, mosaicos, pastos) en zonas riparias (30 m lado y lado de cuerpos de agua (Decreto 2278 de 1953), que por su papel de determinante ambiental deben ser considerados zonas de reserva forestal protectora.

RECONVERSIÓN DE ZONAS PRODUCTIVAS EN ÁREAS DE PENDIENTE: corresponde a sistemas productivos (cultivos, mosaicos, pastos) en de pendiente superior al 40% (Decreto 2278 de 1953), que por su papel de determinante ambiental deben ser considerados zonas de reserva forestal protectora.

INFRAESTRUCTURA

INFRAESTRUCTURA: corresponde a los territorios artificializados de la capa de coberturas de la tierra (Corine Land Cover 2012).

ANEXO 2 Análisis de la probabilidad de colapso para cuencas abastecedoras priorizadas en los 12 municipios de influencia del PHI

Se realizó un análisis simple para ver cómo están las diferentes cuencas abastecedoras priorizadas para el área de influencia del PHI con respecto a la Probabilidad de Colapso de biodiversidad para el mismo territorio, y los resultados a grandes rasgos son los siguientes:

La Figura 63, presenta en resumen el número de cuencas priorizadas por Municipio. Sobresaliendo los municipios de Buriticá, Ituango, Liborina, Peque, Sabanalarga y Santafé de Antioquia.



FIGURA 63 NÚMERO DE CUENCAS ABASTECEDORAS PRIORIZADAS POR MUNICIPIO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PHI

Las Tablas 20, 21, 22 muestran por Municipio y vereda las cuencas priorizadas y su respectivo valor ponderado de probabilidad de colapso de la biodiversidad. Aquí se ve cómo en los municipios de Buriticá, Giraldo y Yarumal se encuentran cuencas en áreas de prioridad de colapso MUY ALTA. Y en los municipios de Buriticá, Giraldo, Ituango, Liborina, Peque, San Andrés y Santafé hay cuencas en áreas de probabilidad de colapso ALTA.

Esto se ve en los MAPAS 73-76 (En algunos de los casos, las cuencas son tan pequeñas que no se ven en los mapas).

Esta es una señal, o podría ser una nueva variable de priorización de acciones sobre estas cuencas. **El dato de probabilidad de colapso podría considerarse como una variable de**

URGENCIA en la implementación de acciones de conservación de estas cuencas abastecedoras, no solo desde la perspectiva de prioridad para el recurso hídrico, sino del valor que tienen en el mantenimiento de la biodiversidad.

El estar en áreas de probabilidad de colapso ALTA y MUY ALTA, significa que ese territorio está siendo expuesto a motores de transformación que si no se controlan pondrán en riesgo al territorio y a su biodiversidad. Acciones enfocadas en la compra de predios, las herramientas de manejo de paisaje, trabajo con las comunidades, etc, se hacen URGENTES para poder disminuir estos valores de probabilidad de colapso.

El resto de las cuencas están en áreas de probabilidades de colapso, Medias, Bajas y Muy Bajas, que para cuestiones de implementación de acciones de conservación, podrían esperar un poco más.

TABLA 19 MUNICIPIOS Y SUS RESPECTIVAS CUENCAS ABASTECEDORAS BAJO LAS DIFERENTES CATEGORÍAS DE PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LA BIODIVERSIDAD

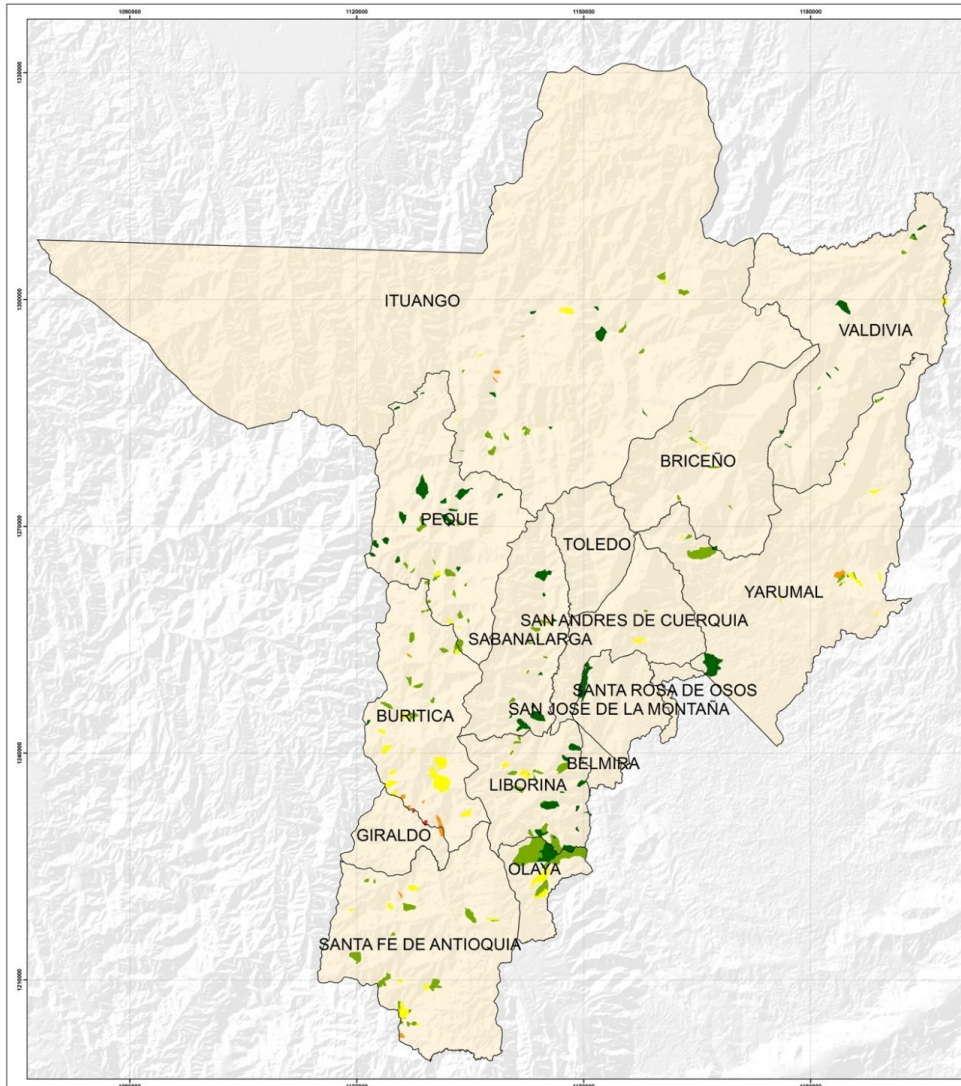
MUNICIPIO	CATEGORIA DE COLAPSO	NUMERO DE CUENCAS
BELMIRA	MUY BAJA	5
	MUY BAJA	2
BRICEÑO	BAJA	5
	MEDIA	8
	MUY BAJA	1
	BAJA	15
	MEDIA	31
	ALTA	10
	MUY ALTA	3
BURITICA	MUY ALTA	3
CAÑASGORDA	MEDIA	1
	BAJA	1
	MEDIA	4
	ALTA	3
	MUY ALTA	5
		MUY BAJA
BAJA		31
MEDIA		13
ALTA		5
ITUANGO	MUY BAJA	21
	BAJA	26
	MEDIA	9
	ALTA	2
LIBORINA	MUY BAJA	4
	BAJA	10
	MEDIA	8
OLAYA	MUY BAJA	31
	BAJA	29
	MEDIA	3
	ALTA	2
PEQUE	MUY BAJA	19
	BAJA	20
	MEDIA	2
SABANALARGA	MUY BAJA	1
	BAJA	3
	MEDIA	3
	ALTA	1
ANDRES DE CUE	MUY BAJA	2
	BAJA	28
	MEDIA	19
SAN JOSE DE L	ALTA	4
	BAJA	1
SANTA ROSA	BAJA	1
SOPETRAN	MEDIA	1
TARAZA	MEDIA	1
VALDIVIA	MUY BAJA	9
	BAJA	7
	MEDIA	1
	MUY BAJA	3
	BAJA	13
	MEDIA	11
	ALTA	1
	MUY ALTA	1
YARUMAL	MUY ALTA	1

TABLA 20 MUNICIPIOS Y SUS RESPECTIVAS VEREDAS CON CUENCAS ABASTECEDORAS EN ÁREAS DE PROBABILIDAD DE COLAPSO MUY ALTA, ALTA Y MEDIA (I).

Municipios/Veredas Etiquetas de fila	Probabilidad de colapso		
	Muy alta	Alta	Media
BRICEÑO			
Buena Vista			X
Cucurucho			X
El Respaldo		X	X
El Robal			X
Guriman		X	X
La Meseta		X	X
Los Naranjos			X
Palmichal			X
Travesías		X	X
BURITICA			
Alto Del Obispo	X	X	X
Buena Vista		X	X
Carauquia			X
Chunchunco			X
Concejos			X
Costas		X	X
El Leon	X	X	X
El Naranjo	X	X	X
El Puerto			X
El Siento		X	X
Guasdal			X
Guarco	X	X	X
Higabrá	X	X	X
La Angelina		X	X
La Cordillera			X
La Fragua			X
La Palma		X	X
Las Brisas		X	X
Llano Chiquito		X	X
Llano Grande			X
Llanos De Urarco		X	X
Los Andes	X	X	X
Los Asientos	X	X	X
Mogotes		X	X
Murrapal	X		
Pajarito	X	X	X
Palemuque			X
Santa Teresa		X	X
Sincierito		X	X
Sopetransito		X	X
Tabacal			X
TUANGO			
Bajo Inglés		X	
Camelia Alta		X	X
Canoas		X	X
Cortaderal			X
El Capote	X	X	X
El Herrero	X	X	X
El Naranjo		X	X
El Recreo			X
El Tejar		X	X
El Tinto		X	X
Georgia	X	X	
Guacharaquero		X	X
La Cueva		X	X
La Hermosa		X	X
La Hundida		X	X
La Miranda		X	X
Las Aguitas		X	X
Las Cuatro		X	X
Los Sauces	X	X	
Pascuita			X
LIBORINA			
Abejas		X	X
Cristobal			X
El Morro			X
El Porvenir	X	X	X
El Socorro			X
Encenillos			X
Granadillos		X	
La Aldea		X	X
La Florida		X	X
La Hacienda		X	X
OLAYA			
Comun Cominal			X
El Chapon		X	X
El Guayabo		X	X
El Pencal		X	X
La Colchona	X	X	X
La Playa			X
Llanadas			X
PEQUE			
Bellavista		X	X
Candelaria			X
El Agrio		X	X
El Popal			X
Guayabal			X
Jerigua		X	X
La Guadua		X	X
Las Faldas			X
Las Faldas Del Cafe		X	X
Loma Del Sauce		X	X
Los Llanos		X	X
Maderal		X	X
Renegado - Valle		X	X
San Julian			X
San Pablo			X
Santa Agueda		X	X

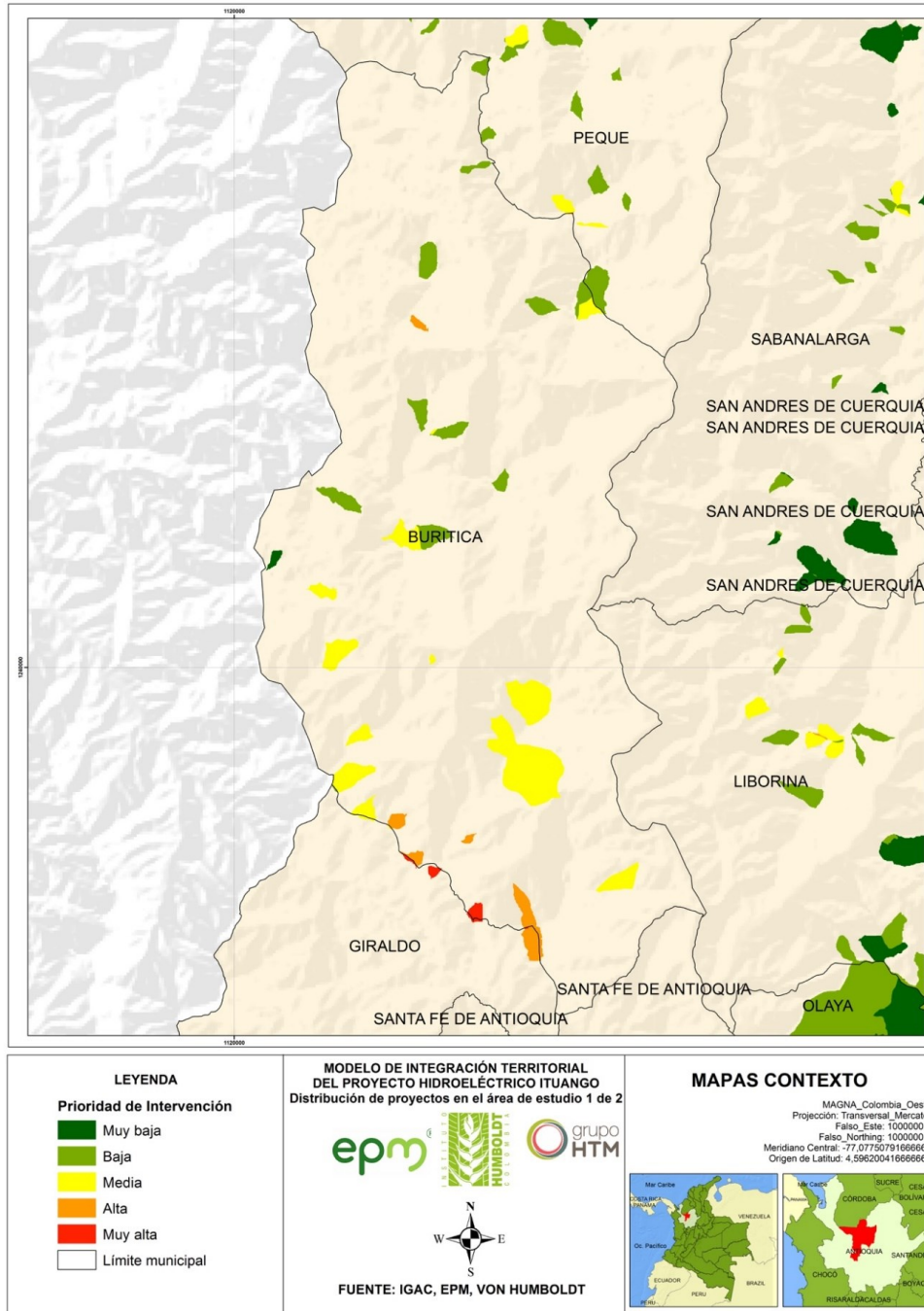
TABLA 21 MUNICIPIOS Y SUS RESPECTIVAS VEREDAS CON CUENCAS ABASTECEDORAS EN ÁREAS DE PROBABILIDAD DE COLAPSO MUY ALTA, ALTA Y MEDIA (I).

Municipios/Veredas	Muy alta	Alta	Media
SABANALARGA			
El Oro		X	X
El Placer		X	X
El Tambo			X
La Ceja			X
La Pedrona			X
La Travesía			X
Llano De Los Encuentros			X
Los Tendidos		X	X
Mal Paso_Buenos Aires		X	X
Niquia			X
Nohava			X
San Cristobal_Pena		X	X
Tesorero			X
SAN ANDRES DE CUERQUIA			
Cruces	X	X	X
El Barro		X	
El Roble			X
La Chorrera	X	X	X
Llanadas			X
SAN JOSE DE LA MONTAÑA			
La Mariela		X	X
Santa Barbara		X	X
SANTA FE DE ANTIOQUIA			
Coloradas		X	X
El Carmen		X	X
El Chorrillo	X	X	X
El Churimbo			X
El Filo	X	X	X
El Jaque			X
El Pescado	X	X	X
El Plan	X	X	X
El Rodeo		X	X
Fatima		X	X
Guasabra			X
Kilometro 2	X	X	X
La Aldea		X	X
La Mesa		X	X
La Tolda		X	X
Laureles		X	X
Milagrosa Alta		X	X
Moraditas		X	X
Ogasco		X	X
Paso Real		X	X
Sabanas			X
San Antonio			X
Santa Fe De Antioquia		X	X
Tonusco Arriba			X
Yerbabuena	X	X	
VALDIVIA			
Juntas			X
La Alemania			X
Las Palomas			X
Montefrio		X	X
Nevado		X	X
Playa Rica			X
Puerto Raudal		X	X
Santa Ines			X
YARUMAL			
Aguacatal			X
Cedeño	X	X	X
Chorros Blancos		X	X
Chorros Blancos Arriba	X	X	X
Chorros Blancos Del Medio		X	X
El Cedro			X
El Llano - Yolombal		X	X
El Pueblito			X
Jose Maria Cordoba		X	X
La Argentina			X
La Esmeralda	X	X	X
La Estrella		X	X
La Piedra	X	X	X
Mallarino			X
Mina Vieja	X		
Ochali		X	X
Santa Isabel			X
Vereda Cabecera Municipal	X	X	X
Yarumal	X	X	X
Yarumalito		X	X

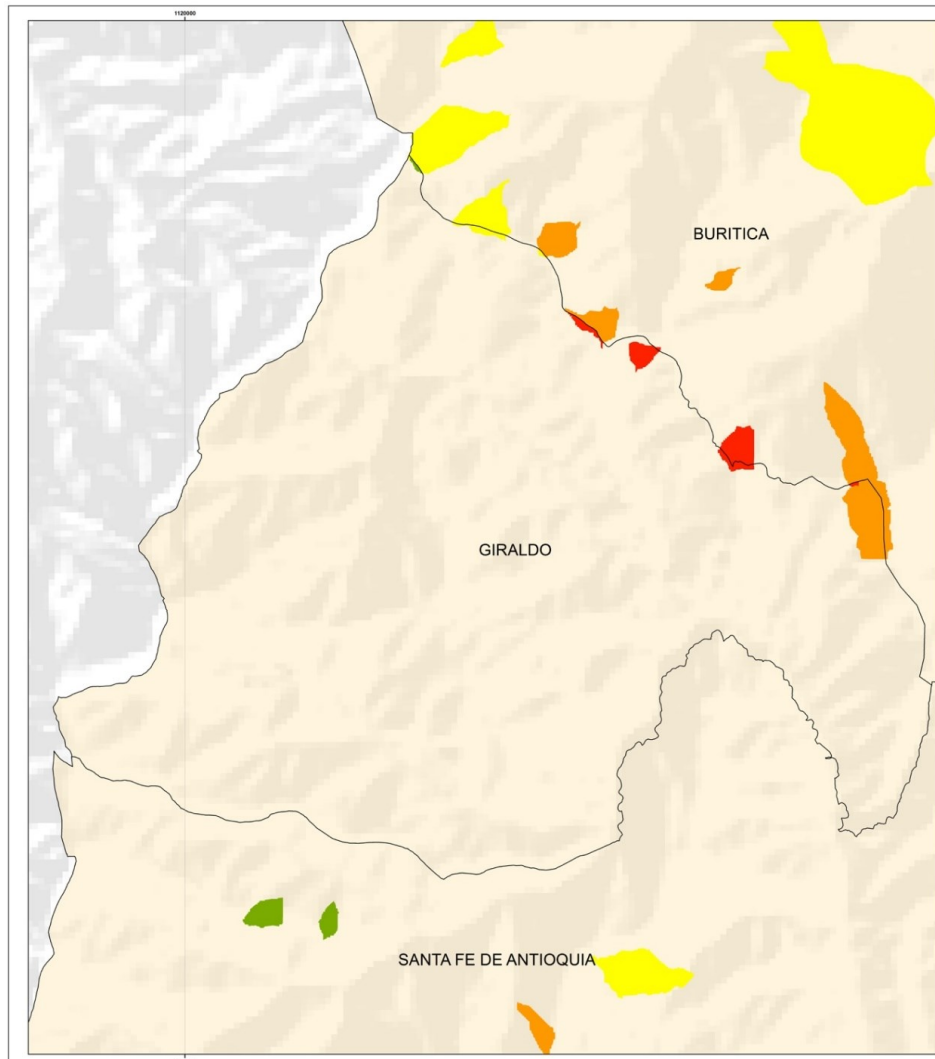


<p>LEYENDA</p> <p>Prioridad de Intervención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy baja Baja Media Alta Muy alta Límite municipal 	<p>MODELO DE INTEGRACIÓN TERRITORIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO Distribución de proyectos en el área de estudio 1 de 2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div> <p>FUENTE: IGAC, EPM, VON HUMBOLDT</p>	<p>MAPAS CONTEXTO</p> <p>MAGNA_Colombia_Coste Proyección: Transversal_Mercator Falso_Este: 1000000.0 Falso_Northing: 1000000.0 Meridiano Central: -77.07750791666666 Origen de Latitud: 4.596200416666666</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> </div>
---	---	---

MAPA 73 CUENCAS ABASTECEDORAS Y SU RESPECTIVA PRIORIDAD DE INTERVENCIÓN

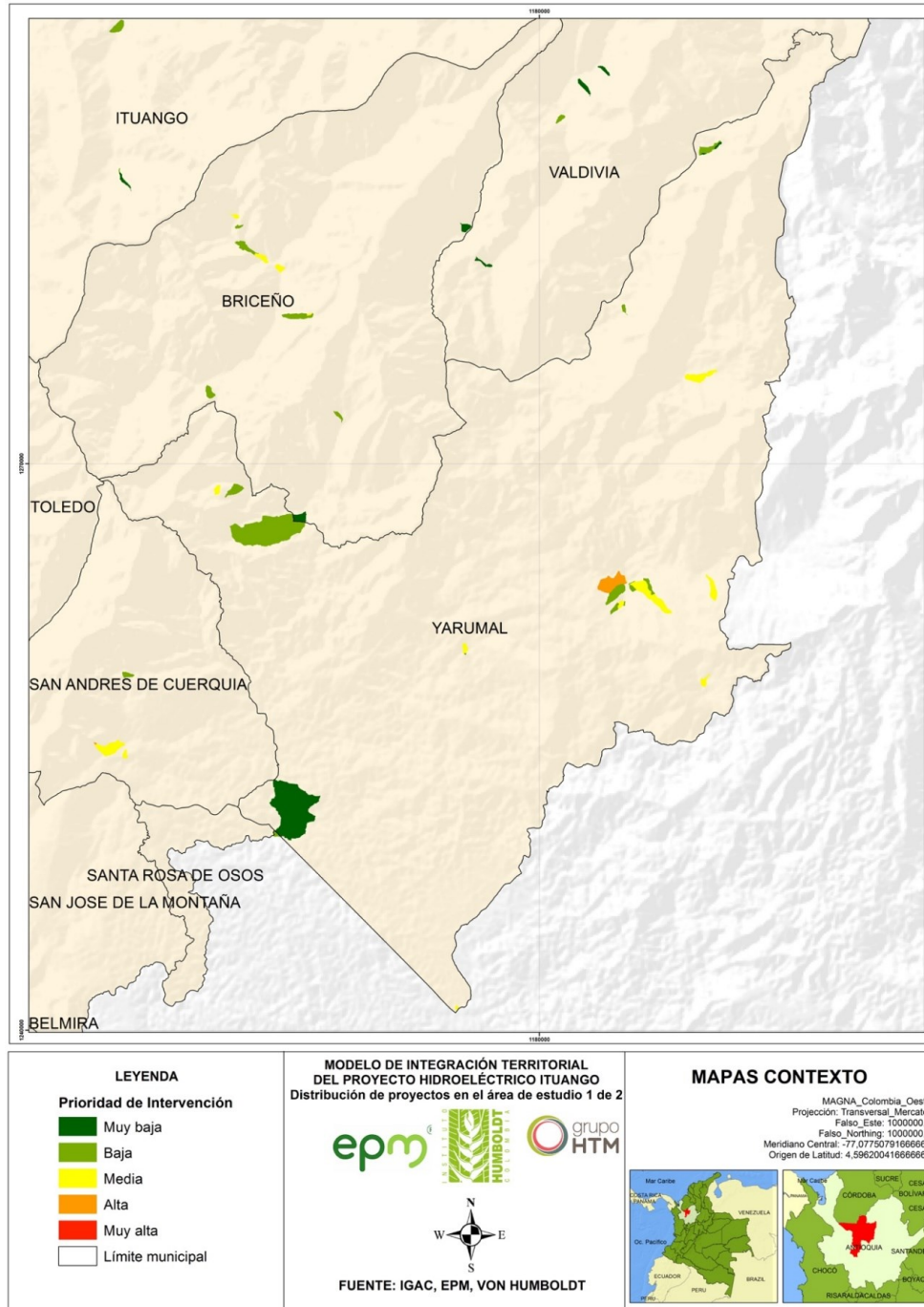


MAPA 74 CUENCAS ABASTECEDORAS DE BURITICÁ Y SU RESPECTIVA CATEGORÍA DE INTERVENCIÓN



<p>LEYENDA</p> <p>Prioridad de Intervención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy baja Baja Media Alta Muy alta Límite municipal 	<p>MODELO DE INTEGRACIÓN TERRITORIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO Distribución de proyectos en el área de estudio 1 de 2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <div style="text-align: center;">  <p>FUENTE: IGAC, EPM, VON HUMBOLDT</p> </div>	<p>MAPAS CONTEXTO</p> <p>MAGNA_Colombia_Oeste Proyección: Transversal_Marcador Falso_Este: 1000000.0 Falso_Northing: 1000000.0 Meridiano Central: -77.07750791666666 Origen de Latitud: 4.596200416666666</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
--	---	--

MAPA 75 CUENCAS ABASTECEDORAS DEL MUNICIPIO DE GIRALDO Y SU RESPECTIVA CATEGORÍA DE INTERVENCIÓN



MAPA 76 CUENCAS ABASTECEDORAS DE YARUMAL Y SU RESPECTIVA CATEGORÍA DE INTERVENCIÓN